

Л. Я. Ауэрман

ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Издание девятое, переработанное и дополненное

*Допущено Министерством образования РФ в качестве учебника
для студентов вузов, обучающихся по специальности
«Технология хлеба, мучных кондитерских и макаронных изделий»*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

Санкт-Петербург
2005

ББК 36.83

УДК 664.61.011 (075)

А 93

- А 93 Ауэрман Л. Я.** Технология хлебопекарного производства: Учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп. / Под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб: Профессия, 2005. — 416 с., ил.

Изложены научные основы и сущность процессов производства хлеба, обобщены достижения отечественной и зарубежной науки и передовой производственный опыт в области технологии хлеба, сохранившие свою научную ценность до настоящего времени.

При подготовке учебника к переизданию были учтены изменения, которые произошли в технологии хлебопекарного производства в нашей стране за последние 10–15 лет. В текст учебника внесены отдельные уточнения и изменения.

ISBN 5-93913-032-1

ББК 36.83

УДК 664.61.011 (075)

ISBN 5-93913-032-1

© Издательство «Профессия», 2005

Издательство «Профессия» выражает большую признательность д-ру техн. наук, проф. МГУПП Любови Ивановне Пучковой, чей энтузиазм и упорный труд позволил выпустить обновленное издание учебника Л. Я. Ауэрмана, а также преподавателям СПбГУТыИТ А. Н. Андрееву и И. Е. Костровой за ценные предложения по доработке книги.

Предисловие к девятому изданию

По предложению работников ряда пищевых вузов России, работников хлебопекарной промышленности издательством «Профессия» проведена работа по переизданию учебника Л. Я. Ауэрмана «Технология хлебопекарного производства», вышедшего в 1984 г. восьмым изданием.

Лев Янович Ауэрман являлся крупнейшим специалистом и основоположником отечественной хлебопекарной промышленности.

Л. Я. Ауэрман был одним из первых инженеров-технологов, пришедших в 1927 г. в тогда только начинавшую создаваться механизированную хлебопекарную промышленность. До 1934 г. он принимал непосредственное участие в создании механизированного хлебопечения в Москве, работая техноруком хлебозаводов № 1, № 4 и № 7. С 1934 по 1986 г. он работал в Московском технологическом институте пищевой промышленности (МТИПП, в настоящее время — Московский государственный университет пищевых производств). Вся научно-педагогическая деятельность Л. Я. Ауэрмана неразрывно связана с работой в МТИППе до 1976 г. в должности зав. кафедрой «Технология хлебопекарного производства», а с 1976 до конца жизни (1986 г.) — в должности профессора-консультанта.

На базе разработок и обобщения научных основ процессов, происходящих на отдельных стадиях приготовления хлеба, создан первый не только в нашей стране, но и во всем мире, вузовский учебный курс и учебник по технологии хлебопекарного производства. Учебник этот вышел в восьми изданиях в нашей стране и шести зарубежных переводных изданиях. Каждое очередное издание являлось не только учебником для студентов пищевых вузов, но и настольной книгой многих тысяч инженеров-производственников и научных работников хлебопекарной отрасли.

Учебник Л. Я. Ауэрмана до сих пор используется студентами, аспирантами и преподавателями пищевых вузов, а также инженерами хлебопекарной промышленности РФ и стран СНГ.

В нем изложены научные основы и сущность процессов производства хлеба, критически обобщены достижения отечественной и зарубежной науки и передовой производственный опыт в области технологии хлеба, сохранившие свою научную ценность до настоящего времени.

При подготовке учебника к переизданию были учтены изменения, которые произошли в технологии хлебопекарного производства в нашей стране за последние 10–15 лет. В текст учебника внесены отдельные уточнения и изменения.

В связи с тем, что часть изложенного в учебнике материала утратила свою значимость, она исключена из текста (например: задачи хлебопекарной промышленности СССР, Минпищепрома СССР и т. д., комплексная система управления качеством хлебопекарной продукции и др.). Нормативная документация (ГОСТы, ТУ, термины и определения) приведена в соответствие с действующими в настоящее время.

Основной текст учебника, высказывания автора по основным принципиальным вопросам оставлены без изменений. Для получения информации об изменениях, происшедших в хлебопекарной промышленности нашей страны и за рубежом, в учебнике приведен список научно-технической литературы, освещающей основные вопросы технологии хлебопекарного производства, вышедшей за последнее десятилетие и дополняющий основной список литературы, приводимый автором.

Научный редактор проф. МГУПП, д-р техн. наук
Л. И. Пучкова

Глава I

Краткий обзор развития хлебопекарной промышленности России

Употребление человеком в пищу зерен хлебных злаков и продуктов его переработки (каши из целых и измельченных зерен, а затем и пресных лепешек из них) началось по меньшей мере 15 тысячелетий тому назад.

Примерно 6000 лет тому назад человек научился выпекать лепешки и другие виды хлебных изделий из теста, разрыхленного брожением, которое вызывается попадающими в тесто (с измельченным зерном и из воздуха) бродильными микроорганизмами — дрожжами и многочисленными бактериями. После этого прошло не одно тысячелетие до того времени, когда приготовление хлеба, получив незыблемые основы, стало основательно изученным.

В недавнем прошлом в России промышленное производство хлеба осуществлялось в основном в мелких кустарных немеханизированных пекарнях, которых в начале XX века насчитывалось около 140 тысяч.

В хлебопечении многих городов России почти до начала XX века сохранились остатки ремесленного уклада и ремесленных цехов эпохи феодализма. Начиная со второй половины XIX века в русском хлебопечении стали зарождаться капиталистические производственные отношения, началась концентрация производства, возник ряд крупных производственно-торговых хлебопекарных фирм. Однако хлебопечение дореволюционной России в основной его массе оставалось раздробленным, мелким и технически отсталым. Крупные, частично механизированные предприятия, оборудованные в основном импортными машинами и печами, насчитывались буквально единицами.

В первые годы после Октябрьской революции (до 1920 г.) была проведена национализация хлебопекарных предприятий и производство хлеба было сосредоточено в более крупных и относительно лучших пекарнях.

В период восстановления народного хозяйства (1921–1925 гг.) национализированные пекарни были переданы в систему потребительской кооперации.

В марте 1925 г. Совет Труда и Оборона принял решение о механизации хлебопечения, строительстве хлебозаводов и создании машиностроительной базы для производства отечественного хлебопекарного оборудования.

С 1925 по 1935 г. хлебопечение в крупных городах и промышленных центрах было механизировано.

Если в 1925 г. лишь 3,6% хлеба вырабатывалось на хлебозаводах, а остальные 96,4% в кустарных пекарнях, то в 1935 г. на хлебозаводах вырабатывалось 58%, в механизированных пекарнях 16,8%, а в кустарных пекарнях всего 25,2% от общего количества промышленно производимого хлеба. В числе выстроенных хлебозаводов были десятки крупнейших предприятий, некоторые из которых снабжали хлебом более полу-миллиона населения каждый.

Достижением этих лет было и то, что хлебозаводы строились по проектам отечественных инженеров отечественными рабочими и впервые оборудовались машинами и печами, изготовленными на отечественных машиностроительных заводах.

Советский инженер-конструктор Г. П. Марсаков в эти же годы создал первые в мире хлебозаводы, работающие по принципу жесткого кольцевого конвейера.

В конце 1935 г. хлебопекарная промышленность городов и промышленных центров была передана из системы потребительской кооперации в ведение Народного комиссариата пищевой промышленности СССР.

В системе пищевой промышленности с 1935 по 1941 г. хлебопекарная промышленность продолжала расти благодаря строительству новых хлебозаводов и механизации лучших кустарных пекарен. К началу 1941 г. на хлебозаводах и в механизированных пекарнях вырабатывалось 77% от общего количества выпекаемого хлеба.

Хлебозаводы, строившиеся в 1935–1941 гг., оснащались все более совершенными видами отечественного хлебопекарного оборудования (конвейерными печами, тестоприготовительными и тесторазделочными машинами и т. п.).

В годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.) в районах, временно захваченных фашистскими оккупантами, хлебозаводы были разрушены почти полностью. Из строя была выведена значительная часть производственной базы хлебопекарной промышленности.

К восстановлению разрушенных хлебопекарных предприятий приступали сразу, по мере освобождения отдельных районов страны от оккупации. Одновременно велось строительство ряда новых хлебозаводов и механизированных пекарен в городах и промышленных цент-

рах в восточных и центральных районах страны. В результате этого уже к концу 1947 г. производственная мощность хлебопекарных предприятий была на 17% больше по сравнению с началом 1941 г.

В последующие годы строительство хлебозаводов и более мелких механизированных предприятий непрерывно продолжалось.

Основные направления развития хлебопекарной промышленности нашей страны в послевоенный период можно кратко охарактеризовать следующим образом.

Продолжалось увеличение промышленного производства хлеба и хлебных изделий путем строительства новых комплексно-механизированных хлебозаводов и реконструкции и технического перевооружения уже существующих предприятий.

На основе соответствующих исследований, проектных и конструкторских работ создавались новые, более эффективные, комплексно-механизированные, а для основных видов продукции и непрерывно-поточные интенсифицированные технологические процессы производства хлеба и хлебных изделий и необходимое для этого новое технологическое оборудование.

Разработка новых интенсифицированных технологических процессов производства хлеба потребовала проведения исследований не только технологических, но и химических, биохимических, физико-химических, а в отношении выпечки и сушки — и теплообменных. Необходимо было и создание новых, более эффективных специальных добавок и препаратов, форсирующих и оптимизирующих приготовление теста и в то же время повышающих качество хлеба и продлевающих период сохранения им свежести.

Разработка новых видов хлебопекарных изделий повышенной пищевой ценности, диетических и лечебно-профилактических потребовала изыскания и исследования новых видов хлебопекарного сырья и добавок, богатых теми веществами, которыми хлеб надо обогащать. Эти виды сырья и добавки должны были быть испытаны специалистами науки о питании. Необходима была и разработка технологии производства этой группы изделий, оптимальной с точки зрения их качества и пищевой ценности.

При разработке новых видов хлебопекарного оборудования ставилась задача повышения производительности труда и полного устранения или максимального сокращения операций, производимых вручную, особенно операций физически тяжелых. При этом большое внимание было уделено комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских (ПРТС) работ как с сырьем, так и с готовой продукцией хлебопекарных предприятий.

Глава II

Этапы процесса производства лебобулочных изделий

Процесс производства лебобулочных изделий складывается из следующих шести этапов: 1) прием и хранение сырья; 2) подготовка сырья к пуску в производство; 3) приготовление теста; 4) разделка теста; 5) выпечка и 6) хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть.

Каждый из этих этапов в свою очередь складывается из отдельных, последовательно выполняемых производственных операций и процессов.

В качестве примера очень сжато охарактеризуем эти операции и процессы на отдельных этапах производства батончиков из пшеничной муки I сорта, в рецептуру которых помимо муки входит вода, прессованные дрожжи и соль. Для упрощения примем, что тесто готовится порционно в отдельных дежах однофазным (безопарным)¹ способом. Варианты непрерывно-поточного приготовления теста приводятся в главах V и VI.

ПРИЕМ И ХРАНЕНИЕ СЫРЬЯ

Данный этап охватывает прием, перемещение в складские помещения и емкости и последующее хранение всех видов основного и дополнительного сырья, поступающего на хлебопекарное предприятие. К основному сырью относят муку, зерновые продукты, воду, дрожжи или химические разрыхлители и соль, а к дополнительному — сахар, жировые продукты, яйца и другие виды сырья, предусмотренные рецептурой вырабатываемых хлебопекарных изделий.

От каждой партии принимаемого сырья, в первую очередь муки и дрожжей, сотрудник лаборатории предприятия отбирает пробы для анализа, проверки соответствия нормативам качества и установления хлебопекарных свойств.

¹ Для приготовления пшеничного теста применяется и двухфазный способ, при котором в первую фазу — *опару* — вносится часть муки и воды, а также дрожжи, а во вторую фазу — *тесто* — выброженная опара, остаточная часть муки и воды, соль и, если это предусмотрено рецептурой изделия, сахар и жировые продукты. Поэтому однофазный способ приготовления пшеничного теста именуется безопарным способом.

ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ПУСКУ В ПРОИЗВОДСТВО

На основании данных анализа отдельных партий муки, имеющих-ся на хлебозаводе, сотрудники лаборатории устанавливают целесообразную с точки зрения хлебопекарных свойств смесь отдельных партий муки с указанием количественных их соотношений. Смешивание муки отдельных партий в заданных соотношениях осуществляется в соответствующих установках — мукосмесителях, из которых смесь направляется на контрольный просеиватель и магнитную очистку. Затем смесь поступает в расходный силос, из которого по мере необходимости будет подаваться на приготовление теста.

Вода хранится в емкостях — баках холодной и горячей воды, из которых затем направляется на дозаторы воды в соотношениях, обеспечивающих температуру воды, нужную для приготовления теста.

Соль — предварительно растворяется в воде, раствор фильтруется; раствор заданной концентрации направляется на приготовление теста.

Прессованные дрожжи — предварительно измельчаются и в мешалке превращаются в суспензию их в воде. В виде такой суспензии дрожжи используются при приготовлении теста.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА

При безопасном способе приготовления пшеничного теста состоит из следующих операций и процессов.

Дозирование сырья. Соответствующими дозирующими устройствами отмериваются и направляются в дежу, установленную на платформе тестомесильной машины, необходимые количества муки, воды заданной температуры, дрожжевой суспензии и растворов соли и сахара.

Замес теста. После заполнения дежи мукой, водой, раствором соли и разведенными в воде дрожжами включают тестомесильную машину и производят замес теста.

Брожение и обминка теста. В замешенном тесте происходит процесс спиртового брожения, вызываемый дрожжами. Диоксид углерода — углекислый газ, выделяющийся при брожении наряду с этиловым спиртом, разрыхляет тесто, в результате чего его объем увеличивается.

Для улучшения реологических свойств тесто во время брожения подвергают одной или нескольким обминкам. Для этого в течение 1–3 мин повторно перемешивают тесто. Эта операция и называется обминкой теста.

Во время обминки из теста механически удаляется основная часть углекислого газа, в результате чего объем теста уменьшается, прибли-

жаясь к первоначальному объему (сразу после замеса). Одновременно в результате обминки под влиянием механического воздействия рабочего органа тестомесильной машины улучшаются реологические свойства теста.

После обминки дежу вновь откатывают для дальнейшего брожения теста. Общая продолжительность брожения безопарного теста в зависимости от количества в нем дрожжей может колебаться в пределах 2–4 ч.

Дежу с готовым выбродившим тестом дежеонокридивателем поворачивают в положение, при котором тесто выгружается в бункер-тестоспуск, расположенный над тестоделительной машиной. Освободившуюся и зачищенную от остатков теста дежу откатывают к тестомесильной машине для замеса новой порции теста.

РАЗДЕЛКА ТЕСТА

Под общим названием «разделка теста» принято объединять операции деления теста на куски требуемой массы, придания этим кускам формы, обусловленной видом выпекаемого изделия, и расстойки сформованных кусков (тестовых заготовок).

Деление теста на куски осуществляется на тестоделительной машине. Куски теста с делительной машины поступают в тестоокруглитель. Округленные куски теста помещаются для промежуточной расстойки в гнезда люлек конвейерного агрегата первой расстойки. Во время промежуточной расстойки (3–7 мин) куски теста находятся в состоянии покоя. Из агрегата первой расстойки куски теста поступают для окончательного формования (в нашем примере — для придания кускам теста батонобразной формы) в закаточную машину. Из закаточной машины сформованные тестовые заготовки для окончательной расстойки передаются в соответствующий конвейерный люлечный агрегат или на вагонетках с соответствующими устройствами вкатываются в камеры для расстойки.

Целью окончательной расстойки является разрыхление тестовых заготовок в результате происходящего в них брожения. Поэтому в агрегатах или камерах для расстойки необходимо поддерживать оптимальную для этого температуру и влажность воздуха ($t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi = 80 \div 85\%$). Длительность окончательной расстойки зависит и от свойств теста и от параметров воздуха и для батонов может колебаться в пределах 30–55 мин.

Правильное определение оптимальной длительности окончательной расстойки существенно влияет на качество хлебулочных изделий.

Недостаточная длительность расстойки снижает объем изделий, разрыхленность их мякиша и может вызвать образование на корке разрывов.

Излишняя длительность расстойки также отрицательно сказывается на качестве изделий. Подовые изделия будут чрезмерно расплывшимися, а у формового хлеба верхняя корка будет плоской или даже вогнутой.

ВЫПЕЧКА

Выпечка тестовых заготовок пшеничных батонов массой 0,5 кг происходит в пекарной камере хлебопекарной печи при температуре 280–240 °С в течение 20–24 мин. При этом в результате теплофизических, коллоидно-химических и биохимических процессов (сущность их см. в главе VIII) тестовая заготовка переходит в состояние готового выпеченного изделия, в нашем случае — батона.

ХРАНЕНИЕ ВЫПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ И ОТПРАВКА ИХ В ТОРГОВУЮ СЕТЬ

Выпеченные батоны транспортируются в хлебохранилище, где укладываются в лотки и затем на вагонетки или в специальные контейнеры. На этих вагонетках или в контейнерах батоны хранятся до отправки в торговую сеть. Завершается пребывание хлебопекарных изделий на хлебозаводе погрузкой лотков или контейнеров с ними в соответствующий автотранспорт, доставляющий их в торговую сеть.

При хранении после выпечки (в хлебохранилище, а затем в торговой сети — до момента продажи) батоны остывают, утрачивают часть влаги, а при длительном хранении и свежесть (черствеют).

Сущность происходящих при этом процессов описывается в главе IX.

Такова последовательность основных этапов простейшего технологического процесса производства батонов из пшеничной муки.

АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА

Общая аппаратурно-технологическая схема поточного производства хлеба на современном комплексно-механизированном хлебозаводе приведена на рис. 1.

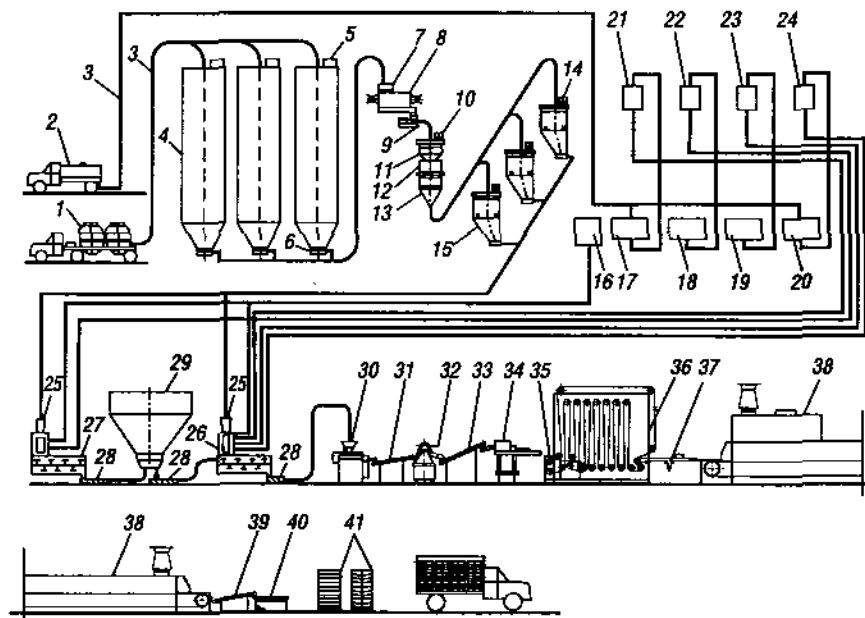


Рис. 1. Схема производства хлеба на современном хлебозаводе:

1 — автомуквоз; 2 — автомобиль для безстарной перевозки дополнительного сырья; 3 — материалопроводы; 4 — емкость для хранения муки; 6 — роторный питатель; 5, 10, 14 — фильтры; 7 — емкость перед просеивателем; 8 — просеиватель; 9 — шнековый питатель; 11 — бункер (промежуточная емкость); 12 — весы автоматические порционные; 13 — бункер под весами; 15 — производственный бункер для муки; 16 — водомерный бачок; 17 — сборник для раствора соли; 18 — сборник для дрожжевого молока; 19 — сборник для раствора сахара; 20 — сборник для жира; 21 — бачок постоянного уровня для раствора соли; 22 — бачок постоянного уровня для жидких дрожжей; 23 — бачок постоянного уровня для раствора сахара; 24 — бачок постоянного уровня для жира; 25 — фильтр-разгрузитель; 26 — дозатор муки и дополнительного сырья; 27 — тестомесильная машина непрерывного действия; 28 — шнековый питатель для подачи опары или теста; 29 — бункерный тестоприготовительный агрегат непрерывного действия; 29 — дозатор муки и дополнительного сырья; 30 — тестоделитель; 31, 33 — транспортеры; 32 — округлитель; 34 — закаточная машина; 35 — механизм для укладки тестовых заготовок в расстойный шкаф; 36 — расстойный шкаф вертикального типа; 37 — транспортер для пересадки тестовых заготовок на под печи; 38 — печь с тоннельной пекарной камерой; 39 — транспортер для подачи хлеба; 40 — циркуляционный ковейер; 41 — контейнер для хлеба

Эта схема [5, с. 7] дает общее представление о последовательности отдельных стадий и рабочих операций процесса производства хлеба и о видах оборудования, необходимых для этого. Она охватывает весь цикл этапов и операций — от приема сырья на хлебозавод до отправки готовой продукции в торговую сеть.

Рассмотрение же сущности технологических процессов и способов их проведения на отдельных стадиях производства хлеба является содержанием последующих глав.

Глава III

Хлебопекарные свойства основного сырья

К основному сырью в хлебопекарном производстве относят муку, воду, дрожжи или химические разрыхлители и соль.

МУКА ХЛЕБОПЕКАРНАЯ

На хлебопекарных предприятиях Российской Федерации применяют в основном пшеничную и ржаную муку. Для составления комбинированных смесей используют муку, полученную из крупиных культур, а также другие продукты переработки зерна. Это — мука ячменная сортовая, мука кукурузная сортовая (крупная и мелкая), мука пшеничная сортовая, мука рисовая I сорта, мука гороховая сортовая, мука пшеничная с высоким содержанием отрубянистых частей, мука пшеничная, обогащенная пищевыми волокнами (докторская), мука пшеничная «особая» высшего и первого сортов, мука соевая; ржано-пшеничная, отруби пшеничные и диетические, крупа пшеничная дробленая. Начали создаваться комбинированные мучные смеси для хлебобулочных изделий.

Пшеничную муку в соответствии с ГОСТом 26574-85 «Мука пшеничная хлебопекарная» вырабатывают из зерна пшеницы (мягких сортов) пяти сортов: крупчатка, высшего, первого, второго сортов и обойная. Кроме этого, вырабатывают муку пшеничную хлебопекарную в соответствии с техническими условиями: мука пшеничная подольская, мука пшеничная хлебопекарная «особая» высшего и первого сортов и др.

Виды хлебопекарных помолов мягкой пшеницы — трех-, двух-, односортные и др. и нормы выхода продукции, предусмотренные Правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах (1991 г.), приведены в табл. 1.

В последние годы распространение получили односортные помолы муки высшего сорта с выходом 72 и 75%, внедренные на предприятиях, оснащенных комплексным серийным или аналоговым оборудованием.

Таблица 1. Виды хлебопекарных помолов мягкой пшеницы и нормы выхода продукции, %

Продукты помола	Помолы с разветвленной технологической схемой						Помолы с сокращенной технологической схемой			Обойный помол				
	трехсортовые			двухсортовые			односортные							
	73	75	78	73	75	78	72*	75**	75		75	78	75	85
Мука, всего:														
в том числе:														
высшего сорта	30-55	25-50	15-40	35-45	30-40	55-65	72	75	75	—	—	—	—	—
первого сорта	15-40	20-45	20-50	28-38	35-45	—	—	—	—	55-65	40-50	—	—	—
второго сорта	До 5	5-10	13-18	—	—	13-23	—	—	—	10-20	28-38	85	—	—
Обойная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96
Побочные продукты:														
мука кормовая	5	3	—	5	3	—	6	3	3	3	—	—	—	—
отруби	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	12,1	12,1	1,0
кормовые зернопродукты	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,0
Отходы с механическими потерями (без мойки зерна)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Усушка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3
Итого:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* Для предприятий с воспроизведенным оборудованием.

** Для предприятий с импортным оборудованием, ведущих мукомольных фирм.

Таблица 2. Виды хлебопекарных помолов ржи, смеси ржи и пшеницы, %

Продукты помола	Виды помола					
	сортовые		обойные			
	двух- сорт- ные	одно- сорт- ные	ржаной		ржано- пше- ничный*	пшенич- но-ржа- ной**
Мука, всего	80	87	63	95	95	96
В том числе:						
сеяной	15	—	63	—	—	—
обдирной	65	87	—	—	—	—
обойной	—	—	—	95	95	96
Побочные продукты:						
отруби	16,6	9,6	33,6	2,0	2,0	1,0
Кормовые зернопродукты	2,4	2,4	2,4	2,0	2,0	2,0
Отходы с механическими поте- рями (без мойки зерна)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Усушка	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Итого:	100	100	100	100	100	100

*Ржано-пшеничным считают помол смеси зерна, состоящий из 60% ржи и 40% пшеницы.

**Пшенично-ржаным считают помол смеси зерна, состоящий из 70% ржи и 40% пшеницы.

В существующей нормативной документации качества муки предусматривается ограниченное количество показателей: влажность, зольность, крупность помола, количество и качество сырой клейковины, белизна, содержание металломагнитной примеси, отсутствие зараженности вредителями, органолептически оцениваемые: запах, вкус, минеральная примесь и цвет муки.

Мука ржаная хлебопекарная вырабатывается по ГОСТу 7045-90 трех сортов: сеяная, обдирная и обойная; из смеси ржи и пшеницы — ржано-пшеничная и пшенично-ржаная обойная; а также «особая» по ТУ РФ 11-115-92. В табл. 2 приведены виды хлебопекарных помолов ржи, смеси ржи и пшеницы.

В нормативной документации качества ржаной муки (ГОСТ 7045-90) предусматриваются показатели: влажность, зольность, белизна, число падения, крупность, содержание металломагнитной примеси, зараженность вредителями.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МУКИ

Химический состав муки может в значительной мере изменяться в зависимости от химического состава зерна, от сорта и выхода муки.

В свою очередь химический состав зерна в известной степени зависит от особенностей вида и сорта пшеницы или ржи. Почвенно-климатические, погодные и агротехнические условия выращивания пшеницы и ржи также оказывают влияние на химический состав зерна, часто значительно большее, чем сортовые особенности.

Химический состав разных сортов муки из одной и той же партии зерна существенно и закономерно различается.

В табл. 3 приведены величины содержания в отдельных сортах хлебопекарной пшеничной муки: воды, белков, жиров, углеводов, клетчатки и золы, минеральных веществ, витаминов и наиболее дефицитных в хлебе незаменимых аминокислот (лизина и метионина).

Данные, приведенные в табл. 3, позволяют отметить, что содержание пищевых веществ, обуславливающих пищевую ценность муки (белки, дефицитные аминокислоты, минеральные вещества и витамины, содержащиеся в зерне и муке), закономерно связано с выходом отдельных сортов муки: чем выше выход муки, тем больше в ней этих веществ. Наиболее низко содержание этих веществ в пшеничной муке высшего сорта и в ржаной сеяной муке. Наиболее высоко их содержание в обойной муке.

СТАНДАРТ НА МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ МУКИ

В ГОСТе на пшеничную муку предусмотрено определение таких показателей качества, как цвет, запах, вкус, содержание минеральной и металломагнитной примесей, влажность, зольность или показатель белизны, крупность помола, количество и качество сырой клейковины на приборе ИДК с указанием группы качества.

В ГОСТе на ржаную муку предусмотрено определение таких показателей, как цвет, запах, вкус, минеральная примесь, влажность, зольность, белизна, число падения, крупность, металломагнитная примесь, зараженность и загрязненность вредителями.

Методика перечисленных выше определений описана в ГОСТах, а также в руководствах и пособиях по теххимическому контролю хлебопекарного производства.

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Хороший пшеничный хлеб должен иметь достаточный объем, правильную форму, нормально окрашенную (зарумяненную) корку без

Таблица 3. Химический состав муки (справочник «Химический состав пищевых продуктов», 2000 г.)

Мука хлебопекарная	Пищевые вещества											Аминокислоты, мг%											
	Вода, %	Белки, %	Жиры, %	Моно- и дисахариды, %	Крахмал, %	Пищевые волокна, %	Золь, %	Минеральные вещества, мг%						Витамины, мг%									
								Na	K	Ca	Mg	P	Fe	E	B ₁	B ₂	PP	B ₆	лизи	мети			
Пшеничная, сорт:	14,0	10,3	1,1	0,2	70,4	3,5	0,5	3	122	18	16	86	1,2	1,1	0,17	0,04	1,2	0,17	0,17	0,22	0,22	250	153
	14,0	10,6	1,3	0,5	67,1	5,8	0,7	4	176	24	44	115	2,1	3,05	0,25	0,08	2,2	0,22	0,22	0,22	265	160	
Ржаная:	14,0	11,7	1,8	0,9	62,8	7,7	1,1	6	251	32	73	184	3,9	5,37	0,37	0,12	4,6	0,5	0,5	0,5	330	170	
	14,0	11,5	2,2	1,0	58,3	11,3	1,5	7	310	39	94	336	4,7	5,5	0,41	0,15	5,5	0,55	0,55	0,55	390	180	
сеяная	14,0	6,9	1,4	0,7	65,6	10,8	0,6	1	200	19	25	129	2,9	1,1	0,17	0,04	1,0	—	—	—	660	230	
обдирная	14,0	8,9	1,7	0,9	60,9	12,4	1,2	2	350	34	60	189	3,5	1,9	0,35	0,13	1,0	—	—	—	530	300	
обойная	14,0	10,7	1,9	1,1	57,4	13,3	1,6	3	396	43	75	256	4,1	2,2	0,42	0,15	0,2	—	—	—	690	360	

разрывов и трещин, эластичный мякиш с мелкой, тонкостенной и равномерной пористостью. Хлеб должен быть вкусным и ароматным. Чем светлее мякиш определенного вида пшеничного хлеба, тем выше ценится он потребителем.

Пшеничная мука хорошего хлебопекарного качества позволяет при правильном ведении технологического процесса получать хлеб, отвечающий перечисленным выше требованиям.

Хлебопекарное качество пшеничной муки в основном определяется следующими свойствами:

- 1) газообразующей способностью;
- 2) способностью образовывать тесто, обладающее определенными реологическими свойствами — силой муки;
- 3) цветом муки и способностью ее к потемнению в процессе приготовления из нее хлеба.

Существенное значение имеет и показатель крупности частиц муки.

Газообразующая способность муки

При спиртовом брожении, вызываемом в тесте дрожжами, образуются содержащиеся в нем сахара. При этом молекула простейшего сахара гексозы (глюкозы или фруктозы) с помощью ферментов дрожжевой клетки разлагается с образованием двух молекул этилового спирта и двух молекул CO_2 — диоксида углерода. Таким образом, по количеству CO_2 , выделяющегося при брожении теста, можно судить об интенсивности спиртового брожения. Поэтому газообразующая способность муки характеризуется количеством CO_2 , выделившегося за установленный период времени при брожении теста, замешенного из определенных количеств данной муки, воды и дрожжей.

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ГАЗООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ МУКИ

Газообразующая способность муки обуславливается содержанием в ней собственных сахаров и ее сахарообразующей способностью.

Сахарообразующая способность муки связана с действием содержащихся в ней амилолитических ферментов на крахмал, в результате гидролиза которого в тесте образуются сахара (мальтоза и др.). Сахарообразующая способность муки зависит поэтому от содержания в муке амилолитических ферментов и податливости крахмала их действию.

Таким образом, газообразующая способность муки обуславливается в основном ее углеводно-амилазным комплексом.

Собственные сахара муки. Установлено, что распределение сахаров в зерне неравномерно. Содержание сахаров в центральной части (эндосперме) зерна значительно ниже, чем в зародыше, оболочках

и алейроновом слое с прилегающими к нему внешними слоями эндосперма. В связи с этим чем меньше выход данного сорта муки, тем ниже в ней содержание частичек периферических слоев зерна, тем относительно ниже содержание в муке сахаров.

Проведенные исследования позволяют полагать, что содержание отдельных сахаров в нормальном зерне пшеницы и в муке из нее лежит в следующих пределах (в % на сухое вещество): глюкоза 0,01–0,05, фруктоза 0,015–0,05, мальтоза 0,005–0,05, сахароза 0,1–0,55.

Помимо этих сахаров в зерне пшеницы и пшеничной муке установлено содержание раффинозы, мелибиозы и глюкофруктозана (левозина). Общее содержание этих сахаридов колеблется примерно от 0,5 до 1,1% на сухое вещество.

В отношении мелибиозы некоторые исследователи, производившие проверку идентичности отдельных сахаров кристаллизацией, полагают, что то, что хроматографически выделяется как мелибиоза, является глюкофруктозаном.

Исследования содержания отдельных сахаров в зародыше и щитке зародыша зерна подтверждают высокое общее содержание в них сахаров (12–28%), а также то, что более половины из них падает на сахарозу и около 40% на раффинозу.

Таким образом, общее содержание в пшеничной муке сбраживаемых дрожжами сахаров в зависимости от состава зерна и выхода муки может колебаться в пределах 0,7 — 1,8% на сухое вещество.

Количество сахаров в зерне и муке, главным образом количество мальтозы, может существенно возрастать при прорастании зерна.

Сахарообразующая способность муки. Под сахарообразующей способностью муки понимают способность приготовленной из нее водно-мучной смеси образовывать при установленной температуре и за определенный период времени то или иное количество мальтозы.

Сахарообразующая способность муки обуславливается действием амилолитических ферментов муки (в указанных выше условиях) на ее крахмал и зависит как от количества амилолитических ферментов (α - и β -амилазы), так и от размеров, характера и состояния частиц муки и крахмальных зерен в этих частицах.

Показателем сахарообразующей способности муки, определяемой по методу Рамзей-ВНИИЗ, считают количество миллиграммов мальтозы в водно-мучной суспензии из 10 г муки и 50 мл воды после одного часа ее настаивания при 27 °С.

Естественно, что при этом определяются как мальтоза, образовавшаяся в процессе часового автолиза водно-мучной суспензии в результате действия амилолитических ферментов муки на ее крахмал, так и содержащиеся в муке собственные непосредственно редуцирующие сахара (мальтоза, глюкоза и фруктоза).

Для точной характеристики истинной сахарообразующей способности муки следовало бы в отдельной навеске 10 г муки определить содержание собственных, непосредственно редуцирующих сахаров и их количество, выраженное в миллиграммах мальтозы, вычсть по указанному выше способу из определенной величины показателя сахарообразующей способности муки.

В нормальном непроросшем зерне пшеницы практически содержится только β -амилаза. В проросшем же зерне пшеницы наряду с β -амилазой содержится и активная α -амилаза.

Общепризнано, что β -амилаза при действии на крахмал образует главным образом мальтозу и наряду с ней значительно меньшее количество высокомолекулярных декстринов, в то время как α -амилаза образует в качестве основного продукта гидролиза крахмала декстрины меньшей молекулярной массы и незначительное количество мальтозы.

Хроматографическое исследование сахаров, образующихся при амилолизе крахмала, несколько уточняет этот вопрос.

Подтверждено, что β -амилаза действительно образует из сахаров только мальтозу. В то же время показано, что α -амилаза, помимо декстринов и мальтозы, образует известные количества глюкозы и некоторых других низкомолекулярных сахаридов (амилотриозы, амилотетраозы и амилопентаозы).

В проросшем зерне и получасом из него солоде одновременно присутствуют и β -, и α -амилазы. При совместном действии этих амилаз на крахмал в числе сахаров, получаемых в качестве продуктов амилолиза, наряду с мальтозой получают небольшие количества глюкозы и амилотриозы (сахарида из трех остатков глюкозы, соединенных α -1,4-глюкозидными связями).

Следует отметить, что совместное действие обеих амилаз обеспечивает наибольшее осахаривание крахмала.

α - и β -амилазы различаются по своему отношению к температуре и реакции среды. α -Амилаза по сравнению с β -амилазой имеет оптимум действия и инактивируется при более высокой температуре. В то же время β -амилаза более стойка к повышению кислотности среды.

Реакция среды существенно влияет на термостойкость амилаз. Чем выше кислотность среды, тем ниже температура инактивации амилаз. При этом особенно резко снижается температура инактивации α -амилазы.

Оптимальная для действия амилаз реакция среды в свою очередь неодинакова при различной температуре действия амилаз в данной среде.

Исследователями установлено, что температура оптимума действия и инактивации амилаз в объектах хлебопекарного производства зависит также от характера и концентрации субстрата, на который действуют амилазы. Чем выше влажность реакционной среды и чем ниже в этой среде концентрация субстрата, на который действуют амилазы, тем ниже температура оптимума действия и инактивация амилаз.

На температуру инактивации амилаз влияют условия, скорость и длительность прогрева продукта, в котором происходит амилолиз.

Из сказанного следует, что, приводя температуры оптимума действия и инактивации β - и α -амилаз, необходимо указывать, к какому объекту и к каким условиям относятся данные.

Установлено, что в тесте из пшеничной муки I сорта, приготовленном на прессованных дрожжах (рН 5,9), оптимальной температурой для действия β -амилазы является 62–64 °С, для α -амилазы 70–74 °С. Полная инактивация β -амилазы при этом происходила при 82–84 °С. α -Амилаза в этих условиях способна сохранять известную активность при температуре, достигающей 97–98 °С.

Даже в хлебе, выпеченном из этого теста, α -амилаза в центре мякиша сохраняла известную активность.

Дополнительно установлено, что температура инактивации β -амилазы при выпечке пшеничного хлеба весьма существенно зависит от скорости длительности прогрева отдельных участков мякиша хлеба. Более подробно эти данные будут рассмотрены при изложении биохимических процессов, происходящих при выпечке.

Было также показано, что в заварках из пшеничной муки температура оптимума действия и инактивации β -амилазы снижалась при увеличении количества воды в заварке.

Существенно влияние фактора кислотности среды на температуру инактивации β - и α -амилазы.

β -Амилаза в процессе выпечки ржаного хлеба инактивировалась полностью: при кислотности теста 10–11,4 град (рН от 4,3 до 4,6) и температуре 60 °С, а при кислотности теста 4,6–6,3 град (рН от 4,7 до 4,9) — при температуре 73–78 °С.

α -Амилаза была полностью инактивирована при кислотности теста 10,6–11,6 град (рН 4,3) и температуре 71 °С. Когда кислотность теста была равна 4,4 град (рН 4,9), α -амилаза в центре мякиша хлеба сохраняла активность до конца выпечки хлеба, т. е. до температуры, превышающей 96 °С.

Как уже указывалось, в нормальном непроросшем зерне пшеницы содержится в свободном и активном состоянии только β -амилаза, которой в муке из зерна пшеницы более чем достаточно. Поэтому сахарообразующая способность пшеничной муки из нормального непроросшего зерна обычно обуславливается не количеством в ней β -амилазы, а доступностью и податливостью субстрата, на который она действует, т. е. крахмала муки.

Податливость субстрата действию фермента академик А. И. Опарин весьма удачно и образно назвал его «атакуемостью».

Атакуемость крахмала муки зависит в основном от размеров частиц муки, размеров крахмальных зерен и степени их механического повреждения при размоле зерна, т. е. от удельной свободной поверхности зерен и частиц зерен крахмала, на которую может действовать β -амилаза. Чем мельче частицы муки и зерна крахмала, чем больше эти зерна разрушены или повреждены, тем больше атакуемость этого субстрата β -амилазой.

Еще в 1938 г. было установлено (Институт биохимии АН СССР, И. В. Глазунов и др.), что при действии β -амилазы в сравнимых условиях на разные крахмальные

субстраты и различные по крупности частицы пшеничного крахмала образуется различное количество мальтозы. Результаты этих исследований показаны ниже.

Субстрат	Количество мальтозы, мг	Фракция крахмала	Количество мальтозы, мг
Пшеничный крахмал	0,43	Крупный	8,4
Декстрин	144,0	Средний	18,0
Клейстер пшеничного крахмала	158,0	Мелкий	44,0
		Растиертый в ступке	127,0

Как видно из приведенных выше данных, β -амилаза при действии на декстрин образует мальтозы в 335 раз больше, чем при действии на пшеничный крахмал. Еще больше мальтозы образуется при действии β -амилазы на крахмальный клейстер.

Значение крупности частиц крахмала и их дополнительного разрушения и измельчения хорошо видно из данных, приведенных в таблице справа.

Физико-химические свойства зерен крахмала пшеницы и пшеничной муки исследованы и по другим показателям их свойств. Установлено, что соотношение амилозы и амилопектина в пшеничном крахмале (25 и 75 %) колеблется в сравнительно узких пределах и практически не сказывается на хлебопекарных свойствах пшеничной муки.

Степень механического повреждения зерен крахмала при помолах пшеницы может существенно различаться и влиять на хлебопекарные свойства муки. С этой точки зрения оптимальна пшеничная мука с относительно невысокой степенью повреждения зерен крахмала. Высокая степень их повреждения уже отрицательно сказывается на технологических свойствах муки.

Размеры зерен крахмала в пшеничной муке различны. Доля мелких зерен крахмала (размером менее 7,5 мкм) по их числу равна 81,2%, а по массе — 4,1%; средних (размером 7,5–15 мкм) зерен крахмала по их числу — 6,0%, а по массе — 2,9%; крупных же (размером 15–30 мкм) зерен крахмала соответственно — 12,8 и 93%.

Мелкие зерна крахмала отличаются по ряду их свойств. У них заметно выше такие показатели, как кристалличность и плотность, температура начала и завершения процесса клейстеризации; водосвязывающая способность и атакуемость амилаолитическими ферментами. Несколько выше в мелких зернах крахмала доля амилопектина.

В то же время растворимость и набухаемость мелких крахмальных зерен ниже, чем крупных.

На рис. 2 представлен график, иллюстрирующий эффект добавления α - и β -амилазы к пшеничной муке, сахарообразующая способность которой равна 245 мг мальтозы на 10 г муки.

Как видно из графика, добавление β -амилазы весьма незначительно увеличивает сахарообразующую способность муки, что свидетельствует об избыточном количестве ее в самой муке. Добавление α -амилазы в этих же количествах в несколько раз увеличивало сахарообразующую способность муки, возраставшую пропорционально количеству препарата фермента. Это объясняется тем, что α -амилаза разлагает крахмал в основном на низкомолекулярные декстрины, очень легко переводимые избыточным количеством β -амилазы муки в мальтозу. Именно поэтому мука из проросшего зерна характеризуется не только повышенным содержанием активной α -амилазы, но и резко повышенной сахарообразующей способностью.

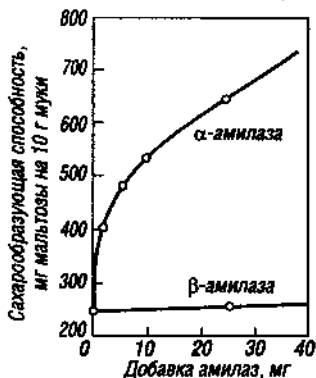


Рис. 2. Влияние добавок α - и β -амилазы на сахарообразующую способность пшеничной муки (количество добавляемых амилаз указано в мг препарата на 5 г сухого вещества муки)

Установлено, что активность амилаз зависит от многих факторов, в том числе от содержания в их молекуле отдельных веществ и групп соединений (см. И. М. Грачева, А. Ю. Кривова «Технология ферментных препаратов», М., 2001 г.).

Активность α -амилазы обуславливается в известной мере и ее первичными аминными группами.

Сахарообразующая способность муки косвенно зависит в известной мере и от белково-протеиназного комплекса муки.

Усиление протеолиза в тесте (добавлением протиназ или их активаторов) вызывает и некоторое увеличение сахарообразования. Это может быть объяснено как бы высвобождением из белка (в результате протеолиза) части связанных им амилаз и крахмального субстрата, на который они действуют.

Суммируя изложенное, следует сказать, что сахарообразующая способность муки из нормального непросоженного зерна пшеницы ввиду избыточного содержания β -амилазы в основном обуславливается атакуемостью ее крахмала. Чем мельче частицы муки и зерна крахмала и чем в большей мере они повреждены при размоле зерна, тем выше сахарообразующая способность муки.

В муке же из проросшего зерна пшеницы дополнительное и почти решающее значение имеет содержание активной α -амилазы.

Собственные сахара и сахарообразующая способность муки как факторы, обуславливающие газообразование при брожении теста. Многочисленными исследованиями показано, что в газообразовании, происходящем при брожении теста, участвуют как собственные сахара

муки, так и сахара, образующиеся в тесте в результате амилолиза крахмала.

Однако собственные сахара муки играют существенную роль только в самом начале брожения теста. Успех же технологического процесса приготовления хлеба обуславливается газообразованием в конце брожения теста, во время расстойки и в начальной фазе выпечки.

Таким образом, газообразующая способность муки, хотя и зависит в известной мере от содержания в ней собственных сахаров, в основном все же определяется сахарообразующей способностью муки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МУКИ

Показателем газообразующей способности муки принято считать количество миллилитров CO_2 , выделившегося за 5 ч брожения теста из 100 г исследуемой муки, 60 мл воды и 10 г прессованных дрожжей.

При таком избыточном количестве дрожжей устраняется влияние возможных колебаний в их бродильной активности. В результате этого газообразование в тесте из исследуемой муки практически зависит только от содержания в тесте сбраживаемых дрожжами сахаров. Целесообразно при проведении определения фиксировать и количество газа, выделившегося после каждого часа брожения, что дает возможность судить и о кинетике газообразования.

Следует иметь в виду, что для целей текущего производственного контроля нет необходимости определять газообразование в тесте из 100 г муки. Целесообразно применение уменьшенной аппаратуры, рассчитанной на порцию теста из 10–25 г муки. Экономится не только мука, но и место, занимаемое в лаборатории аппаратурой. Однако в этом случае результаты определения необходимо пересчитывать в величины, которые получались бы при проведении определения газообразующей способности муки в тесте из 100 г муки.

В разных странах для определения газообразующей способности муки применяются различные приборы, которые могут быть отнесены к двум группам: приборы, измеряющие количество выделившегося углекислого газа (диоксида углерода) *волюмометрически*, по его объему, и приборы, в которых количество выделившегося газа определяется *манометрически*, по создаваемому газом давлению.

В практике лабораторий нашей хлебопекарной промышленности обычно применяют приборы, определяющие объем газа, выделяющегося при брожении. Эти приборы и методики определения газообразующей способности муки описаны в лабораторном практикуме и руководствах по теххимическому контролю хлебопекарного производства [27, 34, 36].

Газообразующая способность муки имеет большое технологическое значение при выработке хлеба или хлебных изделий, рецептура которых не предусматривает внесения сахара в тесто.

Зная газообразующую способность перерабатываемой муки, можно предвидеть интенсивность брожения теста из этой муки на производстве, ход расстойки и с учетом количества и качества клейковины в муке — разрыхленность и объем хлеба.

Газообразующая способность муки влияет и на окраску корки пшеничного хлеба.

В тесте из муки с низкой газообразующей способностью сахара будут сброжены в первые часы его брожения. Недостаточная газообразующая способность муки не обеспечит в конце брожения теста такого содержания в нем сахаров, которое было бы достаточно для нормального брожения теста при расстойке и в первый период нахождения выпекаемой тестовой заготовки в печи. Хлеб из такого теста будет пониженного объема и плохо разрыхлен.

Цвет корки пшеничного хлеба также в значительной мере обусловлен количеством оставшихся в тесте несброженных сахаров. При прогреве поверхностного слоя выпекаемой тестовой заготовки, образующего корку, несброженные сахара вступают во взаимодействие с продуктами распада белка и образуют буроватоокрашенные вещества — меланоидины, которые придают корке хлеба специфическую золотисто-буроватую окраску, ценимую потребителем.

Более подробно этот вопрос будет разобран при рассмотрении процессов, происходящих при выпечке хлеба.

Производственным опытом и экспериментами было установлено, что для получения хлеба с нормально окрашенной коркой необходимо, чтобы количество остаточных, не сброженных к моменту выпечки сахаров в тесте было не менее 2–3% на сухое вещество. При более низком содержании остаточных сахаров в тесте хлеб из него получается с бледноокрашенной коркой, даже в случае более длительной выпечки или выпечки при более высокой температуре.

Поэтому практики-пекари еще издавна называют муку с низкой газообразующей способностью «крепкой на жар». Партии такой муки нередко встречаются при выпечке хлеба из пшеничной муки высшего и I сорта. Пшеничная мука II сорта и обойная, как правило, имеет достаточную газообразующую способность.

Чем выше выход муки, тем выше в ней содержание собственных сахаров и ферментативная активность, а вследствие этого и средний уровень ее газообразующей способности.

Резко повышенная как газообразующая, так и сахарообразующая способность муки может быть обусловлена пророслостью зерна, из ко-

торого смолота мука. Это должны учитывать производственные лаборатории, производящие анализ муки.

Сила пшеничной муки

Работами, проведенными в МГУПП, показано, что сила муки является основным фактором, обуславливающим структуру таких пищевых масс, как тесто и мякиш хлеба. Для этих масс важное значение имеют их реологические свойства, которые исследуют для характеристики силы пшеничной муки.

От способности муки образовывать тесто с теми или иными реологическими свойствами зависит оптимальное соотношение в тесте муки и воды. К тому же реологические свойства теста влияют на работу тесто-разделочных машин, на способность сформованных кусков теста удерживать CO_2 и на форму изделия в процессе расстойки и первого периода выпечки. Объем, структура пористости мякиша и форма готового хлеба также в значительной мере зависят от реологических свойств теста.

ПОНЯТИЕ «СИЛА МУКИ»

Способность муки образовывать тесто, обладающее после замеса и в ходе брожения и расстойки определенными реологическими свойствами, в производственной и исследовательской практике принято обозначать условным термином «сила муки»¹.

Сильной принято считать муку, способную поглощать при замесе теста нормальной консистенции относительно большое количество воды. Тесто из сильной муки очень устойчиво сохраняет свои реологические свойства (нормальную консистенцию, эластичность и сухость на ощупь) в процессе замеса и брожения. Поэтому куски теста из сильной муки хорошо обрабатываются на округлительных машинах, рабочие органы которых не замазываются.

Сформованные куски теста, обладая хорошей способностью удерживать углекислый газ, при расстойке и выпечке хорошо сохраняют свою форму и мало расплываются. Поэтому подовый хлеб из сильной муки при достаточной ее газообразующей способности хорошо разрыхлен, имеет большой объем и мало расплывается².

Слабой считают муку, которая при замесе теста нормальной консистенции поглощает относительно мало воды. Реологические свойства

¹ Этим термином, приводимым далее без кавычек, мы в данном его понимании будем пользоваться в дальнейшем изложении.

² Тесто из очень сильной муки ввиду малой его способности растягиваться может обладать пониженной газодерживающей способностью и поэтому давать хлеб, хотя и мало-расплывчатый, но пониженного объема (обжимистый).

теста из такой муки в процессе замеса и брожения быстро ухудшаются, тесто к концу брожения сильнее разжижается, становится малоэластичным, липким и мажущимся.

Куски такого теста часто замазывают рабочие органы округлительных и закаточных машин, затрудняя их работу. При расстойке и выпечке подовых изделий куски теста быстро и сильно расплываются. Газоудерживающая способность их при этом понижена. Поэтому хлеб из слабой муки получается пониженного объема и при выпечке на поду очень расплывчатым.

Средняя по силе мука по описанным свойствам занимает промежуточное положение между мукой сильной и слабой.

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ СИЛУ МУКИ

Из приведенного выше понятия силы муки следует, что она связана с факторами, обуславливающими реологические свойства теста.

В основном сила муки определяется ее белково-протеиновым комплексом. На силу муки существенное влияние может оказывать и ряд других факторов. Установлено, что сила муки также зависит от содержания в ней, состояния и свойств крахмала, амилаз, высокомолекулярных пентозанов (слизей), липидов и ферментов, на них действующих, липопротеидов и гликопротеидов. На силу муки могут влиять и другие содержащиеся в муке вещества, ферменты и ферментные системы.

БЕЛКОВО-ПРОТЕИНОВЫЙ КОМПЛЕКС МУКИ

Понятие «белково-протеиновый комплекс зерна, муки или теста» охватывает белковые вещества, протеолитические ферменты и активаторы или ингибиторы протеолиза. Эти компоненты белково-протеинового комплекса в их взаимодействии в основном обуславливают состояние и изменения белковых веществ и в связи с этим реологические свойства теста.

Белковые вещества муки. Содержание в зерне, а отсюда и в муке, белковых веществ, их состав, состояние и свойства имеют первостепенное значение и в значительной мере определяют не только пищевую ценность хлеба, но и технологические хлебопекарные свойства пшеничной муки.

Отличительные особенности реологических свойств пшеничного теста, сочетающего упругость (эластичность) с пластичностью и вязкостью, обусловлены именно белками муки. Ни крахмал, которого в муке около 70%, ни какая-либо другая, кроме белков, составная часть муки не способны при смешивании с водой образовывать массу, даже близкую по реологическим свойствам к пшеничному тесту.

Количество белковых веществ в зерне пшеницы может колебаться в широких пределах — от 7 до 26%.

Содержание в зерне белка связано с особенностями сорта пшеницы. Однако зерно одного и того же сорта пшеницы может иметь резко различное содержание белка в зависимости от почвенно-климатических, погодных и агротехнических условий выращивания.

В состав белковых веществ зерна пшеницы и пшеничной муки входят в основном белки — *протеины*. В небольших количествах в них содержатся и соединения белков с веществами небелковой природы — *протеиды* (липопротеиды, гликопротеиды и нуклеопротеиды).

Современной рациональной классификации белковых веществ — протеинов — еще не разработано, поэтому применительно к белкам зерна и муки до сих пор используется классификация, предложенная Осборном.

В основе этой классификации лежит подразделение белковых веществ по их способности растворяться в разных растворителях. По этому признаку белковые вещества подразделяют на приводимые ниже группы.

Альбумины — растворимые в воде. В качестве примеров приводим некоторые из них: *лейкозин* — белок зародыша пшеницы, *легумельин* — семяна гороха и *овальбумин* — белок яйца.

Глобулины — растворимые в растворах солей, например в 10%-ном растворе хлорида натрия. К числу глобулинов относят: *легумин* — белок гороха, *лактоглобулин* — белок молока и др.

Проламины — растворимые в 60–80%-ном (обычно 70%-ном) водном растворе этилового спирта. К проламинам относят: *глиадин* — белок зерна пшеницы и ржи, *гордеин* — ячменя, *зеин* — кукурузы, *овенин* — овса и др.

Глютелины — растворимые в 0,1–0,2%-ном растворе щелочей. Глутелинами являются: *глутенин* — белок зерна пшеницы и ржи, *оризенин* — риса и др.

Еще несколько десятков лет тому назад альбумин, глобулин, глиадин и глутенин зерна рассматривались как индивидуальные белки. Последующие исследования установили, что все эти четыре вещества многокомпонентны и каждое из них соответствующими методами может быть разделено на многие (до 20 и даже более) компоненты (субъединицы), отличные по молекулярной массе, структуре и другим свойствам.

Поэтому правильнее рассматривать альбумин, глобулин, глиадин и глутенин зерна пшеницы и ржи как *многокомпонентные фракции белка зерна*, искусственно выделяемые из него с помощью указанных выше соответствующих растворителей.

Соотношение альбумина, глобулина, глиадина и глутенина в белке зерна пшеницы и муки из него может существенно колебаться.

Глиадин и глютеин в воде нерастворимы и поэтому при отмывании из муки клейковины являются основными ее компонентами. В связи с этим их иногда называют «клейковинными белками». Глиадин и глютеин сосредоточены в белке эндосперма зерна. Альбумин же и глобулин в основном находятся в белке зародыша и алейронового слоя зерна. Исходя из этого в пшеничной муке высоких выходов (обойной и II сорта) доля альбуминовой и глобулиновой фракции значительно выше, чем в муке I и высшего сортов.

Достоверно то, что примерно от $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ белка зерна пшеницы и муки из нее представлено его глиадиновой и глютелиновой фракциями. При этом содержание глиадиновой фракции несколько выше, чем глютелиновой. Остальная часть белка зерна пшеницы представлена в основном его альбуминовой и глобулиновой фракциями.

По данным, приводимым Е. Д. Казаковым и В. Л. Кретовичем [10, с. 38], в белке зерна пшеницы альбуминовой фракции содержится 20–22%, глобулиновой 5–6%.

Молекулярная масса альбуминовой, глобулиновой, проламиновой (глиадин) и глютелиновой (глютеин) фракций, а также содержащихся в них компонентов различна в весьма широком диапазоне — от 10 тысяч до нескольких миллионов. Полагают, что у глютеина средняя молекулярная масса находится в пределах от 1,5 до 2 млн.

Частицы белкового вещества с молекулярной массой ниже 5–6 тысяч именуют уже не белками, а *пептидами*.

Молекулярная масса рассматриваемых фракций белка зерна, а также диапазон их «разброса» и степень сложности структуры наименьшие у альбуминовой и глобулиновой фракций, существенно большие у глиадина и наибольшие у глютеина.

Канадские исследователи¹ белка зерна пшеницы ввели еще одну дополнительную стадию его фракционирования.

Они провели далее исследования на 26 пробах зерна пшеницы, существенно различных по силе. Зерно размалывалось в муку, в которой определяли содержание белка; по методике Осборна в белке определяли содержание альбуминов, глобулинов, глиадина и глютеина. Выделенную глютелиновую фракцию дополнительно фракционировали по растворимости в 0,1 н. водном растворе уксусной кислоты.

Растворимая часть глютеина рассматривалась как глютеин I, а нерастворимая — как глютеин II. При этом в исследовавшихся пробах муки доля массы глютеина I (в % к общей массе белка в пробе муки) составляла от 6 до 27,5%, а доля глютеина II — от 15 до 37%.

В этих же пробах муки различия в соотношениях в белке муки альбуминов, глобулинов и глиадина не были статистически существенными. Из тех же проб муки ремикс-методом выпекали хлеб, объем которого выражался в процентах к единице массы белка в пробе муки. Между величинами таким образом выраженного объема

¹ Khan K., Buschuk W. Glutenin: Structure and Functionality in Bread-making — Cereal Chemistry. — 1978. — № 2. — P. 14–20.

хлеба и доли в белке муки глютеина I и глютеина II была установлена четко выраженная обратная или прямая зависимость. Чем больше в белке муки глютеина I, тем ниже величины объема хлеба на единицу массы белка муки (коэффициент корреляции r был равен минус 0,86). Чем больше было содержание глютеина II, тем больше был объем хлеба ($r + 0,85$). Из этого было сделано заключение о том, что чем больше в белке муки глютеина II, тем больше будет объем хлеба при этом же содержании общего белка.

Следовательно, чем больше в пшеничной муке белка и чем больше в этом белке глютеиновой фракции, а в ней глютеина II, тем сильнее мука.

В числе белковых веществ зерна пшеницы и пшеничной муки, кроме собственно белков (или протеинов), содержатся и протеиды — соединения белка с веществами небелковой природы, которые называют простетической группой. Протеиды подразделяют по химической природе их простетической группы. Так, у *липпротеидов* она представлена липидами, у *гликопротеидов* — углеводами, у *нуклеопротеидов* — нуклеиновой кислотой. Наличие в зерне пшеницы и в пшеничной муке липпротеидов и гликопротеидов и их функциональные свойства, как будет показано далее, также влияет на силу пшеничной муки.

Протеолитические ферменты муки, их активаторы и ингибиторы.
Протеолитические ферменты муки. Ферменты, гидролитически расщепляющие белки (протеины) по их пептидным связям, называют *протеиназами*.

При действии протеиназы на белок в качестве продуктов гидролиза образуются пептоны, полипептиды и свободные аминокислоты.

В зерне пшеницы, ржи и других злаков, как установлено рядом исследований, содержится протеиназа, относимая к протеолитическим ферментам типа папаиназ. Для протеиназ этого типа характерна их способность активироваться соединениями восстанавливающего действия, в частности соединениями, содержащими сульфгидрильную группу — SH (цистеин, глутатион). Столь же характерна способность протеиназ этого типа инактивироваться соединениями окислительного действия (KBrO_3 , KJO_3 , H_2O_2 , кислород воздуха и др.).

Таким образом, указанные соединения восстановительного действия являются *активаторами*, а окислители — *ингибиторами протеолиза*.

Разрыв пептидной связи белка при гидролитическом действии протеиназы приводит к образованию свободных аминной и карбоксильной групп. Поэтому об интенсивности протеолиза биохимики часто судят по приросту числа свободных аминных или карбоксильных групп, определяемому соответствующими химическими методами.

Уже в первые годы исследования действия протеиназ на клейковину и тесто из пшеничной муки было установлено влияние протеиназы на реологические свойства этих объектов. Действие протеиназы на клейковину и тесто вызывало очень сильное их разжижение, пониже-

ние упругости и увеличение текучести. В то же время количество свободных аминокислот и карбоксильных групп возрастало очень незначительно или даже оставалось неизменным.

Из этого можно заключить, что по меньшей мере начальной формой действия протеиназы является не разрыв пептидных связей полипептидных цепочек белка, а дезагрегация белка, нарушение его четвертичной и третичной структур, а может быть и отдельных элементов вторичной его структуры.

Учитывая в основном дезагрегирующее действие протеиназы муки, для химической характеристики ее активности было признано целесообразным определение количества водорастворимого азота и азота, не осаждаемого трихлоруксусной кислотой, накапливающегося в водно-мучной смеси в результате протеолиза. Эти показатели значительно лучше характеризуют активность протеиназы муки и протеолиз мучного белка, чем показатели накопления аминных или карбоксильных групп, образующихся только в конечной стадии протеолиза, до которой процесс чаще всего и не доходит.

Принято считать, что протеиназа пшеничной муки имеет зону оптимума рН в пределах 4–5,5 и температурный оптимум около 45 °С.

Следует отметить, что величины оптимума рН и температуры не только протеиназы, но и амилазы и других ферментов могут быть различными для разных условий. Так, оптимум температуры может сдвигаться не только в зависимости от рН среды, но и от соотношения в ней субстрата и воды, от содержания в ней защитных коллоидов, а также от скорости и длительности прогрева. Это подтверждается исследованиями действия протеиназы муки в реальных условиях пшеничного теста, показавшими, что температурный оптимум действия протеиназы в тесте из пшеничной муки II сорта при влажности теста 50% равен примерно 70 °С, а при влажности теста 70% снижается до 50 °С. Эти данные получены при выдержке теста в течение 15 мин. Увеличение длительности прогрева до 30 мин заметно снижало значения оптимума температуры.

Было установлено, что при 15-минутной длительности прогрева теста (рН 5,8) при 95 °С не происходило еще полной инактивации протеиназы. Следовательно, в центральных слоях мякиша даже готового пшеничного хлеба может сохраняться очень незначительная протсолитическая активность.

Исследованиями, проведенными в 1975–1980 гг. в МТИПШе (В. Л. Кретович, М. П. Попов, Е. Ф. Шаненко и др.), показано, что в зерне пшеницы имеются и могут играть существенную роль и протеолитические ферменты с оптимумом рН 6,75. Поэтому их назвали *нейтральными протеиназами*.

Было установлено, что в зерне пшеницы содержатся также вещества белковой природы, могущие ингибировать действие нейтральных протеиназ. В нормально созревшем зерне пшеницы активность нейтральной протеиназы и ее ингибиторов хорошо уравновешена. Полагают, что нейтральные протеиназы играют большую роль в процессе мобилизации запасных белков семян пшеницы при их прорастании. Ингибируют действие нейтральной протеиназы также поваренная соль и ингибиторы протеолиза, в том числе и термостабильные, содержащиеся в клеточном соке картофеля. Нейтральные протеиназы сохраняют часть своей активности и при величинах

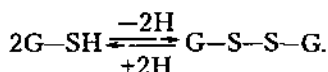
pH пшеничного теста. Поэтому целесообразно продолжать исследование их роли при брожении и созревании пшеничного теста и влияния на свойства теста и качество хлеба.

Активаторы и ингибиторы протеолиза. Способность папаина и протеиназы зерна и муки активироваться восстановителями и инактивироваться окислителями связана с наличием в структуре белковых молекул этих ферментов групп —SH. Превращение этих групп при окислении в дисульфидные связи-мостики инактивирует фермент.

Активен же фермент только в его восстановленном состоянии, с наличием в его структуре групп —SH.

Активатором протеолиза, содержащимся в зерне, муке и дрожжах, а следовательно, и в тесте, является *глутатион*.

Глутатион представляет собой трипептид, в состав которого входит остаток цистеина, содержащий группу —SH. Если обозначить молекулу глутатиона как G—SH, то его окислительно-восстановительное превращение происходит по схеме



В окисленном состоянии глутатион уже не способен активировать протеолиз. Еще в 1935 г. Йоргенсен показал, что протеиназа, имеющаяся в муке в достаточном количестве, при отсутствии активаторов (глутатиона или цистеина) малоактивна. Добавление же указанных активаторов резко усиливает протеолиз и вызванное им разжижение теста. Это было показано и в ряде работ, проведенных советскими исследователями. Активирующее протеолиз действие таких восстановителей, как глутатион (или цистеин), сводится к восстановлению —SH-групп, находившихся в неактивной протеиназе в виде связи.

Отдельные исследователи еще в начале исследования протеиназ и протеолиза теста указывали на возможность и прямого действия —SH-содержащих восстановителей и окислительных реагентов на белковые вещества муки и теста. В настоящее время это показано многочисленными исследованиями и общепризнано.

В составе и структуре белкового вещества зерна и муки содержатся остатки и аминокислот цистеина и цистина, а поэтому и группы —SH и —S—S—связи.

Роль дисульфидных —S—S—связей (мостиков) особенно существенна в третичной и четвертичной структуре белкового вещества.

Образование дисульфидных связей упрочняет внутримолекулярную (внутриглобулярную) структуру белка, делая ее более плотной и жесткой. Разрыв же дисульфидных связей вызывает ослабление структуры молекулы (глобулы) белка, делая ее более «рыхлой» и подвижной.

Вероятно, влияет также образование и разрыв дисульфидных связей и на более крупные надмолекулярные образования — агрегаты из ряда молекул белка.

Естественно, что различия в плотности и прочности структурных образований белка меняют не только реологические свойства белкового вещества, но и его состояние как субстрата, на который действует протеиназа. Упрочнение структуры белкового вещества снижает, а ослабление и «разрыхление» увеличивает его атакуемость протеиназой.

Содержание, изменения и роль —SH-групп и —S—S—связей белковых веществ зерна, муки и теста изучались очень многими исследователями.

Установлено, что в белках зерна, муки и теста содержится как —SH-группы, так и —S—S—связи (в сумме примерно до 40 мк-экв./г белка). Как абсолютное содержание, так и соотношение этих двух видов групп в белках отдельных сортов и образцов муки в известных пределах колеблется.

Однако можно считать установленным, что количество —S—S—связей намного превышает количество —SH-групп. Так, количество —S—S—связей в белках клейковины может превышать количество —SH-групп в 10 и даже в 25 раз.

Таким образом, количество сульфгидрильных групп, из которых при действии окислительных агентов могут образовываться дополнительные дисульфидные связи, относительно невелико.

Вопрос о возможном в этих условиях механизме улучшающего действия окислителей на структуру и физические свойства белка, клейковины и теста будет рассмотрен в последующих главах. Здесь мы отметим, что как общее количество —SH-групп, так, в частности, и содержание восстановленного глутатиона (G—SH) в отдельных частях зерна неодинаково. Установлено, что вещества, содержащие —SH-группы, размещены в основном в периферических частях зерна (в алейроновом слое и особенно зародыше).

При прорастании зерна содержание в нем восстановленного глутатиона резко увеличивается, в результате чего сильно повышается протсолитическая активность этого зерна.

Установлено, что даже из относительно небольшого количества —SH-групп белков теста известная часть является «скрытой» (недоступной) и практически не участвующей в окислительно-восстановительных реакциях и взаимопревращениях.

Другие соединения и факторы, влияющие на компоненты белково-протеиназного комплекса муки. Основная часть цистеина и глутатиона, как указывалось выше, содержится в муке в окисленной форме (цистин или G—S—S—G), в которой они не способны ни активировать протеиназу, ни непосредственно своим восстановительным действием разрывать дисульфидные связи в структуре белкового вещества.

В зерне пшеницы и муки из него содержатся и ферменты цистинредуктазы и глутатионредуктазы, которые являются дисульфидредуктазами.

Наличие этих ферментов в муке не может не влиять на количество —SH-групп в белках, а следовательно, и на их структуру, физические свойства и ферментативную атакуемость.

Есть экспериментальные данные, указывающие на то, что приобретение белками зерна пшеницы свойств, обуславливающих компактную и прочную структуру и реологические свойства, характерные для «сильных» пшениц, связано с активностью и действием ферментов каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы и аскорбиноксидазы в период вегетации растения и формирования зерна.

Роль *водородных связей* в качестве фактора, могущего влиять на структуру белкового вещества зерна и муки и в итоге на реологические свойства клейковины и теста, была экспериментально мало исследована. Высказывались лишь предположения о том, что эти относительно слабые и очень лабильные связи должны, очевидно, влиять на структуру и реологические свойства белкового вещества муки, клейковины и теста.

Прямые эксперименты показали, что водородные связи также играют определенную роль в создании структуры и свойств клейковинного белка. Замена в белке водорода дейтерием увеличивает энергию водородной связи, заметно и закономерно влияя на реологические свойства клейковины, «усиливая» ее. Установлено, что такое изменение энергии водородных связей вызывает и соответствующие изменения реологических свойств пшеничного теста.

Рядом работ выявлено, что в структуре белкового вещества муки известную роль могут играть и соединения белка с восстанавливающими сахарами — так называемые *гликопротеиды*.

Образование таких комплексных соединений может приводить к возникновению в третичной и четвертичной структурах белкового вещества еще одного вида дополнительных связей — *углеводных связей-мостиков*, также упрочняющих структуру белкового вещества.

Липиды (жиры и жироподобные вещества) также способны образовывать соединения (комплексы) с белками — *липопротеиды*. Эти соединения также играют определенную роль в структуре и реологических свойствах макрообразований белкового вещества, а отсюда и в реологических свойствах клейковины и теста.

Имеются многочисленные данные, свидетельствующие о том, что фермент *липоксигеназа*, содержащийся в известных количествах в зерне и муке, также может через посредство образуемых им перекисей ненасыщенных жирных кислот принимать участие в окислении —SH-групп белка зерна, муки и теста, а следовательно, влиять на их структуру и реологические свойства.

КРАХМАЛ МУКИ КАК ФАКТОР, ВЛЯЮЩИЙ НА СИЛУ МУКИ

Крахмал является основной по количеству составной частью муки. В пшеничной муке его содержится около 70%. Поэтому содержание

крахмала, его состояние и свойства не могут не влиять на реологические свойства теста, а следовательно, и силу муки.

Чем больше в зерне и муке крахмала, тем соответственно ниже содержание белковых веществ и тем «слабее» обычно мука. Однако на реологические свойства теста влияет не только содержание крахмала в муке, но и его свойства, в частности размеры крахмальных зерен и степень их повреждения при размоле зерна. Чем мельче зерна крахмала муки, тем больше удельная их поверхность и тем больше воды будет ими адсорбционно связано при образовании теста. Это значит, что тесто из муки с более мелкими зёрнами крахмала или большим процентом мелких его зерен будет при этом же содержании воды более «густым» по консистенции.

Еще больше может влиять на консистенцию теста количество зерен крахмала, поврежденных при помоле. Поврежденные зерна крахмала способны впитать и адсорбционно связать значительно больше воды, чем неповрежденные. Поэтому, рассматривая факторы, влияющие на силу пшеничной муки, следует учитывать и влияние на нее содержания и свойств ее крахмала.

Известное влияние на реологические свойства теста, а следовательно, и на силу муки может оказывать присутствие в ней α -амилазы.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ПЕНТОЗАНЫ (СЛИЗИ) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СИЛУ МУКИ

К пентозанам относят полисахариды, состоящие в основном из сахаров-пентоз, преимущественно D-ксилозы и L-арабинозы, а также D-галактозы.

Пентозаны входят в состав клеточных стенок растений. По происхождению и отдельным свойствам они близки к гемицеллюлозам. Вместе с целлюлозой, лигнином и пектиновыми веществами они образуют клеточные стенки растительных тканей. Однако пентозаны, типичные для клеточных стенок, нерастворимы в воде, хотя и растворяются в слабых растворах щелочей.

Целое зерно пшеницы и ржи содержит от 8 до 10% пентозанов. Наиболее высоко их содержание в оболочках и алейроновом слое (30–50%) и значительно ниже (2,5–4,5%) в эндосперме зерна.

Таким образом, при сортовом помоле основная часть пентозанов лежит в пределах 2,3–4%. Чем больше выход муки и содержание в ней частиц измельченных оболочек зерна, тем выше может быть содержание в ней пентозанов.

Общее содержание пентозанов в пшеничной и ржаной муке того же выхода отличается незначительно. В ржаной муке пентозанов лишь немного больше, чем в пшеничной. В эндосперме зерна пентозаны содержатся в очень тонких межклеточных стенках (иленках).

Часть пентозанов эндосперма зерна (муки) способна при комнатной температуре очень легко набухать и растворяться в воде, точнее пептизироваться, образуя при этом очень вязкий слизеобразный раствор. Поэтому водорастворимые пентозаны муки часто называют слизями или слизистыми веществами. Именно водорастворимая часть пентозанов муки может оказывать наибольшее влияние на реологические свойства теста.

Из общего количества пентозанов пшеничной муки лишь 20–24% водорастворимы; в ржаной муке таких пентозанов около 40%.

Если учесть, что гидрофильность слизей очень велика и они способны при гидратации увеличиваться в объеме, то очевидно, что более высокая водопогложительная способность ржаной муки объясняется более высокой долей водорастворимых пентозанов.

Известную роль в тесте могут играть и пентозаны муки, нерастворимые в воде. По меньшей мере часть их способна к интенсивному набуханию в воде и, следовательно, к связыванию влаги.

Исследованию состава, структуры, свойств и возможной технологической роли слизей муки в процессе приготовления хлеба посвящен ряд работ. Была установлена способность концентрированных растворов (золей) водорастворимых пентозанов (в вытяжках из муки) при ничтожно малых добавках окислительных агентов превращаться в гели, имеющие внутреннюю трехмерную структурную основу. Следовательно, в тесте при окислительном воздействии могут изменяться структура и реологические свойства не только белков, но и водорастворимых пентозанов.

Получены данные о влиянии слизей и на доступность крахмала муки воздействию на него амилаз, на температуру и скорость клейстеризации крахмала.

Отмечено тормозящее действие слизей на черствение хлеба. Исследовался и вопрос ферментативного расщепления водорастворимых пентозанов муки, в частности при прорастании зерна.

ЛИПИДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СИЛУ МУКИ

По химическому составу липиды обычно делят¹ на простые и сложные. *Простые липиды* не содержат азота и фосфора. В группу *сложных липидов* входят: фосфолипиды, гликолипиды и липопротеиды. В самостоятельные группы липидов выделяют жирорастворимые пигменты, стерины, витамины.

В зерне и муке содержатся как простые, так и сложные липиды. Часть липидов зерна и муки находится в связанном состоянии, в виде

¹ Нечаев А. П., Сандлер Ж. Ю. Липиды зерна. — М.: Колос, 1975. — 160 с. Указатель литературы в этой книге охватывает 126 источников.

Таблица 4

Зола и липиды	Содержание золы и липидов, г на 100 г				
	в зерне пшеницы	в муке пшеничной			
		высшего сорта	I сорта	II сорта	обойной
Зола	1,7	0,5	0,7	1,1	1,5
Сумма липидов	2,11	1,08	1,20	1,81	2,15
Триглицериды ¹	1,14	0,29	0,32	0,60	1,01
Фосфолипиды	0,46	— ²	0,20	— ²	— ²
β-Ситостерин	0,08	— ²	0,03	— ²	— ²
Сумма жирных кислот	1,54	0,76	0,86	1,31	1,54
В том числе:					
линолевая	0,92	0,48	0,53	0,77	0,89
линоленовая	0,07	0,03	0,03	0,04	0,06
Итого полиненасыщенных жирных кислот	0,99	0,51	0,56	0,81	0,95

¹ Обычным (тривиальным) названиям три-, ди- и моноглицериды соответствуют системные названия: триацилглицерины, диацилглицерины и моноацилглицерины.

² Определение содержания не производилось.

адсорбционных комплексов, а частично, вероятно, и в виде химических соединений с белками (липопротеиды) и углеводами (гликолипиды).

Содержание липидов в муке ниже, а в отрубях, особенно зародыше, значительно выше, чем в целом исходном зерне. Следует также отметить, что чем меньше выход и зольность пшеничной муки, тем относительно ниже содержание в ней липидов.

В табл. 4 приведены принятые в нашей стране [39] данные о содержании золы, липидов и др. в зерне мягкой озимой пшеницы и в пшеничной муке отдельных сортов, которые позволяют отметить, что общее содержание липидов, всех жирных кислот и полиненасыщенных жирных кислот по мере повышения зольности пшеничной муки и у обойной муки возрастает практически прямолинейно и примерно в 2 раза выше, чем у муки высшего сорта.

С точки зрения силы муки очень существенно, что для жирнокислотного состава липидов зерна характерно преобладание полиненасыщенных жирных кислот, представленных в основном линолевой кислотой и очень небольшим количеством линоленовой кислоты. Доля этих полиненасыщенных жирных кислот в общем их количестве у зерна пшеницы равна 64,3%, у муки высшего сорта 67,1%, у муки обойной 61,7%.

Преобладание в составе липидов зерна и муки полиненасыщенных жирных кислот особенно важно, так как их наличие связано с силой зерна и муки, содержащих такие ферменты, как липаза и липоксигеназа.

Отметим, что среди злаков наибольшая активность *липазы* в зерне овса; в зерне пшеницы она относительно меньше; в зерне ржи — несколько выше.

При созревании зерна активность *липазы* снижается, при хранении покоящегося зерна она удерживается на минимальном уровне, а при прорастании зерна быстро и резко возрастает.

Распределение *липазы* в зерне неравномерно. Меньше всего ее содержится в эндосперме, значительно больше — в периферических слоях зерна и особенно в зародыше.

В зародыше зерна пшеницы активность *липазы* выше, чем в эндосперме, более чем в 200 раз. В связи с этим между выходом и зольностью муки, с одной стороны, и активностью в ней *липазы* — с другой, существует очень тесная прямая зависимость.

Наличие в муке *липазы* вызывает расщепление части ее жира в процессе хранения и связанное с этим повышение кислотности муки.

Липаза гидролитически расщепляет триглицериды липидов с образованием глицерина и свободных жирных кислот, в том числе и полиненасыщенных.

Липоксигеназа катализирует окисление молекулярным кислородом воздуха ненасыщенных жирных кислот — линолевой, линоленовой и арахидоновой, превращая их в гидропероксиды, которые сами могут быть активными окислителями.

Действие *липоксигеназы* на олеиновую кислоту, имеющую в своей структуре лишь одну двойную связь, столь медленно и незначительно, что им практически можно пренебречь.

Липоксигеназа действует на двойные связи приведенных выше жирных кислот не только в свободном их состоянии, но и в составе триглицеридов — жиров. Окисление свободных ненасыщенных жирных кислот происходит, однако, легче и быстрее. Поэтому действие *липоксигеназы* в известной мере сопряжено с действием *липазы*, сопровождающимся образованием при гидролизе жира свободных жирных кислот.

Липоксигеназа содержится в семенах многих растений. Наиболее велика *липоксигеназная* активность семян сои. В несколько раз ниже она у семян гороха. Зерно пшеницы и ржи обладает значительно более низкой, но все же практически значимой *липоксигеназной* активностью. Активность *липоксигеназы* наибольшая при температуре 30–40 °С и при рН среды 5–5,5.

Гидропероксиды, образующиеся при действии *липоксигеназы* на полиненасыщенные жирные кислоты муки, сами могут быть активны-

ми окислителями. Поэтому они могут вызывать окисление —SH-групп протеиназы, глутатиона и остатков цистеина в полипептидных цепочках самого белка.

В результате этого упрочняется и уплотняется структура (четвертичная и третичная) самого белка и понижается его атакуемость протеиназами. Окисление же —SH-групп протеиназы и глутатиона муки дополнительно снижает интенсивность протеолиза.

Есть работы, позволяющие предполагать, что гидропероксиды окисляют и имеющуюся в муке тиоктовую кислоту, превращая ее в моноокисную форму, которая затем окисляет —SH-группы белков и глутатиона муки или теста.

Наличие в зерне и муке липазы, липоксигеназы и жира, богатого полиненасыщенными жирными кислотами, также является фактором, не могущим не влиять в известной мере на силу пшеничной муки. Это было подтверждено исследованиями, проведенными в 1969–1971 гг. в МТИППе.

Фосфолипиды. Содержание фосфолипидов в зерне и муке относительно невелико. В зерне пшеницы их чуть менее 0,5%, а в муке I сорта — 0,2%.

Основную часть фосфолипидов зерна и особенно муки составляет *лецитин* (фосфатидилхолин), значительно меньшую — другие фосфолипиды.

Из результатов ряда исследований можно заключить, что фосфолипиды могут и непосредственно влиять на реологические свойства клейковины и теста.

Еще в 1947 г. было установлено, что при замесе из муки теста резко возрастает доля липидов муки, находящихся в связанном состоянии. Так, в муке в «свободном» состоянии находилось около 70% от общего количества липидов; в тесте же из этой муки — всего 6% от общего количества липидов. Связывание липидов происходит в основном путем образования липопротеиновых комплексов или соединений (липопротеиды). Было показано, что в первую очередь и предпочтительно связываются фосфолипиды.

Было также показано, что липиды особенно сильно связываются глютеиновой фракцией белка клейковины. Исходя из того, что эта фракция белка клейковины связывает более 80% общего количества липидов клейковины, было даже высказано предположение о липопротеидной ее природе.

Электронно-микроскопические и рентгеноструктурные исследования *макроструктуры* клейковины показали наличие в ней фосфолипидных структурных элементов (бимолекулярных прослоек).

На основе этих данных в 1961 г.¹ была предложена гипотетическая липопротеиновая модель структуры клейковины, которая позволяет

¹ Grosskreutz J. C. A Lipoprotein Model of Wheat Gluten Structure. — Cereal Chemistry, 1961. — № 4. — P. 336–349.

логично объяснять специфические реологические свойства, присущие клейковине пшеничной муки.

Гликолипиды. В 1970 г. группа американских исследователей пришла к заключению, что полярные гликолипиды (моногалактозилдиглицерид и дилактозилдиглицерид) могут быть связаны с глиадиновой фракцией клейковины гидрофильными связями, а с глютеиновой фракцией — гидрофобными связями. Комплекс «глиадин-гликолипид-глютеин» рассматривается как структурный элемент клейковины, обуславливающий ее газодерживающую способность в тесте. Из этого следует, что и гликолипиды, очевидно, могут влиять на силу пшеничной муки.

КЛЕЙКОВИНА И СИЛА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Белковые вещества муки способны в присутствии воды при замесе и последующей отлежке или брожении теста интенсивно набухать. При этом нерастворимые в воде фракции белкового вещества муки — *глиадиновая* и *глютеиновая* — образуют связную, упругую, пластичную, способную растягиваться массу, называемую *клейковиной*.

Еще в 1728 г. Беккери выделил клейковину из пшеничного теста путем отмывания водой крахмала, частичек измельченных оболочек и большей части растворимых в воде составных частей муки.

В пшеничном тесте набухшие нерастворимые в воде белки образуют его непрерывную губчато-сетчатую структурную основу (как бы «каркас» или «скелет»), в значительной мере обуславливающую реологические свойства теста, а следовательно, характеризующую и силу муки. Поэтому содержание в пшеничной муке клейковины и ее свойства, в первую очередь реологические, можно рассматривать как один из основных показателей силы муки.

Отмытая из теста и отжатая «сырая» клейковина содержит значительное количество воды, содержание которой может колебаться в широких пределах (обычно от 150 до 250% к массе сухих веществ). Можно отметить определенную зависимость между влагоемкостью клейковины и ее реологическими свойствами. Чем больше влагоемкость клейковины, тем обычно «слабее» она по реологическим свойствам (тем меньше ее упругость и сопротивление растяжению и тем больше ее растяжимость и расплываемость).

Сила клейковины, очевидно, связана с плотностью и прочностью «упаковки» ее белкового вещества в его третичной и четвертичной структуре, обусловленной количеством дисульфидных и иных возможных связей. Чем плотнее и прочнее эта упаковка, тем меньше воды может быть внутримолекулярно поглощено и связано набухающими белковыми веществами клейковины.

Хотя основой клейковины являются набухшие белковые вещества, в состав ее сухого вещества входят не только белки. При обычном способе выделения клейковины — отмыванием водой из теста — в ней может содержаться от 75 до 90% белка. Остальные 10–25% составляют крахмал, клетчатка, зольные элементы, сахара и липиды.

Крахмал и клетчатку, содержащуюся в частицах измельченных оболочек, можно в основном рассматривать как трудно и поэтому не полностью отделимые механические примеси в клейковине. Сахара же и липиды, как явствует из предыдущего изложения, могут находиться в клейковине в связанном виде как в форме адсорбционных комплексов, так частично и в виде соединений (гликолипидов и липопротеидов).

Глиадиновая и глютеиновая фракции, искусственно выделенные из белка муки или клейковины, существенно различаются по отдельным своим свойствам. Помимо различий в размерах макромолекул и молекулярной массе было отмечено, что глютеиновая фракция связывает около 80% липидов, содержащихся в клейковине. Необходимо отметить, что эти две белковые фракции резко различаются и по их реологическим свойствам.

На рис. 3 показаны различия в реологических свойствах гидратированных глютеиновой и глиадиновой фракций белка и сырой клейковины из одной и той же муки.

Гидратированный глютеин (рис. 3, а) представляет собой резинообразную, короткорастяжимую при большом сопротивлении деформации, упругую и относительно «жесткую» массу.

Масса гидратированного глиадина (рис. 3, б) по консистенции жидкая (сиропообразная), сильно растяжимая, вязкотекучая, липкая и не упругая.

Сырая же клейковина (рис. 3, в) сочетает в себе реологические свойства и глютеиновой, и глиадиновой ее фракций и в этом отношении занимает как бы промежуточное положение.

Еще много лет тому назад отдельные исследователи искали в соотношении в клейковине глиадиновой и глютеиновой фракций показатель качества клейковины, а отсюда и реологических свойств теста и качества хлеба. Однако сколько-нибудь закономерной связи между этим соотношением и другими указанными показателями установлено не

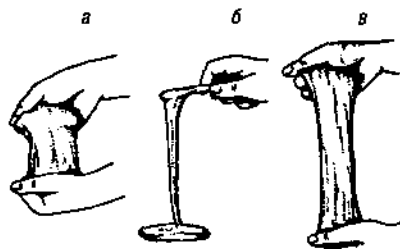


Рис. 3. Демонстрация различий в реологических свойствах: а — глютеина; б — глиадина; в — клейковины

было. Это можно объяснить тем, что при этом учитывали всю массу глютелиновой фракции белка муки, а не массу ее «субфракции», названной как глютелин II и представляющей собой часть глютелиновой фракции, нерастворимой в 0,1 н. растворе уксусной кислоты. Мы уже отмечали, что именно содержание этой субфракции глютелина хорошо коррелирует с объемом хлеба и реологическими свойствами теста.

Следует отметить, что белки зерна пшеницы и клейковины пшеничной муки способны адсорбировать отдельные ферменты (β -амилазу, каталазу, полифенолоксидазу и протеиназу), поэтому обладают и соответствующей каталитической активностью.

Между содержанием в зерне пшеницы или в пшеничной муке белковых веществ и клейковины существует прямая зависимость. Чем выше содержание белка в муке, тем обычно выше и количество отмываемой из нее клейковины.

Исключением могут быть партии муки из отдельных видов дефектного зерна (пораженного клопом-черепашкой, самосогревавшегося или сильно перегретого в процессе сушки), из которых отмывание клейковины затруднено и связано с большими ее потерями, а иногда и вообще невозможно.

Чем больше в муке клейковины и чем лучше она по своим реологическим свойствам, тем сильнее мука.

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИХ СИЛУ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Основной фактор, обуславливающий силу пшеничной муки, — ее *белково-протеиназный комплекс*.

Чем больше в муке белка, чем плотнее и прочнее его структура, тем ниже его атакуемость протеиназой; чем меньше в муке активность протеиназы и активаторов протеолиза (восстановленного глютамина), тем сильнее мука и тем лучше и устойчивее будут реологические свойства теста из нее. По той же причине чем выше содержание в муке клейковины и чем лучше ее реологические свойства, тем сильнее мука.

Известное влияние на силу муки оказывают и содержащиеся в ней *липиды* — жиры, богатые ненасыщенными жирными кислотами, фосфатиды, липопротеиды и гликолипиды.

Липиды муки способны влиять на структуру и реологические свойства белкового «остова» теста и самого теста. Помимо этого, ненасыщенные жирные кислоты жира муки под действием *липоксигеназы* образуют гидропероксиды, в свою очередь окисляющие —SH-группы белка с образованием —S—S—связей-мостиков, упрочняющих структуру белка. Таким образом, липиды муки прямо или косвенно путем окислительного воздействия влияют на реологические свойства белка и теста, а следовательно, на силу муки.

Водорастворимые пентозаны (слизи), а также размеры и состояние зерен крахмала, как было показано выше, могут иметь известное самостоятельное влияние на реологические свойства теста и силу муки.

Состояние и свойства белков муки и теста зависят и от их *окислительно-восстановительного потенциала*, обусловленного наличием в муке ряда окислительно-восстановительных систем. Сдвиг этого потенциала в сторону увеличения восстановительного действия ослабляет структуру белков и активизирует протеиназу муки, а следовательно, снижает силу муки. Сдвиг же в сторону окислительного действия упрочняет структуру белка, ингибирует протеолиз и увеличивает силу муки.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СИЛЫ МУКИ

Сила муки определяет количество воды, потребное для получения теста нормальной консистенции, а также изменение реологических свойств теста при брожении и в связи с этим — поведение теста в процессе его механической разделки и расстойки.

Сила муки обуславливает газодерживающую способность теста и поэтому наряду с газообразующей способностью муки определяет объем хлеба, величину и структуру пористости его мякиша. При обычном режиме процесса приготовления теста из муки с достаточной сахаро- и газообразующей способностью объем хлеба возрастает по мере увеличения силы муки. Однако объем хлеба из очень сильной муки в этих условиях обычно меньше, чем из муки сильной и средней по силе. Обусловлено это резко повышенным сопротивлением теста растяжению и меньшей способностью такого теста растягиваться под давлением увеличивающихся в объеме пузырьков CO_2 . Это приводит к соответствующему снижению газодерживающей способности теста, а отсюда и к уменьшению объема хлеба.

Для получения из очень сильной пшеничной муки хлеба максимального объема реологические свойства теста должны быть несколько ослаблены. Это может быть достигнуто изменением режима приготовления теста: усилением его механической обработки, некоторым повышением температуры, увеличением количества воды в тесте или добавлением препаратов, форсирующих протеолиз в тесте.

Кроме того, сила муки определяет формодерживающую способность теста, а в связи с этим при выпечке подового хлеба — его расплываемость.

Как следует из сказанного, сила пшеничной муки является одним из решающих факторов ее хлебопекарного достоинства.

Методы определения силы муки

Сила пшеничной муки может быть установлена либо путем определения содержания и качества клейковины, от которых в основном зависят реологические свойства теста, либо путем непосредственного определения реологических свойств теста из оцениваемой муки. Для этой цели могут быть использованы и иные пути (определение набухаемости муки в растворе органических кислот, пробные выпечки и др.). В нашей стране силу зерна пшеницы и пшеничной муки в производственных лабораториях оценивают в основном по содержанию и качеству клейковины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПО СОДЕРЖАНИЮ И КАЧЕСТВУ КЛЕЙКОВИНЫ

Для установления силы муки этим путем необходимо определение содержания в муке клейковины и ее качества. Методы этих определений кратко рассматриваются ниже.

Определение содержания в пшеничной муке клейковины и ее влагоемкости. Определение содержания в муке *сырой клейковины* по ГОСТу 27839–88 производится отмыванием ее водой из теста, замешенного из 25 г муки и 13 мл воды, после 20 мин его отлежки (при 18 ± 2 °С). Количество отмытой и отжатой клейковины выражают в процентах к массе муки (без учета ее влажности). Детали методики описаны в соответствующих руководствах.

Для исключения влияния субъективного фактора на результаты определения содержания клейковины и ее свойства замес теста, из которого будет отмываться клейковина, и процесса ее последующего отмывания должны быть механизированы.

Необходимые для механизации этих процессов лабораторная тестомесилка и установки для отмывания клейковины (МОК-1 и МОК-1М) описаны в соответствующих руководствах. Содержание клейковины целесообразно выражать в процентах к массе муки при базисной ее влажности (14,5%).

Разработанная в МТИППе уточненная методика определения содержания в пшеничной муке клейковины приведена в лабораторном практикуме.

Следует отметить, что в ряде стран для замеса теста и отмывания клейковины вместо воды применяется 2%-ный раствор поваренной соли, что существенно сказывается на количестве и свойствах отмываемой клейковины.

Определение в пшеничной муке содержания сухой клейковины для экспертных операций и при проведении научно-исследовательских работ предусмотрено ГОСТом 28797–90.

Для практических целей быстрое и достаточно точное определение содержания в муке сухой клейковины проводится на влагомере типа ВУ и ВУМ, ПИВИ высушиванием в течение 8 мин навески сырой клейковины (4 г) при температуре 160 ± 2 °С.

Влагоемкость клейковины определяют по разности массы навески сырой клейковины и массы полученной сухой клейковины, выраженной в процентах к массе сухой клейковины.

Методика определения качества клейковины. Определение качества клейковины может производиться органолептическими или объективными методами.

Органолептическое определение качества клейковины. Опытный лаборант еще в процессе отмывания клейковины, проводимого вручную, получает известное представление о ее свойствах.

Мы полагаем, что при оценке качества клейковины по органолептически определяемым признакам ее качества целесообразны следующие ее качественные группы.

1. *Клейковина очень слабая.* Клейковина этой качественной группы характеризуется тем, что сразу же после отмывания образует сплошную липкую и жидкую по консистенции массу. В процессе отмывания такая клейковина мажется, прилипает к пальцам рук и с трудом от них отделяется. Поэтому часть клейковины в процессе отмывания обычно теряется. Комочек такой клейковины после отмывания очень быстро расплывается. При растягивании клейковина почти не оказывает сопротивления и может быть вытянута без разрыва на очень большую длину. После отлежки такая клейковина часто настолько разжижается, что превращается в липкую сметанообразную по консистенции массу, располагающуюся между пальцами. Упругость такой клейковины ничтожна.

Как правило, клейковина этой качественной группы получается из муки, смолотой из зерна пшеницы, в значительной степени поврежденного клопом-черепашкой.

2. *Клейковина слабая.* После отмывания слабая клейковина образует связный комок. Она по консистенции и упругости заметно лучше, чем клейковина очень слабая. Растяжимость и расплываемость клейковины сразу после отмывания хотя и высокая, но заметно меньшая, чем у клейковины очень слабой.

Однако при отлежке после отмывания реологические свойства слабой клейковины резко ухудшаются. Клейковина сильно разжижается, быстро расплывается, растяжимость ее значительно увеличивается, сопротивление растяжению и упругость резко снижаются.

3. *Клейковина средняя по силе.* После отмывания средняя по силе клейковина образует связный комок, достаточно упруга, имеет среднюю консистенцию, растяжимость и расплываемость. После часовой отлежки заметно, но в меньшей мере, чем слабая клейковина, разжижается, растяжимость и расплываемость ее увеличиваются, упругость сохраняется удовлетворительная.

4. *Клейковина сильная.* Непосредственно после отмывания обладает большой упругостью и незначительной растяжимостью и расплываемостью. После отлежки эти свойства мало изменяются.

5. *Клейковина очень сильная.* В процессе отмывания получается в виде губчатого, малосвязного комка. После отлежки превращается в сплошную однородную

массу, весьма «крепкую» по консистенции, очень упругую, очень мало растяжимую и расплывающуюся. При растяжении оказывает очень большое сопротивление.

Клейковина из муки, полученной из зерна пшеницы, недопустимо перегретого в процессе сушки или иной термической обработки, после отмывания получается в виде очень мелких комочков — крошек, практически не способных слиться и образовывать сплошную однородную массу даже после определенного времени отлежки. Такую клейковину следовало бы характеризовать термином «крошащаяся», предупреждающим о дефектности ее в хлебопекарном отношении, и рассматривать ее как клейковину чрезмерно сильную.

Отнесение клейковины по ее органолептической оценке к одной из пяти описанных качественных групп хотя бы примерно определяет ее качество и реологические свойства.

Однако разграничение по качественным группам проб клейковины, близких по качеству, остается затруднительным при любой системе органолептической оценки свойств клейковины. Поэтому был разработан и испытан в исследовательской и производственной практике ряд объективных способов оценки качества клейковины, позволяющих выражать качество клейковины в числовых значениях показателей тех или иных ее свойств.

Объективные методы определения качества клейковины. Для определения качества клейковины практическое применение в производственном контроле находят две группы методов: 1) методы, основанные на определении набухаемости или пептизации клейковины в растворах кислот и 2) методы, основанные на определении реологических свойств клейковины (растяжимости, расплываемости, упругости и др.).

Из методов первой группы принято определение *набухаемости клейковины* в 0,002 н. растворе молочной кислоты. Чем сильнее клейковина, тем больше объем кусочков определенной навески клейковины, набухших в этом растворе за определенное время.

Предлагался и ряд методов установления качества клейковины по степени пептизации ее в растворе молочной или других органических кислот, определяемой по степени помутнения этого раствора или по его вязкости. Применение этих методов не вышло, однако, за пределы отдельных научно-исследовательских учреждений.

Наиболее перспективны для применения в производственных лабораториях объективные методы второй группы, основанные на измерении реологических свойств клейковины. Из этих методов рассмотрим количественное определение *растяжимости клейковины*. Еще в 1937 г. нами была разработана методика определения растяжимости клейковины растяжением ее пробы (5,0 г) вручную над масштабной линейкой с выражением результата в сантиметрах.

На рис. 4 показано изменение растяжимости клейковины сразу после отмывания и через 1, 2 и 3 ч отлежки в воде при 30 °С. Этот график наглядно показывает, что чем слабее клейковина, тем больше ее растя-

жимость и тем больше она возрастает по мере отлежки отмытой клейковины.

Определение растяжимости клейковины вручную, несомненно, субъективно. Однако лаборант, тщательно соблюдающий единообразную методику растяжения жгутика клейковины, может получать результаты, удовлетворительно совпадающие при повторных определениях.

Методика определения *распываемости* клейковины была разработана в 1937 г.

Распываемость клейковины характеризуется размером среднего диаметра контура расплывшегося за 60 мин шарика из 10 г клейковины (D_{60}), выражаемым в миллиметрах, либо разностью средних диаметров (ΔD) контура шарика клейковины через 60 мин расплывания (D_{60}) и начального (D_0). Тогда $\Delta D = D_{60} - D_0$ мм.

Чем слабее клейковина, тем больше значения D_{60} или ΔD .

Качество клейковины по ее реологическим свойствам может быть определено и количественно выражено по ряду описанных ниже методов с применением соответствующих приборов.

1. В 1941 г. в нашей стране был разработан прибор для определения качества клейковины, названный *пластометром*.

Определение качества клейковины заключается в загрузке шарика из 2 г клейковины в канал корпуса шприца и выпрессовывании его под действием груза массой 3,0 кг через калиброванное отверстие наконечника шприца.

Чем сильнее клейковина, тем большее время необходимо для выпрессовывания ее навески. Длительность выпрессовывания клейковины на пластометре ($\tau_{пл}$) выражается в секундах.

2. С 1958 г. в МТИППе начали работать над приспособлением современных автоматизированных *пенетрометров* (далее сокращенно — АП) для определения на них качества и свойств отдельных видов сырья, полуфабрикатов и готовой продукции хлебопекарного производства. При этом использовались АП, производившиеся в ГДР.

Для определения на АП качества клейковины в МТИППе были разработаны три методики.

2.1. Определение качества клейковины по показателю K_{20} , выражающему глубину погружения (пенетрации) в клейковину тела погружения АП.

Проба (4,0 г) отмытой клейковины во втулке соответствующего приспособления подпрессовывается при 20 °С в течение 20 мин. Затем приспособление с подпрессованным образцом клейковины устанавливается на подъемном столике пенет-

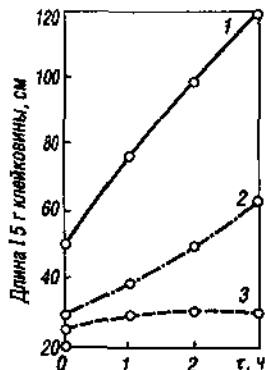


Рис. 4. График растяжимости 5 г клейковины: 1 — слабой; 2 — средней; 3 — сильной

рометра до соприкосновения поверхности клейковины (в торце втулки приспособления) с нижним концом тела погружения пенстрометра, находящегося в верхнем исходном положении. После этого нажимаем на соответствующую кнопку прибора мгновенно растормаживается система погружения и под действием ее массы (равной, например 100,0 г) тело погружения внедряется (погружается) в пробу клейковины.

По истечении установленного времени (например, 5 с) система погружения автоматически мгновенно затормаживается. При этом на матовом стекле смотрового окна прибора видна увеличенная световая проекция положения микрошкалы системы погружения, показывающая, на какую глубину тело погружения опустилось (внедрилось) в пробу клейковины. Шкала пенстрометра имеет 300 (или 400) делений, каждое из которых соответствует одной единице пенетрации (ед. п.) или 0,1 мм глубины внедрения тела погружения в пробу исследуемого продукта.

Глубина погружения в клейковину (мы обозначили ее как показатель K_{20} клейковины), выраженная в ед. п., будет тем больше, чем слабее клейковина, и тем меньше, чем она сильнее. Показатель K_{20} у очень слабой клейковины может быть равен 250 и более ед. п., у сильной клейковины — 100 и менее ед. п.

Значения показателя K_{20} клейковины хорошо коррелируют со значениями показателей ее качества, определявшихся другими объективными методами. Однако определение на АП показателя K_{20} требует комплектации этого прибора дополнительными устройствами, в том числе и металлическим грузом массой 3 кг.

Поэтому для определения качества клейковины на АП мы разработали еще два метода, по принципу определения отличных от определения K_{20} .

2.2. Определение на АП показателя $H_{сж}^{АП}$ клейковины. Этот показатель выражает высоту пробы клейковины в ее сжатом состоянии.

2.3. Определение на АП показателей $H_{сж}^{АП}$ и $H_{упр}^{АП}$ клейковины. Эти показатели (сначала $H_{сж}^{АП}$, а затем $H_{упр}^{АП}$) определяются на одной и той же пробе клейковины. Оба эти метода разрабатывались и испытывались на пенетрометре АП-4/1 и АП-4/2.

В лабораторном практикуме [27, работа 5] детально описаны АП и методика определения на нем $H_{сж}^{АП}$ и $H_{упр}^{АП}$ клейковины. Поэтому мы здесь ограничимся лишь очень краткой характеристикой принципа определения этих показателей качества клейковины.

Вместо тела погружения в системе погружения АП закрепляется «тело сжатия» (тонкий стержень с круглым плоским диском диаметром 50 мм), на стержень которого насаживается плоский съемный диск массой 74 г.

При этом общая масса системы сжатия равна 100 г. На подъемный столик устанавливается и фиксируется на нем цилиндрический пластмассовый стаканчик, повернутый вверх дном, которое имеет диаметр 50 мм.

Проба (4 г) клейковины формируется в виде шарика и отлеживается в воде при 20 °С. После этого шарик укладывают в центре дна стаканчика, установленного на столике пенетрометра, и затем растормаживают на 5 с систему сжатия АП, после чего система автоматически затормаживается и фиксируется по шкале пенетрометра высота сжатой пробы ($H_{сж}$). Затем удаляют съемный груз, после чего масса систе-

мы равна только 26 г, а нагрузка $P = 0,275$ Н. Затем система сжатия растормаживается и ввиду уменьшения нагрузки на пробу клейковины вследствие упругости высота ее частично восстанавливается. Степень увеличения высоты пробы за 15 с и является показателем $H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$. Величины показателей $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ и $H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$ выражаются в единицах шкалы пенетрометра, каждая из которых соответствует высоте или изменению высоты пробы клейковины на 0,1 мм.

Чем более сильна и упруга клейковина, тем больше значения ее показателей $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ и $H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$. Так, например, значение $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ очень сильной клейковины — более 85 ед. п., а очень слабой — менее 43 ед. п.

3. Начиная с 1970 г. серийно выпускается прибор — *измеритель деформации клейковины лабораторный ИДК-1 (ИДК-1М)*. Описание этого прибора и методика определения на нем качества клейковины изложены в лабораторном практикуме [27, работа 4].

Здесь мы отметим лишь то, что проба (4 г) клейковины в виде шарика, отлежавшегося в течение 15 мин в воде при 18 ± 2 °С, помещается на диск опорного столика прибора и затем диском-пуансоном под нагрузкой $P = 1,18$ Н в течение 30 с подвергается деформации сжатия.

После этого по шкале прибора (от 0 до 120 ед. прибора, с делениями на интервалы по 5 ед.) фиксируется степень опускания пуансона вниз, отражающего величину деформации сжатия пробы клейковины, которую мы обозначаем $H_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$. Чем больше опустился пуансон, тем больше величина этого показателя. Одна единица шкалы пенетрометра соответствует опусканию пуансона на 0,07 мм величина тем больше, чем слабее клейковина, и тем меньше, чем клейковина сильнее.

В настоящее время определение количества и качества клейковины осуществляется по ГОСТу 27839-88.

Взаимозависимость между отдельными показателями качества клейковины. Между величинами отдельных показателей качества клейковины, отражающих ее реологические свойства, существует четко выраженная прямая или обратная зависимость. Так, по мере возрастания силы клейковины увеличиваются показатели $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ и $\Delta H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$ и снижаются показатели K_{20} , $H_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$, растяжимости и расплываемости клейковины.

Определение всех указанных выше показателей предусматривает предварительное формирование из образца (4 г) клейковины шарика для последующей его предварительной отлежки в воде при установленной температуре или для прямого определения расплываемости.

Если клейковина после отмывания не способна образовывать связного и однородного во всей массе шарика, то определение его реологических свойств будет давать явно искаженные результаты. Такую несвязную, а часто и крошковатую клейковину чаще всего получают из перегретого при сушке или при самосогревании зерна пшеницы.

Эта клейковина явно дефектна и, по нашему мнению, не подлежит количественному определению ее качества объективными методами. Пшеничная мука с такой несвязной и крошечной клейковиной также должна оцениваться как дефектная по хлебопекарным свойствам.

Установлена и экспериментально проверена закономерная связь между силой клейковины, определенной количественно объективными методами, например по численным значениям показателей $H_{сж}^{АП}$, или $H_{деф}^{ИДК}$, и ее влагоемкостью¹. Чем сильнее клейковица, тем ниже ее влагоемкость. Это позволяет, зная содержание в муке сырой клейковины и показатель ее силы (например, значение $H_{сж}^{АП}$), определить в данной муке содержание сухой клейковины, а следовательно, и влагоемкость клейковины методом, разработанным в МТИППе.

Показатели силы муки, комплексно отражающие содержание в муке клейковины и ее качество. Реологические свойства теста, а следовательно, и сила пшеничной муки зависят от количества и от качества (реологических свойств) клейковины, содержащейся в муке. Поэтому ни содержание клейковины в муке, ни любой показатель ее качества, взятые в отдельности, не могут в достаточной мере характеризовать силу муки. Исходя из этого, силу муки лучше будут характеризовать показатели, численное значение которых комплексно отражает и содержание в муке клейковины, и ее качество. Поэтому в ряде стран разработаны показатели, численное значение которых зависит от содержания в муке (зерне) клейковины и от значения показателя ее качества.

Эти комплексные показатели отражают содержание в муке (зерне) либо сырой, либо сухой клейковины, что целесообразнее, так как содержание сухой клейковины лучше коррелирует с содержанием в муке (зерне) белка, которое существенно и с точки зрения пищевой ценности хлеба.

В МТИППе также были разработаны показатели, значение которых комплексно отражает содержание в муке клейковины, и такие показатели ее качества, как $K_{20}^{АП}$, $H_{деф}^{ИДК}$ и $H_{сж}^{АП}$. Эти показатели называются бонитационным числом (сокращенное обозначение БЧ) и с учетом показателя качества клейковины соответственно обозначаются $БЧ-K_{20}^{АП}$, $БЧ-H_{деф}^{ИДК}$ и $БЧ-H_{сж}^{АП}$.

В основу определения показателей принято:

а) БЧ выражается в баллах, максимальное количество которых для наиболее сильной муки с наибольшим содержанием наиболее сильной клейковины равняется 100 баллам;

б) из этих 100 баллов за содержание в муке сухой клейковины может быть начислено до 50 баллов и за величину показателя силы клейковины тоже до 50 баллов;

в) за содержание сухой клейковины начисляется тем больше баллов, чем оно выше: в пределах от 6,1 до 20% на сухое вещество муки. При содержании сухой клейковины в количестве 6% и менее количество начисляемых баллов равно нулю, а при 20% и выше равно максимальному количеству — 50 баллам.

В связи с тем что содержание сухой клейковины в производственных лабораториях обычно экспериментально не определяется, составлены номограммы и табли-

¹ В литературе это свойство клейковины называют гидратационной способностью.

цы для расчетного определения ее содержания исходя из экспериментально установленных величин содержания сырой клейковины и показателя ее силы ($K_{20}^{АП}$, $H_{ск}^{АП}$ или $H_{деф}^{ИДК}$). При этом учитывалось, что чем сильнее клейковина, тем относительно ниже ее влагоемкость;

г) за показатели качества клейковины, отражающие ее силу, начисляется соответственно от 0 до 50 баллов;

д) сумма баллов, начисленных за содержание сухой клейковины и за ее силу, равна численному значению БЧ. Чем ближе БЧ к 100 баллам, тем сильнее пшеничная мука;

е) при содержании сухой клейковины менее 6,0% на сухое вещество или при клейковине, крошащейся или расплзающейся в руках, не способной к образованию связанного комка, мука оценивается как не удовлетворяющая требованиям балльной оценки, и ее сила в баллах не выражается.

Значения БЧ значительно лучше коррелируют с соответствующими другими показателями силы муки (показателями реологических свойств теста или объемом хлеба, полученного методом пробной ремикс-выпечки), чем значения отдельно взятых показателей количества или силы клейковины.

Детальное изложение методики определения БЧ- $H_{деф}^{ИДК}$ и БЧ- $H_{ск}^{АП}$ и необходимые для их определения расчетные таблицы приводятся в руководстве по лабораторному практикуму [27, работа 7].

В 1969 г. во ВНИИЗе был разработан метод определения силы зерна пшеницы по показателю, названному комплексным критерием (далее сокращенно — КК), путем определения на приборе ИДК-1 показателя $H_{деф}^{ИДК}$ в ед. прибора всей массы клейковины, отмытой из 15 г измельченного зерна (шрота). Значение этого показателя при этом и являлось значением КК, одновременно отражающим и количество отмытой клейковины, и ее качество. Чем больше масса пробы клейковины и чем она сильнее, тем меньше будет деформация на приборе ИДК-1 и, следовательно, значение КК, определенное на этом приборе (в соответствии с принятыми нами обозначениями этот показатель обозначаем как КК- $H_{деф}^{ИДК}$).

Для зерна мягкой пшеницы численные значения этого показателя, по данным ВНИИЗа, были в пределах: у сильной пшеницы — от 25 до 67, у средней по силе — от 68 до 82 и у слабой — от 83 до 120 ед. прибора.

Исходя из описанного выше принципа определения силы зерна пшеницы по показателям КК- $H_{деф}^{ИДК}$, в МТИППе разработали и экспериментально проверили определенные силы пшеничной муки по показателям КК- $H_{деф}^{ИДК}$ и КК- $H_{ск}^{АП}$.

Численные значения КК- $H_{деф}^{ИДК}$ у пшеничной муки, так же как и у зерна пшеницы, были тем меньшими, чем сильнее мука. Значения же КК- $H_{ск}^{АП}$, наоборот, были тем большими, чем сильнее мука.

Детали проведения определения этих показателей в пшеничной муке опубликованы².

¹ А. с. 233285 (СССР) — Б. И., 1969, № 2.

² См. Улучшители качества пищевых продуктов: Межвузовский сборник научных трудов / Минвуз РСФСР, МТИПП. — М., 1977, с. 77–83.

В табл. 5 приведены результаты математико-статистической обработки данных определения в одних и тех же пробах пшеничной муки, различной по силе, величин показателей БЧ и КК, определявшихся с применением приборов ИДК и АП-4/2.

Таблица 5

Сопоставляемые показатели		Число проб муки n	Коэффициент корреляции r	Уравнение регрессии
x	y			
КК- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$	КК- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$	11	$-0,959 \pm 0,09$	$y = -0,6x + 106$
БЧ- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$	БЧ- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$	25	$+0,993 \pm 0,025$	$y = -1,1x - 3,3$
БЧ- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$	КК- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$	25	$-0,989 \pm 0,031$	$y = -1,7x + 153$
БЧ- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$	КК- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$	25	$-0,986 \pm 0,033$	$y = -1,3x + 135$
БЧ- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$	КК- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$	11	$+0,972 \pm 0,078$	$y = -x + 21,5$

Данные, приведенные в табл. 5, позволяют отметить следующее:

- между численными значениями КК- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$ и КК- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$ существует очень четко выраженная обратная линейная зависимость ($r = -0,959$), а между БЧ- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$ и БЧ- $N_{\text{деф}}^{\text{ИДК}}$ — прямая зависимость ($r = +0,993$);
- очень высока корреляция и между сопоставляемыми численными значениями БЧ и КК, определявшимися на ИДК и на АП (r в пределах $0,972-0,989$);
- приведенные в табл. 5 уравнения регрессии позволяют пересчитать численные значения любого из сопоставляемых показателей БЧ и КК в численные значения соответствующего другого показателя.

Из этого следует достаточно высокая математико-статистическая достоверность и взаимосвязанность всех рассматриваемых показателей БЧ и КК, исключая практическую целесообразность определений и БЧ и КК. Какой же из них следовало бы определять?

В условиях производственного контроля проще и менее трудоемко определение КК.

Определение же БЧ требует еще проведения некоторой расчетной работы. В этом преимущество определения силы пшеничной муки по КК.

Однако численное значение КК не дает технологу прямого ответа на вопрос о качестве (силе) клейковины, поскольку оно отражает не только силу клейковины, но и ее количество в муке. Поэтому в методике определения КК по $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$ пробы клейковины приводим и номограмму, позволяющую по численным значениям КК- $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$ и массы отмытой из 15 г муки клейковины, определить и численное значение $N_{\text{ск}}^{\text{АП}}$ 4 г клейковины, являющееся уже прямым показателем качества клейковины.

Сила пшеничной муки характеризует ее способность образовывать тесто, обладающее определенными реологическими свойствами. Исходя из этого, методы определения реологических свойств теста одновременно являются и методами определения силы муки.

Реологические свойства теста. Тесто является оводненным коллоидным комплексом — полидисперсоидом, обладающим определенной внутренней структурой и весьма своеобразными непрерывно изменяющимися реологическими свойствами.

* В зависимости от вида деформации, ее скорости и длительности тесто может вести себя то как идеально упругое тело, то как вязкое, то как сочетающее эти свойства, т. е. относящееся к упруго-вязким материалам.

В тесте сочетаются такие свойства, как упругость, пластичность, прочность, вязкость, способность к релаксации напряжений и упругому последействию. Реологические свойства теста зависят от таких факторов, как температура, влажность, продолжительность и интенсивность механического воздействия на тесто, рецептура, способ приготовления и длительность брожения теста, хлебопекарные свойства и в первую очередь сила муки и др.

Приготовление теста и его переработка сопровождается сложными физико-химическими, биохимическими, микробиологическими и механическими процессами, влияющими на его реологические свойства. Поэтому исследование реологических свойств полуфабрикатов и продуктов хлебопекарного производства представляет большой не только научный, но и практический интерес.

Значительную роль в развитии теории и методов исследования реологических свойств разных продуктов и материалов сыграли работы П. А. Ребиндера и его школы, М. П. Воларовича и ряда других исследователей.

На основе представлений, развивавшихся П. А. Ребиндером и его школой, реологические свойства теста могут быть охарактеризованы кривыми деформации теста во времени при постоянном напряжении. Кривые кинетики деформации получают в период приложения нагрузки и после ее снятия.

Для получения таких кривых деформации теста могут быть использованы: прибор Вейлера–Ребиндера, работающий по принципу тангенциального смещения пластинки в исследуемом продукте; приборы Шведова и Воларовича с коаксиальными цилиндрами, из которых внутренний поворачивается в исследуемом продукте; прибор Толстого, несколько видоизмененный Николаевым, на котором чистый сдвиг осуществляется в слое теста между плоскопараллельными твердыми поверхностями в отсутствие пристенного скольжения.

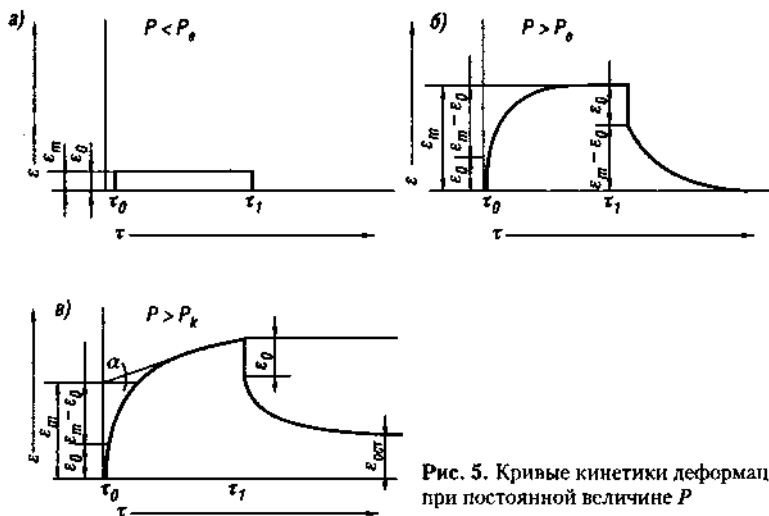


Рис. 5. Кривые кинетики деформации сдвига при постоянной величине P

Для материалов, обладающих комплексом реологических свойств, в зависимости от приложенного постоянного напряжения (P) возможны три типа кривых кинетики деформации, изображенные на рис. 5.

1. При $P < P_e$ (P_e — нижний предел упругости) может быть получена кривая кинетики деформации типа, изображенного на рис. 5, а. В этих условиях деформации исследуемый материал ведет себя как идеально упругое тело.

Деформация ϵ_0 условно-мгновенно (практически за 0,5–1 с) достигнутая в момент τ_0 , является чисто упругой деформацией, сохраняющейся постоянной во все время приложения напряжения.

В момент снятия напряжения τ_1 вся упругая деформация полностью исчезает.

Однако для структурированных высокомолекулярных систем, какой является тесто, значения P_e весьма малы и близки к нулю. Поэтому кривая кинетики деформации типа, изображенного на рис. 5, а, для теста практически вряд ли может быть получена.

2. При $P > P_e < P_k$ (P_k — предел текучести данного материала) кривая кинетики деформации будет иметь вид, изображенный на рис. 5, б.

При этих условиях исследуемый материал испытывает условно-мгновенную упругую деформацию ϵ_0 . Затем начинается период упругого последствия, в котором деформация нарастает до некоторого предела ϵ_m и далее сохраняет свое значение неизменным до момента снятия приложенного напряжения.

Упругое последствие обусловлено неоднородностью материала по его структуре и составу, в связи с чем упругие деформации развиваются в разных частях материала с различным замедлением. Упругое последствие характерно для эластичных или упруговязких материалов.

В момент снятия приложенного напряжения τ_1 практически мгновенно спадает условно-мгновенная упругая деформация и затем постепенно с затухающей скоростью спадает и деформация упругого последствия ($\epsilon_m - \epsilon_0$).

Как видим, при этом режиме испытания все виды деформации являются упругими и полностью обратимыми.

3. При $P > P_k$ кривая кинетики деформации будет иметь вид, изображенный на рис. 5, в.

В момент τ_0 происходит условно-мгновенная упругая деформация ϵ_0 . Однако в связи с тем что $P > P_k$, дальнейший ход кривой кинетики деформации при постоянном значении P отражает не только эластичную деформацию упругого последствия, но и постепенно нарастающую остаточную, необратимую деформацию. На этом участке кривой скорость развития деформации во времени стремится к наименьшему, постоянному для данного материала при данном режиме испытания значению скорости развития остаточной деформации $(d\epsilon/d\tau)_{ост}$.

С момента достижения этого значения скорости деформации происходит уже только остаточная деформация. Исследуемый материал переходит в состояние стационарного течения.

Общая упругоэластичная деформация характеризуется на оси ординат отрезком ϵ_m , отсекаемым пунктирным продолжением прямой части этого участка кривой. Угол α наклона этого прямого участка кривой остается постоянным независимо от длительности опыта. Отрезок $\epsilon_m - \epsilon_0$ на оси ординат характеризует величину эластичной деформации упругого последствия.

При снятии в момент τ_1 приложенного напряжения практически мгновенно спадает условно-мгновенная деформация ϵ_0 и затем постепенно со все падающей скоростью, спадает эластичная деформация упругого последствия. Однако вследствие имевших место при испытании материала остаточных необратимых деформаций после прекращения обратной (разгрузочной) деформации наблюдается остаточная деформация $\epsilon_{ост}$. Остаточная (после разгрузки системы) деформация может быть определена по формуле

$$\epsilon_{ост} = \tau_1 (d\epsilon/d\tau).$$

Для характеристики реологических свойств теста и подобных ему материалов могут быть использованы в качестве вариантных показателей:

1) модуль мгновенной упругости E_1 , определяемый по формуле

$$E_1 = P/\epsilon_0;$$

2) модуль упругого последствия (модуль эластичности) E_2 , определяемый по формуле

$$E_2 = P/(\epsilon_m - \epsilon_0);$$

3) релаксационная вязкость η_1 , представляющая собой вязкость в условиях течения, возникающего при $P > P_k$ и определяемая по формуле

$$\eta_1 = P - P_k / (d\epsilon/d\tau)_{ост} = P - P_k / \epsilon_{ост};$$

4) условная вязкость упругого последствия η_2 , определяемая при $P > P_e$ и P_k по формуле

$$\eta_2 = (P - P_k) / (d\epsilon/d\tau)_0,$$

где $(d\epsilon/d\tau)$ равно начальной, наибольшей скорости развития эластичной деформации упругого последствия; при $P > P_k$

$$\eta_2 = \frac{(P - P_k)}{(d\epsilon/d\tau)_0 - (d\epsilon/d\tau)_{ост}};$$

- 5) нижний предел упругости P_e ;
- 6) предел текучести P_k .

Более детально основы реологии пищевых продуктов изложены в специальных руководствах [16].

В последние годы в реологии пищевых продуктов все больше внимания стали уделять их текстуре.

Под *текстурой* пищевого продукта понимают те его свойства, которые человек органолептически ощущает при прикосновении к продукту или его ощупывании и в процессе употребления его в пищу — откусывании, разжевывании и проглатывании.

Одной из задач реологии пищевых продуктов является установление зависимости между характером и интенсивностью органолептически воспринимаемых ощущений текстуры продукта и его чисто реологическими инструментально определяемыми свойствами, а также и с его макро- и микроструктурой.

Применительно к хлебопекарному производству существенную роль текстура может играть при органолептической оценке состояния и реологических свойств полуфабрикатов (опары, теста и др.), особенно при определении качества и состояния готовой продукции (хлеба, булочных и других видов изделий), что будет рассмотрено в гл. XIV.

Методы определения в производственных лабораториях силы муки по реологическим свойствам теста. В производственных лабораториях хлебопекарной промышленности для определения силы пшеничной муки по реологическим свойствам теста из нее могут быть применены ниже описываемые методы.

Определение силы муки по расплываемости шарика теста. Этот метод был разработан в МТИППе в 1937 г. Определяется расплываемость шарика из 100 г теста заданной влажности при 30 °С за 60, 120 и 180 мин. При этом фиксируются численные значения среднего диаметра контура шарика теста (в мм): начального (D_0), через 60 мин (D_{60}), через 120 мин (D_{120}) и через 180 мин (D_{180}). Численные значения этих показателей выражаются в мм. Чем сильнее мука, тем соответственно ниже их численные значения.

Для текущего производственного контроля вполне достаточно определение D_0 и D_{60} шарика теста. Описание методики определения дано в лабораторном практикуме [27, работа 9].

Определение силы муки по консистенции теста. Для объективного определения консистенции теста применяют специальные приборы — консистометры (пенетрометры). С помощью этих приборов определяют консистенцию теста по глубине погружения (пенетрации) в него тела погружения определенной формы, за определенное время и под определенной нагрузкой ($P_{обн}$) системы погружения. В МТИППе еще в

1936 г. был разработан метод определения консистенции теста на консистометре погружения, изготовлявшемся заводом МОСКИП.

Готовили тесто с влажностью, постоянной для каждого сорта муки, и температурой 30 °С. Замешенное тесто в течение 60 мин подвергалось автолизу при той же температуре. Затем определяли глубину пенетрации тела погружения прибора в тесто, выражавшуюся в ед. шкалы прибора. Этот показатель обозначили K_{60} теста. Численное значение K_{60} теста было тем больше, чем слабее была мука, и тем меньше, чем она была сильнее.

В последующие годы нами была разработана и методика определения K_{60} теста на современных автоматизированных пенетрометрах (АП-4/1, АП-4/2 и др.).

В данной методике мы приняли проведение автолиза теста в течение 60 мин не при 30, а при 35 °С. Это повысило степень дифференциации величин K_{60} теста для проб пшеничной муки, различных по силе. Детальное описание методики дано в лабораторном практикуме [27, работа 8].

Определение силы муки на фаринографе. Фаринограф, производимый фирмой «Брабендер», применяется в мукомольной и хлебопекарной промышленности многих стран.

Основными частями фаринографа (рис. 6, а) являются: месилка 1; электродвигатель-динамометр 2; стойки 3 электродвигателя-динамометра; система рычагов 4, соединяющая корпус электродвигателя-динамометра с указывающим и самопишущим устройствами; масляный амортизатор 5; указывающее устройство 6; самопишущее устройство 7; водяной термостат 8, в котором температура воды на заданном уровне поддерживается автоматически. Термостат снабжен центробежным насосом, пропускающим воду по резиновым трубкам между двойными стенками месилки и масляного амортизатора 5 в направлении, указанном на схеме стрелками. Для измерения количества воды, заливаемой в месилку, служит бюретка 9.

Порядок работы и принцип действия фаринографа таковы. В корытце месилки 1 засыпают отвешенное количество муки, а из бюретки 9 вливают необходимое количество воды. Количество доливаемой воды определяется во время пробного замеса и должно обеспечить получение теста с заданным уровнем максимума консистенции. Тестомесилка имеет две фасонные месильные лопасти, вращающиеся в противоположных направлениях. Вал месилки муфтой соединяется с валом электродвигателя-динамометра 2. Отличием этого электродвигателя-динамометра от обычного электродвигателя является то, что его статор не закреплен на плите машины, а способен смещаться вокруг своей оси, концы его (втулки для вала ротора) находятся в подшипниках стоек 3.

Конструкция и принцип действия электродвигателя-динамометра таковы, что чем больше сопротивление, оказываемое тестом, замешиваемым в месилке месильным рычагом, тем больше отклоняется электродвигатель-динамометр от своего исходного положения, слегка поворачиваясь вокруг своей оси.

Отклонения электродвигателя-динамометра системой рычагов 4 передаются стрелке указывающего устройства 6 и перу самопишущего устройства 7. Уменьшение сопротивления замешиваемого теста вызывает обратное смещение электродви-

гателя-динамометра, а следовательно, стрелки указателя и пера самопишущего прибора.

Назначение детали 5 — амортизировать рывки, являющиеся следствием периодического изменения сопротивления теста месильным рычагам. Сопротивление это меняется вследствие того, что фасонные лопасти вращающихся рычагов то сходятся, то расходятся. Даже после амортизации этих рывков кривая, записываемая прибором, как мы увидим ниже, отражает все же отдельные колебания с различной и переменной амплитудой.

Между двойными стенками амортизатора прогоняется вода, температура которой с помощью терморегулирующего устройства термостата поддерживается на постоянном уровне, что обеспечивает неизменную вязкость масла.

При исследовании реологических свойств теста в процессе его замеса с помощью фаринографа получается кривая — фаринограмма (рис. 6, б).

Фаринограммы замеса характеризуют следующие свойства теста:

1. *Консистенция теста*, максимальная величина которой на рисунке обозначена размером *a*.

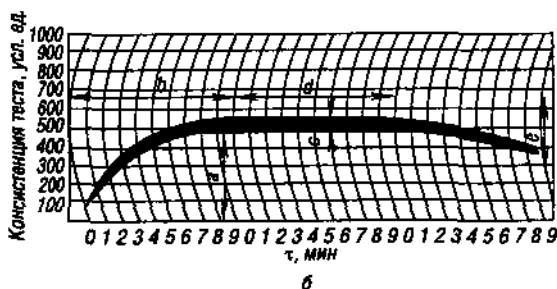
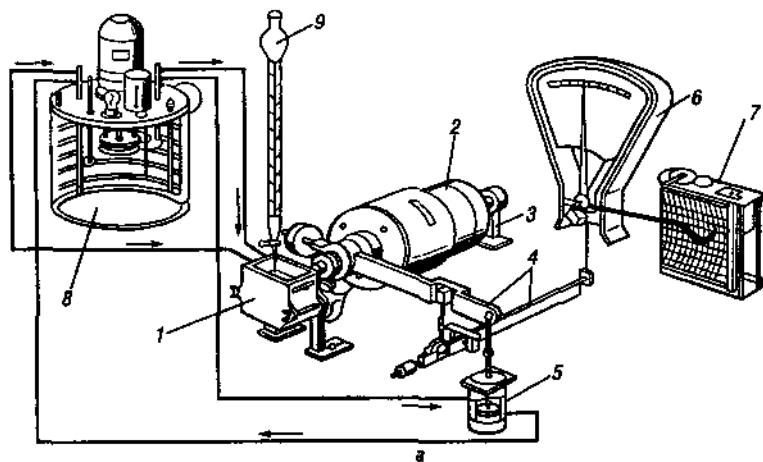


Рис. 6. Фаринограф (а) и схема фаринограммы (б)

Как видно из приведенной фаринограммы, консистенция теста изменяется в течение всего времени замеса: возрастает в первый период замеса, затем некоторое время удерживается на максимально достигнутом уровне и постепенно снижается от середины ширины полосы кривой.

Обычно рекомендуют испытывать различные образцы муки при постоянном численном значении максимума консистенции теста, обозначенной на сетке фаринограммы цифрой 500 (вся лента по ширине разбита на 1000 условных единиц). Размер a характеризует заданную величину максимума консистенции.

2. *Время образования теста*, т. е. время в течение которого величина консистенции исследуемого в процессе замеса теста достигает своего максимума. Численное значение этого показателя обозначено размером b .

3. *Эластичность и растяжимость теста*, характеризуемые шириной полосы кривой (точнее — амплитудой колебания пера самопишущего прибора, из которых эта полоса складывается).

На схеме максимально достигнутое численное значение эластичности и растяжимости обозначено размером c .

Чем шире кривая (чем больше амплитуда колебаний), тем эластичнее и растяжимее тесто в этот момент.

4. *Стабильность (устойчивость) теста*, характеризующая длительность сохранения тестом максимального уровня консистенции при замесе. Численное значение этого показателя характеризуется размером d .

5. *Разжижение (размягчение) теста*, соответствующее разности между максимально достигнутой при замесе консистенцией a_{\max} и консистенцией в конечный момент замеса. Численное значение этого показателя на фаринограмме обозначено размером e .

Однако фаринограф можно использовать не только для изучения реологических свойств теста во время замеса, но и для исследования изменения реологических свойств теста в процессе брожения или автолиза.

При такого рода испытаниях замешивают не только муку и воду, но и дрожжи (если хотят изучить тесто в процессе его брожения) и любые другие, обуславливаемые целью опыта добавки.

После замеса определенной длительности (обычно 10 мин) месилку останавливают и тесту дают в течение часа бродить (или просто оставляют в покое для автолиза), после чего месилку вновь включают и в течение определенного времени производят как бы обминку теста, затем оставляют еще на час в покое и после второй обминки снова оставляют на час в покое, чередуя эти приемы в течение всего времени, обусловленного назначением опыта.

На рис. 7 приведена фаринограмма двухчасового брожения теста, замешенного из муки, воды и дрожжей.

Первый отрезок кривой характеризует изменение реологических свойств теста в процессе замеса в течение 10 мин. Первый интервал соответствует первому часу брожения теста. Следующий за этим отрезок кривой характеризует реологические свойства в процессе первой пятиминутной обминки теста; второй интервал соответствует второму часу брожения, после чего идет кривая второй обминки.

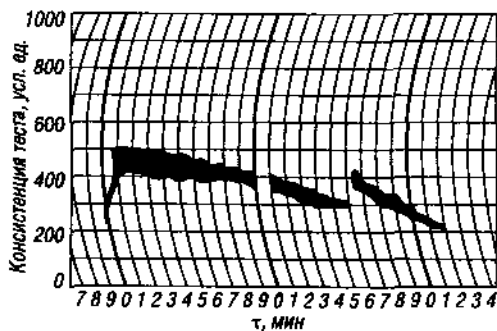


Рис. 7. Фаринограмма двухчасового брожения теста

в момент окончания замеса (обозначенную в случае, если замес длится 10 мин, символом a_{10} , если 20 мин — a_{20} и т. д.), выражаемую в тех же условных единицах консистенции;

3) консистенцию теста в определенные промежуточные моменты замеса; например, при замесе в течение 60 мин фиксировалось значение не только a_{\max} и a_{60} , но и a_{30} , а иногда и a_{10} ;

4) значение e_{10} , e_{20} и т. д., определяемое по разности между a_{\max} и a_{10} , a_{20} и т. д., выражаемое в тех же условных единицах консистенции;

5) время достижения замешиваемым тестом максимума консистенции b , выражаемое в минутах;

6) величину максимальной эластичности и растяжимости теста c , выражаемую в миллиметрах ширины полосы кривой, причем попутно фиксируется и время достижения этого максимума; например, если после 2 мин замеса достигнут максимум эластичности теста при ширине кривой в этот момент 17 мм, то $c_{\max} = c_2 = 17$ мм;

7) эластичность и растяжимость теста в момент окончания замеса во все промежуточные моменты, когда фиксируется численное значение показателя консистенции теста.

При цифровой обработке фаринограммы брожения (или автолиза) для первого отрезка кривой замеса фиксируются величины:

$$a_{\max}, b, a_{10}, e_{10}, c_{\max} \text{ и } c_{10}$$

Для каждого из последующих отрезков кривой, соответствующих очередной пятиминутной обминке, фиксируются величины:

$$a_{\max}, b, a_5, e_5, c_{\max} \text{ и } c_5$$

В кривых обминок при их цифровой обработке отбрасывается отрезок за первые полминуты работы тестомесилки, так как в ряде случаев характер кривой на этом отрезке зависит не столько от реологических свойств теста, сколько от первоначального сопротивления теста введению в него (или проворачиванию в неподвижной его массе) лопастей месилки.

В некоторых случаях исследования реологических свойств теста в процессе его длительного замеса были зафиксированы первый максимум консистенции $a_{\max 1}$ и время его достижения b_1 , второй максимум консистенции $a_{\max 2}$ и время его достижения b_2 , а также третий максимум консистенции $a_{\max 3}$ и время его достижения b_3 .

Для количественного сопоставления различных фаринограмм между собой желательна их *цифровая характеристика*.

Для цифровой характеристики фаринограмм замеса была установлена необходимость фиксировать следующие показатели:

1) численное значение максимума консистенции a_{\max} , выражаемое в условных единицах консистенции (нанесенных на сетку ленты фаринографа);

2) консистенцию теста

Первый максимум консистенции можно считать максимумом, обусловленным смешением муки и воды. Второй максимум связывают с процессом набухания, протекающим в тесте, а третий максимум — с возрастанием липкости теста, а следовательно, прилипания его к стенкам месилки в процессе работы.

Чем сильнее мука, тем больше на фаринограмме замеса значения a_{10} , b и d и тем меньше значение e_{10} , а на обмночных кривых тем больше значения a_{\max} , a_5 и тем меньше значение e_5 .

Фирма «Брабендер» выпустила и другую модель прибора — Do-Corder, позволяющую в конструктивно усиленной тестомесилке-тестообразователе с переменной частотой вращения рабочих органов определять силу пшеничной муки в условиях, приближающихся к приготовлению теста на современных агрегатах с интенсивной механической обработкой теста.

В Венгрии производился прибор для определения силы муки по реологическим свойствам теста в процессе его замеса, носящий название *валориграф*. Этот прибор компактнее фаринографа фирмы «Брабендер» и позволяет получать кривые, аналогичные получаемым на фаринографе. В США для определения силы муки применяется и миксограф Свенсона и Уоркинга, также представляющий собой регистрирующую сопротивление теста месилку.

Определение силы муки на экстенсографе. В дополнение к фаринографу фирма «Брабендер» выпускает прибор *экстенсограф*, на котором тесто, замешенное на фаринографе, испытывается на растяжение до разрыва. При этом на ленте самописца вычерчиваются кривые (экстенсограммы), характеризующие сопротивление теста растяжению ($P_{\text{экт}}$) и величину растяжения до момента разрыва ($L_{\text{экт}}$).

За последнее время было предложено по площади, ограниченной кривой экстенсограммы ($W_{\text{экт}}$), выражаемой в см^2 , судить о работе, затраченной на деформацию растяжения теста.

Чем сильнее мука, тем больше значения показателей $P_{\text{экт}}$ и $W_{\text{экт}}$ и тем меньше $L_{\text{экт}}$.

Определение силы муки на альвеографе. Альвеограф производится фирмой «Шопен» (Франция).

Прибор (рис. 8, а) состоит из двух составных частей: месилки и собственно альвеографа. Месилка имеет устройство, выпрессовывающее после замеса пластину теста, всегда одинаковую по размерам и плотности. Собственно альвеограф представляет собой прибор, в котором определяются реологические свойства пласта теста, зажато герметически между фланцами. Пластина теста выдавливается воздухом в виде все увеличивающегося пузыря. Стенки этого пузыря становятся все тоньше и тоньше, и, наконец, в момент, зависящий от свойств теста, пузырь лопается. Давление воздуха создается поднятием на определенный уровень склянки с водой, вытесняющей при этом воздух из бюретки.

Давление воздуха, создаваемое в процессе испытания образца теста, регистрируется в виде кривой на бумажном бланке, закрепляемом на барабане кимографа

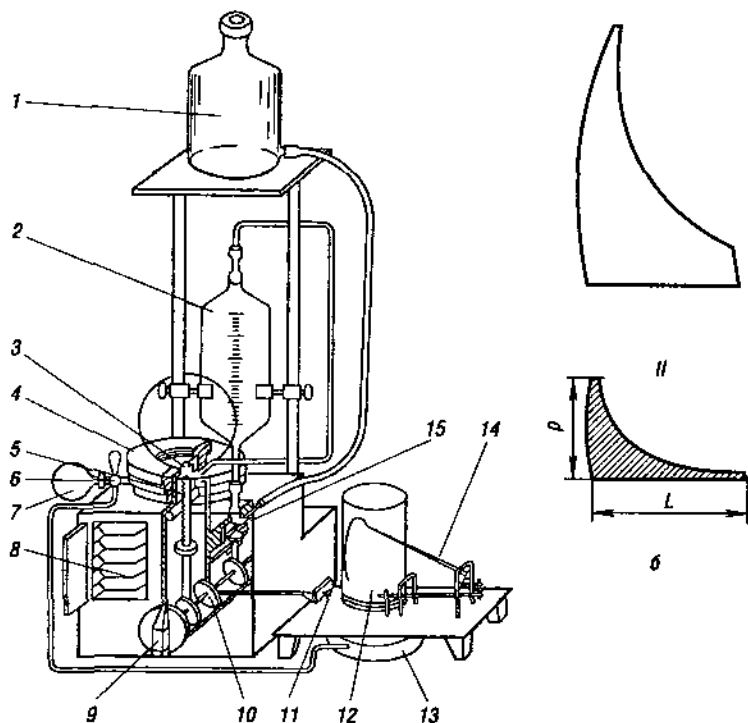


Рис. 8. Альвеограф (а) и альвеограммы (б):

1 — переносная склянка с тубусом; 2 — градуированный сосуд; 3 — воздушная камера; 4 — крышка; 5 — затворный клапан; 6 — трехходовой кран; 7 — резиновая груша; 8 — шкаф для расстойки; 9 — выключатель; 10 — распределительный валик; 11 — арретир; 12 — кимограф; 13 — механический манометр; 14 — стрелка самопишущего прибора; 15 — водяная камера с краном; I — сильная мука; II — слабая мука

(самопишущего механизма). Кривые, получаемые на альвеограмме, характеризуют силу муки.

Испытанию подвергают образцы теста, замешенного из муки и 2,5%-ного раствора поваренной соли. Соотношение муки и раствора соли устанавливается с таким расчетом, чтобы на 250 г муки влажностью 14,3% приходилось 125 мл солевого раствора. Тесто должно иметь температуру 25 °С.

Замес теста в месилке альвеографа длится 6 мин, после чего тесто выталкивается специальным приспособлением через выпускное отверстие месилки на приемную пластинку. Сформованные стандартные по размерам диски теста перемещаются для отлежки в термостат альвеографа при 25 °С. Испытание на альвеографе производится через 26 мин с момента начала замеса.

На рис. 8, б приведены примерные альвеограммы сильной (I) и слабой (II) муки.

Для характеристики альвеограмм используются следующие их показатели: $P_{\text{альв}}$ — максимальная ордината альвеограммы, выражающая упругость теста; $L_{\text{альв}}$ — абсцисса альвеограммы — растяжимость теста; $W_{\text{альв}}$ — площадь альвеограммы —

удельный расход энергии на деформацию испытуемого теста, выражаемый в Дж · 10⁻⁴.

Чем сильнее мука, тем больше величины $P_{\text{альв}}$ и $W_{\text{альв}}$.

В настоящее время для характеристики теста ГОСТом 28795-90 (ИСО-5530-4-83) предусмотрено определение реологических свойств теста с помощью альвеографа. Этот метод рекомендуется применять для определения качества новых сортов пшеницы и оценки использования их для промышленности, для определения соотношения различных сортов пшениц в смесях перед помолом и проверки этих смесей, для составления промышленных сортов муки путем установления соотношения различных потоков муки в смеси и стабильности смешивания.

Зависимость между показателями отдельных методов определения силы муки по реологическим свойствам теста. Чем сильнее пшеничная мука, тем больше значения показателей b и d фаринограмм, P и W альвеограмм и экстенсограмм и тем меньше значение e фаринограмм, L альвеограмм и экстенсограмм и показателей D_{180} и K_{60} теста.

Поэтому между численными значениями отдельных из этих показателей существует закономерная либо прямая, либо обратная корреляционная зависимость. Значения коэффициента корреляции между отдельными упомянутыми показателями лежат обычно на уровне от 0,7 до 0,9.

Применение чисто реологических методов определения реологических свойств теста с выражением их в соответствующих абсолютных реологических единицах целесообразно в исследовательских лабораториях.

Цвет муки и ее способность к потемнению в процессе приготовления хлеба

Потребитель обычно обращает внимание на цвет мякиша хлеба из сортовой пшеничной муки, отдавая предпочтение хлебу с более светлым мякишем.

Цвет мякиша связан с цветом муки. Из темной муки получится хлеб с темным мякишем. Однако светлая мука может в определенных случаях тоже дать хлеб с темным мякишем. Поэтому для характеристики хлебопекарного достоинства муки имеет значение не только ее цвет, но и способность к потемнению.

Цвет муки в основном определяется цветом эндосперма зерна, из которого смолота мука, а также цветом и количеством в муке периферийных (отрубистых) частиц зерна.

Способность же муки к потемнению в процессе переработки обусловливается, как установлено в ряде работ, содержанием в муке *свободного тирозина* и активностью фермента *полифенолоксидазы* (тирозиныазы), катализирующего окисление тирозина с образованием темпокрашенных меланинов. От образования в тесте меланинов и зависит потемнение как теста, так и мякиша хлеба.

Содержание в муке свободного тирозина (или общего количества аминного азота) на способность ее к потемнению влияет относительно больше ($r = 0,89$), чем активность полифенолоксидазы ($r = 0,77$).

Цвет муки можно определять органолептически, сопоставляя его с эталоном цвета муки данного сорта или с помощью фотоэлектрических приборов.

Определение цвета сухой и «мокрой» (отражающей и способность муки к потемнению) проб муки описано в лабораторном практикуме [27, работы 10–12].

ГОСТом 26361-84 предусмотрено определение белизны сортовой хлебопекарной пшеничной и ржашой сеяной муки. Сущность метода заключается в измерении отражательной способности уплотненно-сглаженной поверхности муки с применением фотоэлектрического прибора РЗ-БПЛ или РЗ-БПЛ-Ц. Показатель белизны характеризуется зональным коэффициентом отражения в условных единицах прибора при светофильтре ЖЗС-9.

ГОСТом 27558-87 предусмотрено определение цвета муки и отрубей визуально путем сравнения испытуемого образца с установленным образцом или с характеристикой цвета, указанной в соответствующих стандартах на продукцию.

Крупность пшеничной муки

Размеры частиц муки имеют большое значение в хлебопекарном производстве, влияя в значительной мере на скорость протекания в тесте биохимических и коллоидных процессов и вследствие этого на свойства теста, качество и выход хлеба.

Общепринятый у нас при оценке качества муки способ определения крупности помола по остатку и проходу через одно-два сита соответствующих размеров дает очень неполную характеристику размеров частиц муки и соотношения в муке фракций частиц различной крупности.

Поэтому в ряде работ, посвященных изучению размеров частиц муки, применяют методы, позволяющие фракционировать всю массу частиц муки на группы, различающиеся по их размерам. Для этой цели можно применять как методы, основанные на просеивании муки на ситах с ячейками различных размеров, так и седиментометрические мето-

ды, позволяющие значительно точнее фракционировать наиболее мелкие частицы муки.

Размеры частиц муки высшего и I сорта обычно колеблются в пределах от нескольких микрометров до 180–190 мкм.

В обычной хлебопекарной пшеничной муке этих сортов примерно половина частиц имеет размеры менее 40–50 мкм, а остальные — в пределах от 45–50 до 190 мкм.

В муке II сорта, особенно обойной, содержится значительно больше крупных частиц. В настоящее время крупность муки определяется по ГОСТу 27560-87 по проходу через сита, установленные нормативной документацией на соответствующий сорт муки.

Мука из мягких пшениц, как правило, характеризуется несколько меньшими размерами частиц по сравнению с мукой из твердых пшениц.

В исследованиях влияния крупности частиц муки на ее биохимические и хлебопекарные свойства следует различать два пути. Один путь — когда исходная мука, полученная на товарной или лабораторной мельнице, подвергается в разной степени дополнительному измельчению. Затем сравнительно исследуются свойства исходного и дополнительно измельченного продукта. Так устанавливается влияние собственно степени измельчения продукта.

Другой путь предусматривает, что образец исходной муки делится на фракции, различные по размерам частиц, путем просеивания или пневмоэспарирования. Эти фракции муки являются объектом сравнительного исследования.

Рассмотрим сначала результаты, получаемые первым путем, характеризующим влияние степени измельчения в его чистом виде.

Чем выше степень измельчения, тем больше удельная поверхность частиц муки. Для характеристики порядка численных значений этого показателя укажем, что в образце американской пшеничной муки сорта Патент (зольность 0,40%; частиц муки размером менее 100 мкм — 100%, 80 мкм — 95,1%, 60 мкм — 68,2%, 40 мкм — 37,7%, 30 мкм — 28%, 20 мкм — 15,8%, 10 мкм — 2,4% и 5 мкм — 0%) частицы 1 кг муки имели площадь поверхности, равную 125 м².

При дополнительном измельчении исходного образца пшеничной муки увеличиваются показатели: удельная поверхность частиц, количество поврежденных зерен крахмала¹, сахаро- и газообразующая способность, количество реактивно-доступных —SH-групп белка и водопоглощительной способности муки. При этом до определенной степени измельчения муки показатели реологических свойств теста из нее улучшаются. Количество выделяемой из муки сырой клейковины, ее растяжимость и расплываемость снижаются. Увеличение сахаро- и газообразующей способности муки обусловлено повышением атакуемости крахмала.

Активность амилаз муки остается практически неизменной. Объемный выход хлеба до некоторой степени измельчения муки возрастает. Дальнейшее измельчение муки приводит к снижению этого показателя.

¹ Процент крахмальных зерен, повреждаемых в процессе размолта твердых пшениц, значительно выше, чем при размолте мягких пшениц. Это, очевидно, является одним из факторов, обуславливающих вообще более высокую сахарообразующую способность муки из твердых пшениц, несмотря на несколько больший средний размер частиц этой муки.

Из сказанного ясно, что недостаточное и чрезмерное измельчение муки ухудшает ее хлебопекарные свойства:

- чрезмерно крупная мука дает хлеб недостаточного объема с грубой толстостенной пористостью мякиша и часто с бледноокрашенной коркой;
- хлеб из чрезмерно измельченной муки получается пониженного объема, с интенсивно окрашенной коркой, часто с темноокрашенным мякишем; подовый хлеб из такой муки может быть расплывчатым;
- хлеб лучшего качества получается из муки с оптимальной крупностью частиц; оптимум измельчения, по-видимому, должен быть различным для муки из зерна с разным количеством и особенно качеством клейковины.

Чем сильнее клейковина зерна, тем, очевидно, мельче должна быть мука. С точки зрения хлебопекарных свойств желательна мука, частицы которой по возможности наиболее однородны.

Пневмосепарирование муки по размерам частиц и сравнительное исследование полученных фракций также дало весьма интересные результаты.

Было установлено, что фракции относительно более мелких частиц муки значительно богаче белком, имеют более высокую зольность, сахаро- и газообразующую способность. Содержание сырой клейковины также соответственно выше, а растяжимость ее ниже.

Фракции же относительно крупных частиц отличаются резко пониженным содержанием белка.

Таким образом, применяя пневмосепарирование частиц муки, можно из одного и того же зерна пшеницы получать низкобелковую муку для производства кексов, сахарного печенья и других видов мучных кондитерских изделий и муку с повышенным содержанием белка, которая может быть использована в качестве улучшителя силы обычной хлебопекарной пшеничной муки.

Пробные выпечки

Для оценки хлебопекарного достоинства пшеничной муки, помимо определения показателей ее силы, газообразующей способности и цвета, применяют пробные выпечки.

В лабораториях мельниц и хлебозаводов обычно производят *лабораторные пробные выпечки* из небольшого количества исследуемой муки.

На хлебозаводах, помимо этих лабораторных выпечек, могут производиться и *производственные пробные выпечки*, которые необходимы

для оценки показателей качества хлеба: объем, форма, характер и окраска поверхности корки, стенень и структура пористости и цвет мякиша хлеба.

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРОБНЫХ ВЫПЕЧЕК

Методы проведения лабораторных пробных выпечек¹ из пшеничной муки, применяемые в разных странах и лабораториях, очень различны.

Они различаются:

а) по способу приготовления теста (однофазным безопарным и двухфазным опарным способом);

б) по рецептуре теста (вода вносится в количестве, обеспечивающем получение теста либо с заданной влажностью, либо с заданной консистенцией; дрожжи и соль вносятся в тех или иных несколько различающихся количествах); в отдельных методиках предусматривается внесение сахара (тоже в разных количествах или даже с учетом сахарообразующей способности муки), солодового экстракта, бромата калия, однозамещенного фосфата аммония и других добавок;

в) по условиям замеса и обминки теста (замес вручную или на лабораторных тестомесилках разных конструкций, при разном числе оборотов рабочих органов, при разной длительности и интенсивности механического воздействия на тесто в процессе его замеса и обминки или повторного промеса);

г) по условиям и длительности брожения теста (начальная температура теста, температура и влажность воздуха в термостате, длительность брожения теста);

д) по выпечке формовых или подовых хлебцев и величине массы тестовых заготовок;

е) по способу формования тестовых заготовок (вручную или на лабораторных установках);

ж) по условиям расстойки и ее длительности (параметры воздуха, расстойка «до готовности» или в течение установленного времени);

з) по условиям выпечки (тип лабораторной печи, температурный и влажностный режим в пекарной камере, длительность выпечки оговорены лишь в некоторых методиках);

и) по условиям и показателям оценки качества полученных хлебцев (длительность периода с момента выпечки до момента оценки качества полученных хлебцев различна).

¹ Студенту, впервые приступающему к изучению технологии хлебопекарного производства, целесообразно вернуться к этому разделу после изучения содержания глав V, VII, VIII и XI.

Перечень показателей качества хлеба и методы их определения также различны. В ряде методик в разных странах применяются еще и очень различные системы балльной оценки по отдельным, в основном органолептически определяемым, показателям качества хлеба.

Несмотря на наличие методов лабораторной выпечки, официально принятых или рекомендованных в той или иной стране, в лабораториях отдельных исследовательских учреждений или предприятий пробные выпечки ведут по своим, отличающимся в ряде моментов методикам.

Все это затрудняет, а подчас делает невозможным сопоставление и сравнение результатов пробных выпечек, проводимых не только в разных странах, но даже в одной и той же стране.

В связи с этим крайне насущной является задача унификации и стандартизации как методики проведения пробных лабораторных выпечек, так и соответствующего лабораторного оборудования (тестомесилка, механические тестоформирующие установки, термостат для брожения и расстойки, хлебопекарная печь, приборы для определения объема хлеба и других показателей его качества).

Без решения этой задачи любая методика проведения пробных выпечек не может дать сопоставимых и воспроизводимых результатов.

Укажем в качестве примера на некоторые методики лабораторной пробной выпечки.

Лабораторная пробная выпечка из пшеничной муки по ГОСТу 27669-88. Эта методика предусматривает безопарный способ приготовления теста из исследуемой муки, воды, дрожжей и соли.

Из муки с содержанием 960 г сухого вещества замешивают тесто с влажностью, постоянной для каждого сорта муки. Тесто должно иметь температуру 32 °С; при этой же температуре оно вырабатывается в термостате в течение 170 мин. Через 60 и 120 мин после начала брожения тесто подвергают обминке (способ и длительность обминки не установлены). Из выброженного теста формируют (способ не указан) тестовые заготовки для двух формовых и одного подового хлебцев. Расстойку тестовых заготовок ведут до готовности (тестовая заготовка одного формового хлеба расстаивается на 5 мин дольше). Выпечку ведут при 220-230 °С в течение времени, определенного для формового и подового хлебцев и для каждого сорта муки.

Качество хлеба оценивается через 4-24 ч после выпечки по показателям объемного выхода в миллилитрах на 100 г муки при ее влажности 14,5% и по отношению высоты к диаметру ($H : D$) подового хлеба. Помимо этого производится органолептическая оценка формы хлеба, окрашенности и характера корки, цвета, эластичности и структуры пористости мякиша, а также его вкуса. Все эти признаки характеризуются словесно.

Лабораторная пробная выпечка по методу ассоциации американских зерновых химиков. Эта основная методика предусматривает безопарный способ приготовления теста для формового хлебца из 100 г муки.

Тесто готовится из муки, воды (в количестве, необходимом для получения теста заданной консистенции), соли, сахара (количество его корректируется с учетом сахаробразующей способности муки) и дрожжей. Указаны тип лабораторной месилки и длительность замеса теста. Общая длительность брожения теста (при 30 °С) установлена. Вместо обминки теста (через заданные периоды его брожения) предусмотрена регламентированная прокатка его между валками соответствующей лабораторной установки. Формование тестовой заготовки проводится на соответствующей лабораторной установке; расстойка — либо в течение постоянного времени, либо до подъема теста в форме до заданной высоты; выпечка — в лабораторной печи с вращающимся подом при 230 ± 5 °С в течение заданного времени. Через 1 ч после выпечки определяется масса и объем хлеба. Органолептическая оценка хлеба проводится позднее.

Предусмотрен и ряд дополнительных безопасных вариантов методики пробных выпечек, имеющих целью установление реакции теста на удлиненный и усиленный замес, на разную длительность брожения и на добавку бромата калия.

Лабораторная пробная выпечка, производимая ремикс-методом. В Канаде при оценке хлебопекарных свойств зерна, в основном сильной канадской пшеницы, принят так называемый ремикс-метод (метод с повторным промесом теста) пробной выпечки, принцип которого был разработан и опубликован канадскими исследователями еще в 1960 г.

По этому методу из 100 г муки, воды, соли (1%), сахара (2,5%) и дрожжей (3%) с добавками солодового экстракта (0,3%), бромата калия (0,0015%) и однозамещенного фосфата аммония (0,1%) готовится безопасное тесто. Количество воды устанавливается с учетом водопоглощительной способности муки, определяемой на фаринографе, т. е. является величиной переменной.

Существенным отличием метода является проведение несколько удлиненного замеса и повторного промеса на быстроходной, интенсивно обрабатывающей тесто лабораторной тестомесилке. Так, например, для месилки типа GRL длительность замеса (при 130 об/мин) равняется 3,5 мин, а длительность повторного промеса, заменяющего кратковременную обминку, — 2,5 мин. Тесто замешивается, помещается для брожения в термостат (30 °С) сначала на 165 мин, а после повторного промеса — еще на 25 мин.

Затем тесто раскатывается, сворачивается и закатывается на соответствующих типовых лабораторных установках. Расстойка тестовой заготовки в формочке определенных размеров (тех же, что и по предыдущей методике) производится в термостате (30 °С) в течение 55 мин. Таким образом, общая длительность брожения, включая и расстойку, равна 245 мин. Выпечка в печи с электрическим обогревом и вращающимся подом при 220 °С длится 25 мин.

Определение объема выпеченного хлеба производится через 1 ч после выпечки, а органолептическая оценка — на следующий день.

Усиленная механическая обработка теста при замесе и повторном промесе в сочетании с указанными выше добавками делает этот метод особенно показательным для дифференциации хлебопекарных свойств муки из зерна сильных и очень сильных пшениц.

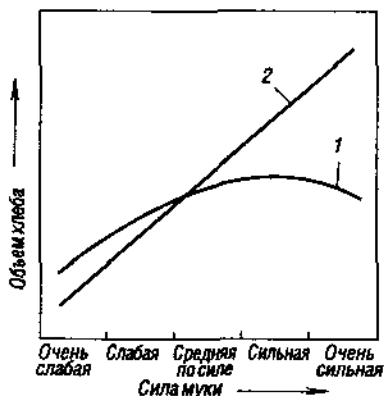


Рис. 9. Зависимость между объемом хлеба ($V_{\text{х}}$) и силой муки при обычном (1) и усиленном (2) механическом воздействии на тесто при замесе и обминке

Различные варианты методик такого типа пробных лабораторных выпечек разрабатываются и испытываются у нас и за рубежом.

Из графика на рис. 9, построенного по нашим данным, видно, как метод пробной выпечки влияет на объем хлеба из пшеничной муки различной силы.

Кривая 1 характеризует эту зависимость для хлеба, полученного из безопарного теста с добавлением сахара при обычной длительности и интенсивности механической обработки теста при замесе и обминке. При этом объем хлеба возрастал по мере увеличения силы муки, но у сильной муки был почти одинаковым, а у очень сильной муки начинал даже несколько снижаться.

Линия 2 на этом графике относится к хлебу, полученному по методу, аналогичному ремикс-методу. Тесто готовилось также безопарным способом с добавлением не только сахара, но и 0,0015% бромата калия и с удлиненной интенсивной механической обработкой при замесе и повторном промесе (ремикс-метод).

При этой методике наблюдалась прямая зависимость между объемом хлеба и силой муки в пределах от очень слабой до очень сильной муки. При этом слабая мука давала хлеб с меньшим объемом, чем при обычном методе, а сильная, особенно очень сильная, — со значительно большим объемом.

Аналогичное влияние усиленной механической обработки теста из муки различной силы отмечается и в других работах.

Установлено, что такие показатели силы муки, как показатели реологических свойств теста (по альвеограммам, фаринограммам), величины клейковинного или бопитационного числа или комплексного критерия, значительно лучше коррелируют с величинами объема хлеба, полученного пробной выпечкой по ремикс-методу, чем с объемом хлеба, полученного при обычных методах, без усиленной механической обработки теста.

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОБНЫХ ВЫПЕЧЕК

Производственные пробные выпечки при порционном приготовлении теста проводят обычно в размерах одной дежи теста. Такие пробные выпечки могут иметь различные цели, в зависимости от которых устанавливается и методика их проведения.

Так, при выработке на хлебозаводе разных видов хлеба и сдобных, бараночных или иных изделий из пшеничной муки целью производст-

венной пробной выпечки может быть определение степени пригодности данной партии муки или определенной смеси отдельных партий для производства того или иного вида изделий. Тогда приготовление теста, его брожение, разделка и выпечка ведутся по способу и режиму, принятому на данном хлебозаводе для этого вида изделий.

Целью пробной выпечки могут быть: уточнение производственной рецептуры и параметров режима приготовления теста, расстойки и выпечки из смеси муки, намеченной лабораторией для ближайшего периода; установление величин отдельных технологических потерь и выхода хлеба или какое-либо другое назначение.

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА РЖАНОЙ МУКИ

Качество ржаного хлеба определяется его вкусом, ароматом, формой, объемом, окраской и состоянием корки, разрыхленностью, структурой пористости, цветом мякиша и распыляемостью подового хлеба. Однако значение отдельных показателей в оценке качества ржаного и пшеничного хлеба различно.

Так, например, объем хлеба и структура пористости его мякиша очень сильно колеблются в хлебе из разных партий пшеничной муки и поэтому являются весьма важными показателями хлебопекарного достоинства пшеничной муки. У хлеба из разных партий ржаной муки, особенно муки обойного помола, эти показатели колеблются (по сравнению с хлебом, выпеченным из разных партий пшеничной муки) меньше. Поэтому в оценке хлебопекарного достоинства ржаной муки указанные показатели играют практически второстепенную роль.

У ржаного хлеба весьма большое значение имеют такие свойства мякиша, как степень его липкости, заминаемость и влажность или сухость на ощупь.

Для ржаной муки цвет и способность ее к потемнению в процессе производства хлеба важны только при оценке качества сеяной муки.

У ржаного хлеба, особенно из обойной и обдирной муки, по сравнению с пшеничным, наблюдается меньший объем, более темнокрашенные мякиш и корка, меньший процент пористости и более липкий мякиш.

Сказанное о качестве ржаного хлеба обусловлено некоторыми специфическими особенностями углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов зерна ржи и ржаной муки.

Углеводно-амилазный комплекс ржаной муки

Углеводно-амилазный комплекс зерна ржи и ржаной муки имеет некоторые специфические отличия.

Ржаная мука содержит большее количество собственных сахаров, чем пшеничная. Наряду с этим ржаная мука содержит значительно больше левулезанов, водорастворимых коллоидных полисахаридов-полифруктозидов, могущих образовывать при гидролизе фруктозу (левулезу).

Крахмал ржаной муки начинает клейстеризоваться при 52–55 °С, т. е. при температуре более низкой, чем крахмал пшеничной муки (60–67 °С).

Атакуемость крахмала ржаной муки при действии амилолитических ферментов также несколько выше по сравнению с крахмалом пшеничной муки.

Этому способствует и то, что процесс клейстеризации крахмала ржаной муки, очень сильно повышающий его атакуемость, начинается ранее и при температуре, при которой, несмотря на повышенную кислотность, β -амилаза еще не инактивирована, α -амилаза находится в оптимальной температурной зоне действия.

Амилазы в зерне ржи и ржаной муки представлены α - и β -амилазой. Однако в отличие от зерна пшеницы в нормальном непроросшем зерне ржи содержится известное, практически значимое количество активной α -амилазы. При прорастании зерна ржи активность α -амилазы, как и в зерне пшеницы, во много раз возрастает.

Таким образом, ржаная мука отличается большим содержанием собственных сахаров, более низкой температурой клейстеризации крахмала, большей его атакуемостью и наличием в муке из непроросшего зерна практически значимых количеств α -амилазы.

В связи с этим сахаро- и газообразующая способность ржаной муки практически не может являться фактором, лимитирующим ее хлебопекарные свойства. Сахаро- и газообразующая способность ржаной муки всегда более чем достаточна.

Отмеченные выше специфические отличия ржаной муки имеют большое технологическое значение.

Действие присутствующих в ржаной муке β - и α -амилаз на ее крахмал, клейстеризующийся при более низкой температуре и более легко атакуемый, может привести к тому, что значительная часть крахмала в процессе брожения теста и выпечки хлеба будет гидролизована. Вследствие этого крахмал выпекаемой ржаной тестовой заготовки может оказаться неспособным связать всю влагу теста. Наличие части свободной влаги, не связанной крахмалом, будет делать мякиш хлеба влажноватым на ощупь.

Наличие же α -амилазы, особенно при недостаточной кислотности теста, приводит при выпечке хлеба к накоплению значительного количества декстрина, придающего мякишу липкость. Поэтому мякиш ржа-

ного хлеба вообще более липок и влажен на ощупь по сравнению с мякишем пшеничного хлеба. Повышенная активность α -амилазы в ржаной муке обычно является основной причиной дефектности ржаного хлеба по реологическим свойствам его мякиша. В связи с этим кислотность ржаного теста с целью торможения действия α -амилазы приходится поддерживать на уровне, значительно более высоком, чем в пшеничном тесте.

К углеводному комплексу ржаной муки относятся и водорастворимые пентозаны («слизи»).

Напомним, что при примерно одинаковом общем количестве пентозанов в зерне пшеницы и ржи содержание водорастворимых пентозанов в зерне ржи в 2 раза выше, чем в зерне пшеницы.

Слизи ржаной муки существенно отличаются от слизей пшеничной муки и по ряду других признаков.

Установлено, что в слизях зерна ржи и пшеницы соотношение арабиноксиановой фракции с разветвленной структурой и неразветвленной глюкозановой фракции неодинаково. В слизях ржи доля разветвленной арабиноксиановой фракции значительно выше, чем в слизях пшеницы.

Еще более резкие различия имеются в степени полимеризации и молекулярной массе этих фракций. Так, например, арабиноксилан слизей ржи имеет молекулярную массу 173 000 и степень полимеризации 1311. Для слизей же пшеницы эти значения соответственно равны 38 800 и 294, т. е. в 4,5 раза ниже. Молекулярная масса глюкозана слизей ржи — 64 200, а у слизей пшеницы — 33 700, т. е. почти в 2 раза ниже.

Более высокая степень полимеризации компонентов слизей ржи и является, очевидно, основной причиной того, что вязкость их водных растворов во много раз выше, чем растворов слизей пшеницы той же концентрации.

Вязкостные свойства слизей ржаной муки существенно возрастают даже при кратковременном хранении ее при температурах от 18–20 до 40 °С.

Показано, что слизи ржи очень гидрофильны. Объем их при гидратации увеличивается на 800%. Вязкость водных растворов слизей намного превышает вязкость растворов желатина той же концентрации. Поэтому слизи влияют на консистенцию ржаного теста, уменьшая его разжижение при брожении.

В зерне ржи имеются ферменты, способные дезагрегировать высокомолекулярные компоненты слизей. Активность этих ферментов существенно возрастает при прорастании зерна ржи.

Наличие в ржаных слизях разветвленной арабиноксиановой фракции, высокая степень их полимеризации, несомненно, способствует образованию комплексов слизей с белковыми веществами и с крахмалом в зерне ржи, ржаной муке и особенно в ржаном тесте.

Имеющиеся данные позволяют считать, что слизи существенно влияют на реологические свойства ржаного теста, на его консистенцию и газодерживающую способность, на амилолиз и клейстеризацию крахмала в процессе выпечки хлеба, а в результате этого и на такие показатели качества хлеба, как его объем, структура и реологические свойства мякиша и даже скорость черствения хлеба. На технологическую роль слизей может влиять и содержание их в муке, и степень полимеризации, и интенсивность их распада в тесте под действием соответствующих ферментов (полисахараз).

Можно полагать, что технологически оптимальным является лишь определенное содержание слизей в муке и известная степень их полимеризации, обуславливаемая рядом факторов и в их числе интенсивностью ферментативной деструкции слизей в процессе приготовления теста.

Белково-протеиназный комплекс ржаной муки

Многие исследователи считают, что отмеченные выше особенности углеводно-амилазного комплекса ржаной муки определяют ее хлебопекарное качество. В связи с этим широко распространено мнение о том, что белково-протеиназный комплекс ржаной муки не играет сколько-нибудь существенной роли в хлебопекарном достоинстве ржаной муки.

Такое мнение явно ошибочно. Белково-протеиназный комплекс ржаной муки имеет несомненное влияние на хлебопекарное достоинство муки.

Белковые вещества ржаной муки имеют некоторое сходство с белками пшеничной муки. Так, из белковых веществ ржаной муки также можно выделить глиадиновую и глютеиновую фракции.

По аминокислотному составу белки ржи также близки к белкам пшеницы, отличаясь несколько более высоким содержанием отдельных дефицитных в питании человека аминокислот (лизина и треонина).

Отличительной особенностью белковых веществ ржаной муки является их способность к весьма быстрому и интенсивному набуханию. При этом значительная часть белка набухает неограниченно и пептизируется, переходя в вязкий коллоидный раствор.

На растворимость белков ржаной муки в тесте большое влияние оказывает степень кислотности теста. В связи с этим в ржаном тесте пептизированная часть белков образует вязкую жидкую фазу, в которой диспергированы зерна крахмала, частицы ограниченно набухшего белка и отрубистые частицы муки. В этой жидкой фазе находятся также слизи и другие водорастворимые составные части ржаного теста. Поэтому реологические свойства ржаного теста в значительной мере зави-

сят от способности белков муки пептизироваться, переходя при этом в состояние коллоидного раствора.

Как слишком сильная, так и слишком слабая пептизация белков ржаной муки может привести к получению теста с реологическими свойствами, не являющимися оптимальными для получения хлеба хорошего качества.

Другая особенность белков ржаной муки — они не способны, несмотря на наличие глиадиновой и глютелиновой фракций, к образованию упругопластичного пространственного губчатого структурного каркаса теста. Общеизвестно, что из ржаной муки обычными методами отмыть водой клейковину невозможно¹, несмотря на наличие в белках ржи и глиадиновой, и глютелиновой фракций.

Фелленберг еще в 1919 г. предположительно объяснял это тем, что наличие в ржаной муке слизей, набухающих в присутствии воды и обволакивающих в тесте частицы белка, препятствует образованию из них связной массы — клейковины.

Последующими работами было показано, что клейковина из ржаной муки может быть выделена, если применять для этого специальные методы.

Наиболее эффективен способ, при котором из ржаной муки методом Гесса (фракционированием по плотности в смеси бензола с хлороформом, центрифугированием и затем высушиванием) получали препарат так называемого «промежуточного» белка ржи. Из этого продукта с добавлением воды или 2%-ного раствора хлорида натрия замешивали тесто, из которого затем легко отмывалась водой клейковина, очень близкая по свойствам к клейковине, отмываемой из слабой пшеничной муки.

Добавление к препарату промежуточного белка перед замешиванием из него теста определенных количеств ржаных слизей делало уже невозможным отмывание из этого теста клейковины.

Таким образом, представления Фелленберга о слизи зерна ржи как факторе, препятствующем образованию связной клейковины, получили прямое экспериментальное подтверждение.

Установлена и способность белков ржи к образованию комплексов со ржаными слизями в их растворах. Можно предполагать, что образование этих комплексов в присутствии воды обуславливает невозможность как отмывания клейковины из ржаной муки, так и образования клейковинного каркаса в ржаном тесте.

Отсутствие в ржаном тесте клейковинного каркаса и пептизация значительной части белков обуславливают специфические реологические свойства ржаного теста.

¹ П. Н. Шibaев еще в 1944—1948 гг. сообщал, что ему при определенных условиях удалось отмыть из ржаной муки некоторое количество белковой массы, напоминающей клейковину.

Характерной для деформационной характеристики ржаного теста является его высокая вязкость и резко пониженная величина упругой деформации.

Количество белковых веществ в ржаной муке также оказывает влияние на ее хлебопекарные свойства. Слишком низкое или слишком высокое содержание белковых веществ в ржаной муке отрицательно сказывается на качестве хлеба. Резко повышенное содержание белковых веществ в ржаной муке приводит к получению хлеба пониженного объема, с недостаточно развитой, толстостенной и грубой пористостью.

Можно предполагать, что вследствие отмеченных выше особенностей белки ржаной муки относительно более легко атакуются протеиназой.

Установлено, что протеиназа ржаной муки также является ферментом типа папаина, способным активироваться восстановителями, содержащими сульфгидрильную группу, и инактивироваться такими окислителями, как бромат калия и пероксид водорода.

Зона рН в пределах 4,0–5,0 оптимальна для действия протеиназы ржаной муки.

Если учитывать, что протеиназа ржаной муки также обладает резко выраженным дезагрегирующим действием, то ее роль в изменениях белков ржаного теста, обладающих, по-видимому, повышенной атакующестью, может быть достаточно существенной.

Дезагрегация белков ржаного теста протеиназой, очевидно, повышает их способность цементировать и переходить в состояние коллоидного раствора.

Помимо влияния на белки теста и вследствие этого — на реологические свойства теста, протеиназа ржаной муки оказывает косвенное, как бы вторичное действие на углеводно-амилазный комплекс теста. Чем интенсивнее идет в тесте протеолиз, тем больше будет высвобождаться из белкового субстрата адсорбционно связанных им амилаз и тем пространственно доступнее действию амилаз будет крахмал.

Как показали работы отечественных исследователей, улучшающее влияние гидротермической обработки проросшего зерна ржи и сушки влажного проросшего зерна при повышенной температуре в основном обусловлено изменениями, происходящими в белково-протеиназном комплексе зерна.

Опыты по прогреву ржаной муки позволяют предполагать, что известную роль может играть и повышение степени полимеризации слизей.

На основании сказанного можно заключить, что, хотя ведущая роль с точки зрения влияния на хлебопекарные свойства ржаной муки принадлежит ее углеводно-амилазному комплексу, нельзя недооценивать и значения ее белково-протеиназного комплекса.

Цвет ржаной муки и ее способность к потемнению в процессе приготовления хлеба

Выше уже отмечалось, что цвет муки и способность ее к потемнению в процессе приготовления хлеба является характерным показателем качества только для ржаной сеяной муки.

Ржаная обойная и обдирная мука дает хлеб с весьма интенсивно окрашенным мякишем. Обусловлено это не цветом муки, а повышенной способностью ее к потемнению в процессе приготовления хлеба.

Периферические частицы зерна ржи весьма богаты полифенолоксидазой (тирозиназой) и тирозином, поэтому цвет ржаной муки этих сортов практически не имеет значения.

Иначе обстоит дело с ржаной сеяной мукой. Хлеб из нее имеет сравнительно светлоокрашенный мякиш. Поэтому определение цвета сеяной муки и способности ее к потемнению целесообразно и необходимо.

Для определения этих показателей сеяной муки рекомендованы те же методы, что и для пшеничной муки.

Крупность ржаной муки

Размеры частиц ржаной муки или крупность помола являются существенным показателем ее хлебопекарного достоинства. Значение этого показателя определяется факторами, рассмотренными при изложении значения крупности помола пшеничной муки.

Дополнительно следует отметить, что особое значение имеет вопрос о крупности помола ржаной обойной муки. Выпечки хлеба из ржаной обойной муки обычного и укрупненного помола, проводившегося как в лабораторных, так и в производственных условиях, показали, что в результате укрупнения помола весовой выход хлеба снижается, качество его несколько ухудшается и усвояемость уменьшается. Наоборот, более мелкий помол обойной муки, как показали физиологические исследования, повышает усвояемость хлеба — его белков, минеральных веществ и клетчатки.

Физиологические опыты показали, что дополнительно измельченные отруби, добавленные к обойной муке, повышали усвояемость белковых веществ хлеба примерно на 10%.

Таким образом, более тонкое измельчение обойной муки весьма целесообразно.

Методы определения хлебопекарного достоинства ржаной муки

Зерно ржи как по погодно-климатическим условиям области культивирования, так и по своим свойствам чаще и легче подвергается прорастанию.

Прорастание зерна ржи, сопровождающееся значительной активацией его ферментов — протеиназы и особенно α -амилазы, чаще всего является причиной неполноценности и даже дефектности ржаной муки в хлебопекарном отношении. Тесто из такой муки в процессе брожения быстро и сильно разжижается. Хлеб имеет интенсивно окрашенную корку и липкий, легко заминающийся мякиш. Подовый хлеб очень расплывчат.

В результате активации ферментов прорастание зерна обуславливает и соответствующее увеличение автолитической активности муки, получаемой из него.

Следует отметить, что активность ферментов и автолитическая активность зерна ржи, находящегося в условиях, благоприятных для прорастания, начинает заметно увеличиваться еще до появления на зерне видимого ростка.

В основе большинства методов установления хлебопекарных свойств ржаной муки лежит определение отдельных компонентов, обуславливающих ее автолитическую активность.

Ряд методов имеет в основе определение действия ферментов ржаной муки или вытяжек из нее на «чужеродный» муке субстрат, например на растворимый крахмал. В основе других методов лежит определение действия ферментов ржаной муки в условиях, когда субстратом для их действия являются соответствующие составные вещества того же образца муки.

Мы отдаем предпочтение этим собственно автолитическим методам. При этом мы исходим из того, что интенсивность ферментативных процессов при приготовлении теста при выпечке хлеба зависит не только от активности ферментов, но и от степени податливости их действию соответствующих субстратных веществ муки.

В связи с этим ниже мы рассмотрим лишь методы, предусматривающие определение тех или иных изменений в смесях исследуемой муки и воды (суспензия или тесто). При этом мы ограничимся методами, наиболее широко применяемыми в производственных лабораториях мельниц и хлебозаводов.

Определение автолитической активности ржаной муки по ГОСТу 27495–87. Этот метод предусматривает определение автолитической активности муки по способности ее при прогреве водно-мучной суспензии накапливать то или иное количество водорастворимых веществ.

Определение автолитической активности муки этим методом состоит в следующем. Суспензию из 1 г муки и 10 мл дистиллированной воды в фарфоровом тигле прогревают в кипящей водяной бане в течение 15 мин, затем разбавляют до установленной степени дистиллированной водой. Охлажденный автолизат фильтруют и в фильтрате с помощью рефрактометра определяют содержание сухих веществ, выражаемое в процентах на сухое вещество муки.

Подробное описание этого определения содержится в соответствующих руководствах и лабораторном практикуме [27, работы 16 и 17].

Чем выше автолитическая активность ржаной муки, определяемая по ГОСТу (АА_{ГОСТ}), тем соответственно выше содержание водорастворимых веществ, определенное данным методом.

Определение консистенции теста из ржаной муки и воды после автолиза при температуре 35 °С. Чем выше автолитическая активность ржаной муки, тем быстрее и больше разжижается тесто из нее в процессе его автолиза.

Исходя из этого была разработана методика определения автолитической активности ржаной муки по консистенции теста из нее заданной влажности после 60 мин автолиза при 35 °С. Численное значение K_{60} теста определялось сначала на консистомере погружения МОСКИП, а затем на современных автоматизированных пенстромтрах. Чем выше автолитическая активность муки, тем выше численное значение K_{60} теста.

Детали проведения определения изложены в лабораторном практикуме [27, работа 18].

Определение хлебопекарного достоинства ржаной муки с помощью амилографа. Амилограф представляет собой ротационный вискозиметр, во время определения гра-

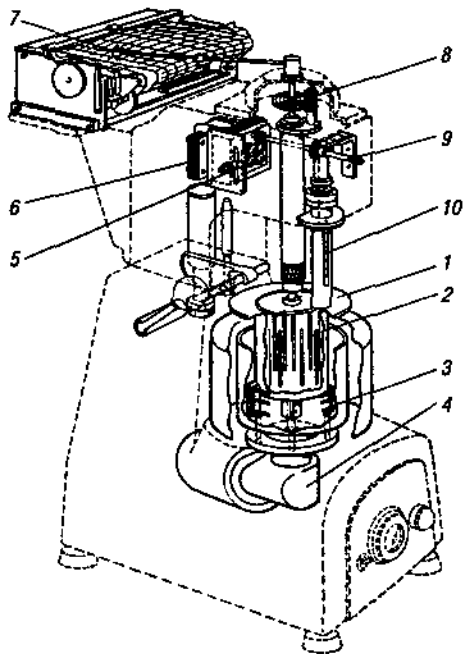


Рис. 10. Схема амилографа:

1 — вращающийся сосуд; 2 — штифты диска системы; 3 — электроннагревательные элементы; 4 — электропривод для вращения сосуда; 5 — передача от электродвигателя; 6 — синхронный электродвигатель; 7 — перо самопишущего устройства; 8 — пружина; 9 — рукоятка стержня для перемещения контакта термометра; 10 — контактный термометр

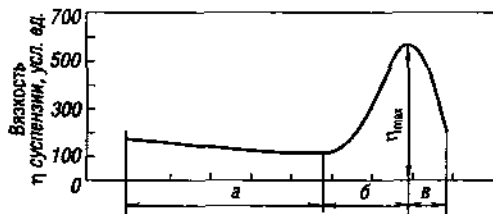


Рис. 11. Схема амиллограммы ржаной муки

вращении сосуда прогревается от начальной температуры 25°C с постоянной скоростью $1,5^{\circ}\text{C}$ в 1 мин. На ленте самописца через 5 вычерчивает кривую, отражающую изменение вязкости прогреваемой суспензии. Лента самопишущего устройства амиллографа разделена по длине линиями, являющимися масштабом времени (в минутах), а по ширине — линиями, являющимися масштабом вязкости в пределах от 0 до 1000 условных единиц.

На рис. 11 приведена примерная кривая изменения вязкости (амиллограмма), полученная при испытании ржаной муки на амиллографе.

На амиллограмме различают три части:

а — часть кривой, характеризующая изменение вязкости суспензии в период до начала процесса клейстеризации крахмала муки. За это время температура суспензии возрастает от 25°C до температуры начала клейстеризации крахмала муки (для ржаной муки $52-55^{\circ}\text{C}$). В течение этого времени в исследуемой водно-мучной суспензии происходят процессы, по-разному влияющие на ее вязкость: повышение температуры суспензии и вызванное этим усиление дезагрегирующего и гидролитического действия ферментов муки снижают вязкость суспензии, а процессы набухания и пептизации коллоидных веществ муки, в первую очередь белков, слизи и части декстринов, увеличивают ее вязкость. Соотношение интенсивности этих двух групп процессов и определяет изменение кривой вязкости суспензии за этот период. Обычно преобладают факторы, снижающие вязкость суспензии, поэтому кривая амиллограммы на этом участке характеризуется известным снижением вязкости;

б — часть кривой с момента начала клейстеризации крахмала муки до достижения максимума вязкости суспензии. Этот участок кривой амиллограммы характеризуется быстрым нарастанием вязкости, вызываемым процессом клейстеризации крахмала, которая начинается с интенсивного набухания его зерен и вызванного этим постепенного разрушения их структуры. Водно-мучная суспензия в результате этого превращается во все более густую и вязкую клейстерообразную массу.

Дальнейшее нагревание крахмального клейстера, вызывающее полное разрушение остатков набухших зерен крахмала, приводит к замедлению нарастания, а затем и к постепенному снижению вязкости суспензии.

Очень большое влияние на нарастание вязкости суспензии в период ее клейстеризации оказывают амилолитические ферменты муки, в первую очередь более термостойкая α -амилаза, обладающая резко выраженным разжижающим действием на крахмальный клейстер. Чем выше автолитическая активность муки, особенно активность в ней α -амилазы, тем раньше и интенсивнее начнется разжижение клейстера и тем ниже будет максимум вязкости (η_{\max}) суспензии.

фически фиксирующий на ленте самопишущего прибора изменения вязкости водно-мучной суспензии.

Схема амиллографа приведена на рис. 10.

В сосуд 1 амиллографа вносятся водно-мучная суспензия из 80 г исследуемой муки и 450 мл воды, которая при непрерывном

Чем выше численное значение η_{\max} суспензии, выражаемое в условных единицах прибора, тем ниже автолитическая активность муки;

θ — участок кривой с момента достижения суспензией максимума вязкости, отражающий снижение вязкости суспензии в результате действия отмеченных выше факторов.

Поскольку показателем, определяющим хлебопекарное достоинство муки, является значение η_{\max} , опыт обычно прекращают, как только выяснится, что кривая амилограммы уже перешла через точку, характеризующую максимум вязкости суспензии.

В ряде работ отечественных исследователей было показано, что для оценки хлебопекарных свойств ржаной муки можно с успехом применять определение изменения вязкости водно-мучной суспензии на амилографе и при определенной постоянной температуре (обычно при 35 °С в течение 10 или 15 мин).

Определение числа падения по методу Хагберга–Пертена. Сущность этого метода, разработанного в 1961 г., заключается в следующем.

Навеску в 7 г муки¹ (или тонко измельченного зерна) и 25 мл дистиллированной воды (20 °С) смешивают 20-кратным встряхиванием вручную в стеклянной, строго калиброванной пробирке вискозиметрического устройства. Затем в пробирку вставляют пробку, через отверстие в которой пронужен стержень с кольцеобразным смешивающим органом на нижнем конце. Стержень снабжен ограничителями его перемещения по вертикали и служит на первом этапе определения как смеситель прогреваемой суспензии, а на завершающем этапе — как тело погружения.

Пробирку помещают в вертикальном положении в кипящую водяную баню и одновременно включают секундомер. Точно через 5 с начинают перемешивание суспензии поднятием и опусканием вручную стержня-смесителя. Подъем и опускание его должны длиться 1 с. Точно через 60 с с момента помещения пробирки в кипящую баню стержень поднимают до отказа вверх и отпускают для свободного «падения». Когда стержень опустится до соприкосновения верхнего ограничителя с поверхностью пробки, секундомер останавливают.

Общее количество отсчитанных секунд (60 с прогрева + количество секунд на свободное погружение стержня) принимается за величину числа падения (сокращения — ЧП). Чем выше автолитическая активность муки, тем меньше величина ЧП.

Определение ЧП по Хагбергу–Пертену в 1968 г. было стандартизовано Международным обществом химии зерна (стандарт № 107) в качестве метода измерения активности α -амилазы зерна и муки.

Однако, исходя из описанного выше принципа этого определения, ЧП является показателем не активности α -амилазы зерна или муки, а суммарной автолитической их активности.

Наряду с α -амилазой в разжижении прогреваемой водно-мучной суспензии существенную роль играют и другие гидролитические и дез-

¹ При резко повышенной автолитической активности зерна или муки ее навеска увеличивается до 9 г.

агрегирующие ферменты, в частности протеиназы, активность которых также возрастает при прорастании зерна.

В настоящее время для определения ЧП производятся также и автоматизированные приборы.

Определение консистенции водно-мучной массы, клейстеризованной электроконтактным прогревом. В МТИППе была разработана также метод определения автолитической активности ржаной муки по численному значению показателя $K_{эж}$, характеризующего определяемую на пепетрометре консистенцию водно-мучной массы, предварительно клейстеризованной электроконтактным прогревом до 75°C^1 .

Определение заключается в следующем. Водно-мучная масса готовится с влажностью, постоянной для каждого сорта муки (для обойной муки 70%, обдирной 69 и сеяной 68%), при комнатной температуре.

Электроконтактный прогрев водно-мучной массы осуществляется на созданном для этого автоматизированном приборе в прямоугольном продолговатом сосуде из незлектропроводного материала, разделенном поперечными перегородками из этого же материала на три отделения. Вдоль двух противоположных внутренних поверхностей длинных боковых стенок этого сосуда вставлены пластины — электроды. Все три отделения сосуда заполняются водно-мучной массой. В одно из отделений опускается конец контактного термометра установки. После подключения электродов сосуда в электрическую цепь водно-мучная смесь равномерно во всей ее массе прогревается и примерно через одну минуту достигает заданной температуры (75°C), после чего электрическая цепь нагрева автоматически размыкается. После этого сосуд с клейстеризованной водно-мучной массой переносится на подъемный столик пепетрометра, на котором и производится последовательно в двух отделениях сосуда определение $K_{эж}$ — глубины погружения в прогретую массу в течение 5 с тела погружения конической формы при общей массе системы погружения 50 г.

Чем выше автолитическая активность ржаной муки, тем больше численное значение $K_{эж}$, выражаемое в единицах прибора.

Другие методы определения автолитической активности ржаной муки. Для определения хлебопекарной способности ржаной муки был разработан и ряд других автолитических методов.

Так, в ряде стран для этой цели определяют *сахарообразующую способность (мальтозное число)* ржаной муки. В основе этого лежит определение количества мальтозы, образовавшейся в водно-мучной суспензии за 1 ч ее автолиза при 27°C (см. описанное выше определение сахарообразующей способности пшеничной муки).

Фреде² предложил определять автолитическую активность прогретой ВМС по *растекаемости* определенной ее порции на поверхности стеклянной пластины, под которую подложен лист с 15 концентрическими окружностями с равномерно возрастающими величинами диаметра.

¹ А. С. 159691 (СССР). — Б. И., 1964. № 1.

² *Frede L. Einfache Methods zur Ermittlung der Roggenmehlqualität. — Brot und Gebäck, 1970. — № 5. — S. 94—96.*

ВМС выливается над центром наименьшей окружности. Чем выше автолитическая активность муки, тем больше будет диаметр окружности, до которой за заданный период времени растечется определенная порция прогретой ВМС.¹

Сравнительная оценка отдельных автолитических методов определения хлебопекарного достоинства ржаной муки. Описанные выше автолитические методы можно разделить на две группы.

К первой группе можно отнести методы, предусматривающие прогрев водно-мучной смеси (суспензии или теста) до температуры, значительно превышающей температуру начала клейстеризации ржаного крахмала (-55°C). Клейстеризованный крахмал, как уже отмечалось, гидролизует амилазами во много раз легче и быстрее, чем неклеястеризованный. Поэтому при применении таких методов создаются оптимальные в отношении атакуемости крахмала и температуры условия для его амилолиза в результате автолитического действия. По температурному режиму эти условия приближаются к тем, которые наблюдаются в выпекаемой тестовой заготовке.

Такие методы можно условно именовать *горячими методами*.

К числу показателей автолитической активности ржаной муки, определяемых горячими методами, можно отнести: $\text{AA}_{\text{ГОСТ}}$, η_{max} -амилограммы, ЧП и $K_{\text{эк}}$.

Ко второй группе — *холодных методов* — относятся те, при применении которых температура водно-мучной смеси существенно ниже температуры клейстеризации крахмала.

Из рассмотренных нами методов к холодным можно отнести: определение K_{60} теста после автолиза при 35°C ; определение сахарообразующей способности (мальтозного числа) муки (27°C); определение газообразующей способности теста (30°C) и определение распыляемости (D_{180}) шарика теста (30°C).

На рис. 12 приведен график, показывающий характер изменения отдельных показателей автолитической активности (K_{60} , $K_{\text{эк}}$, ЧП, $\text{AA}_{\text{ГОСТ}}$ и η_{max} -амилограммы) у обойной муки из нормального зерна (Об-Н), из зерна, которое проращивалось 3 сут (Об-ПЗ), и в смесях муки Об-Н с 15, 25 и 50% муки Об-ПЗ.

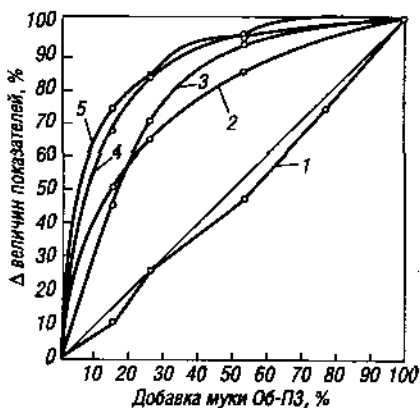


Рис. 12. Влияние добавления к муке Об-Р муки Об-ПЗ на изменение показателей:

1 — K_{60} ; 2 — $K_{\text{эк}}$; 3 — ЧП; 4 — $\text{AA}_{\text{ГОСТ}}$; 5 — η_{max}

¹ Метод Фреде для определения автолитической активности был модифицирован ЛО ВНИИХП.

Чтобы исключить несопоставимость численных значений и размерностей отдельных показателей, на оси ординат графика отложены относительные величины изменения (Δ) определявшихся показателей, выраженные в процентах к численному значению показателя у муки Об-Н. За 100% принята разность значений данного показателя у муки Об-ПЗ и Об-Н.

Если бы численные значения показателей изменялись строго пропорционально проценту добавляемой муки из проросшего зерна (Об-ПЗ), то значения Δ этих показателей должны были бы располагаться на прямой, нанесенной на графике тонкой линией.

Рассмотрение графика на рис. 12 позволяет отметить следующее.

1. Изменение численных значений показателя, определяемого холодным методом, строго пропорционально количеству в смеси муки из проросшего зерна. Значения ΔK_{60} лежат почти непосредственно на линии их расчетных значений.

2. Численные значения всех показателей, определявшиеся горячими методами (η_{\max} , АА_{ГОСТ}, $K_{\text{эк}}$ и ЧП), изменяются очень резко при малых добавках муки из проросшего зерна. При увеличении количества добавляемой муки из проросшего зерна численные значения этих показателей продолжают изменяться, но в значительно меньшей степени, чем при малых добавках. Это связано, очевидно, с тем, что оптимальные для амилолиза температурные условия и повышенная атакуемость субстрата приводят к автолизу его основной части уже при относительно малых добавках муки из проросшего зерна.

Отмеченная особенность горячих методов наиболее резко проявляется в изменении величин η_{\max} -амилограммы и АА_{ГОСТ} муки. В относительно меньшей степени это относится к показателям ЧП и $K_{\text{эк}}$.

3. Из изложенного выше следует, что горячие методы определения хлебопекарных свойств ржаной муки особенно целесообразно применять для оценки муки из зерна с небольшим содержанием незрелых проросших зерен.

Для характеристики свойств муки из зерна с большей степенью пророслости и значительным содержанием проросших зерен предпочтительнее холодные методы, например определение K_{60} теста.

На рис. 13 и 14 приведены графики изменения численных значений показателей K_{60} теста и η_{\max} -амилограмм при добавках к муке из непроросшего зерна одних и тех же количеств (3, 5, 10, 15 и 20%) муки из зерна различной степени пророслости (Об-П1, Об-ПЗ и Об-П5).

Рассмотрение этих графиков показывает, что одинаковые добавки муки из зерна разной степени пророслости приводят к получению смеси с совершенно различными хлебопекарными свойствами. Так, добавление 5% муки Об-П1, Об-ПЗ и Об-П5 приводило к получению смеси со значениями K_{60} , соответственно равными 92, 134 и 253 ед. прибора, и значениями η_{\max} , равными 298, 144 и 85 ед. прибора.

Была исследована взаимозависимость между численными значениями отдельных показателей автолитической активности ржаной

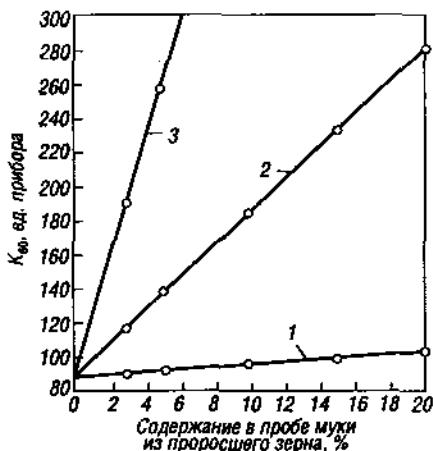


Рис. 13. Изменение численных значений K_{60} при добавлении к муке Об-Н муки:
1 — Об-П1; 2 — Об-П3; 3 — Об-П5

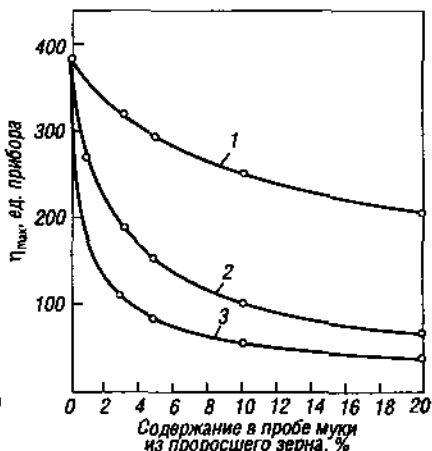


Рис. 14. Изменение численных значений η_{\max} -амилограмм при добавлении к муке Об-Н муки:
1 — Об-П1; 2 — Об-П3; 3 — Об-П5

обойной и сеяной муки, полученной из нормального непроросшего зерна, и смесей ее с добавками до 10% муки из зерна ржи, прорастивавшегося в течение 1 и 3 сут. В этих образцах и смесях муки определялись численные значения показателей: $A_{\text{ГОСТ}}$, η_{\max} , ЧП, $K_{\text{эк}}$, K_{60} . Были определены значения коэффициента корреляции (r) между численными значениями отдельных этих показателей, приводимые в табл. 6.

Величины r , приведенные в табл. 6, позволяют отметить, что в пределах автолитической активности, которая может быть у муки из зерна ржи с содержанием до 10% проросших зерен, все сопоставляемые показатели практически одинаковой достоверностью отражают это свойство муки.

Таблица 6

Сопоставляемые показатели		$r_{x, y}$	
x	y	Мука сеяная	Мука обойная
$K_{\text{эк}}$	η_{\max}	$-0,931 \pm 0,053$	$-0,991 \pm 0,0067$
$K_{\text{эк}}$	K_{60}	$0,978 \pm 0,0175$	$0,922 \pm 0,0321$
$K_{\text{эк}}$	$AA_{\text{ГОСТ}}$	$0,902 \pm 0,076$	$0,982 \pm 0,0135$
$K_{\text{эк}}$	ЧП	$-0,943 \pm 0,0221$	$-0,986 \pm 0,0098$
$AA_{\text{ГОСТ}}$	ЧП	$-0,968 \pm 0,0246$	$-0,945 \pm 0,041$
K_{60}	η_{\max}	$-0,944 \pm 0,043$	$-0,865 \pm 0,0963$
K_{60}	$AA_{\text{ГОСТ}}$	$0,992 \pm 0,0065$	$0,879 \pm 0,089$
K_{60}	ЧП	$-0,941 \pm 0,0462$	$-0,934 \pm 0,0054$

В лабораториях хлебозаводов предпочтительно определение K_{60} ржаной муки на пенетрометре, так как этот прибор может быть использован и для ряда других определений ($N_{сж}$ клейковины, K_{60} пшеничного теста, сжимаемость, пластичность и упругие свойства мякиша хлеба).

В лабораториях, имеющих прецизионные рефрактометры, может определяться $AA_{ГОСТ}$ ржаной муки.

Для характеристики же автолитической активности зерна ржи предпочтительнее определение числа падения на приборе Хагберга—Пертена при измельчении зерна на специальной мельничке, входящей в комплект прибора.

В настоящее время разработаны автоматизированные приборы для определения ЧП: «Амилотест» (МГУПП), ПЧП (ВНИИЗ). Показатель ЧП включен в стандарты ряда стран, в том числе в РФ — ГОСТ 7045 на ржаную муку.

Пробные выпечки из ржаной муки. Лабораторные пробные выпечки из ржаной муки применяются в исследовательских работах, связанных с оценкой хлебопекарного достоинства зерна отдельных сортов ржи и ржаной муки. Для этой цели разработан ряд методик проведения лабораторных пробных выпечек из ржаной муки различных сортов (различного выхода).

Многие из этих методик предусматривают использование заквасок, приготовленных на исследуемой муке, в качестве препарата бродильной микрофлоры. Длительность и многофазность выделения этих заквасок, неустойчивая и неодинаковая бродильная активность их и трудность сохранения заквасок в активном состоянии делают проведение лабораторных пробных выпечек этим методом практически мало надежным.

В последние годы при исследовании хлебопекарных свойств ржаной муки типа производимой у нас в стране сеяной муки все чаще применяют пробные выпечки с приготовлением теста не на заквасках, а на дрожжах, с добавлением пищевой молочной, а в отдельных методиках и уксусной и лимонной кислоты. Приготовление теста производится в одну или две фазы.

Пробные выпечки из ржаной муки в производственных лабораториях нашей хлебопекарной промышленности не производятся, а хлебопекарные свойства данной муки оцениваются по показателям ее автолитической активности.

МУКА ИЗ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ

Над созданием новой зерновой культуры — *тритикале* — уже с конца прошлого века работают селекционеры многих стран. Целью со-

здания тритикале¹ путем скрещивания пшеницы и ржи было сочетание в этой культуре лучшего в свойствах ее прародителей: от пшеницы пужно было получить более высокую урожайность и большее содержание белка, от ржи — меньшую требовательность к почве, климату и погодным условиям (зимостойкость), большую стойкость к заболеваниям и лучший аминокислотный состав белка.

Большой вклад в создание видов и сортов тритикале, отвечающих этим требованиям, внесли селекционеры многих стран. Украинскими селекционерами были созданы трехвидовые (из твердой и мягкой озимой пшеницы и озимой ржи) амфидиплоиды (далее сокращенно — АД) сортов АД-196, АД-201, АД-206 и АД-209.

Эти сорта успешно прошли государственные производственные соргоиспытания. Наиболее перспективным, особенно для получения зерна хлебопекарного назначения, был признан сорт АД-206.

Поскольку он наиболее урожайный и содержит количество белка, в ряде случаев даже больше, чем в зерне пшеницы. От ржи этот сорт получил высокую зимостойкость и сопротивляемость ряду заболеваний.

Содержание в белке злаков наиболее дефицитной аминокислоты лизина, а также метионина в зерне тритикале существенно выше, чем в зерне пшеницы, но несколько ниже, чем в зерне ржи.

По таким показателям хлебопекарных свойств как автолитическая активность, характер амилограмм, число падения эти сорта приближаются ко ржи. Клейковина характеризуется как «слабая» по силе. Технология производства хлеба из указанных сортов тритикале у нас в стране разрабатывалась Е. И. Ведерниковой, Л. Я. Ауэрманом, Т. И. Чумак, Н. П. Козьминой и др.

Промышленное производство изделий из тритикалевой муки не было осуществлено в связи с тем, что по качеству эти изделия были аналогичны изделиям из ржаной и ржано-пшеничной муки.

В последние годы в РФ селекционированы новые сорта тритикале, отличающиеся по хлебопекарным и биохимическим свойствам в зависимости от преобладания генома родительских форм ржи или пшеницы.

Так, селекционированные в последние годы новые сорта АД-60, АД-26, АД-44, АД-314, Виктор и др. с преобладанием фенотипа ржи, характеризовались улучшенными свойствами, а в сортах многозерный2, многозерный3, X-42 превалировал фенотип пшеницы.

Исследования свойств зерна из новых сортов тритикале проведены в ГосНИИХПе Р. К. Еркинбаевой, Р. Д. Поландовой и др.

¹ Название «тритикале» сочетает в себе подчеркнутые части латинских названий пшеницы (*Triticum*) и ржи (*Secale*).

ГосНИИХП и ГосНИИЗ разработаны два сорта муки из зерна тритикале — высшего и цельносмолотого зерна — с улучшенными хлебопекарными свойствами. Поладовой Р. Д. и Еркинбаевой Р. К. (ГосНИИХП) разработана технология хлебобулочных изделий из этой муки¹.

ВОДА

Вода, применяемая при производстве хлеба, должна удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к питьевой воде (ГОСТ 2874–82). Контроль за пригодностью воды для хлебопечения осуществляется органами государственной санитарной инспекции.

Для технологической оценки воды существенно знать ее жесткость, обуславливаемую содержанием солей кальция и магния. Жесткая вода улучшает реологические свойства клейковины и теста из слабой муки.

В случае применения хлорированной воды важно знать содержание в воде остаточного хлора, обладающего окислительным действием и поэтому также укрепляющего слабую клейковину.

ДРОЖЖИ

В настоящее время в хлебопекарной промышленности используются жидкие, отечественные прессованные (ГОСТ 171–81), вырабатываемые специализированными и спиртовыми заводами, и сухие (ГОСТ 28483–90 и ТУ 10–0334585–90), молоко дрожжевое (ТУ 10–033–4585–3–90), а также быстрорастворимые (инстантные) импортного производства при наличии гигиенического заключения Минздрава РФ.

Жидкие дрожжи готовят непосредственно на хлебозаводах. Их приготовление можно рассматривать как первую фазу приготовления теста. В связи с этим вопросы приготовления и оценки качества жидких дрожжей излагаются в главе V «Приготовление пшеничного теста».

¹ Еркинбаева Р. К., Поладова Р. Д. Новое в технологии производства хлеба из муки тритикале. — М.: ЦНИИТЭИхлебпродуктов, 1993. — 22 с.

ПРЕССОВАННЫЕ ДРОЖЖИ

Дрожжи хлебопекарные прессованные должны удовлетворять качественным требованиям ГОСТа 171—81, который распространяется на прессованные хлебопекарные дрожжи, представляющие собой технически чистую культуру дрожжевых грибов — сахаромицетов.

ГОСТ предусматривает требования к таким органолептически определяемым показателям качества прессованных дрожжей, как их цвет, консистенция, запах и вкус. Характеристика требований по этим показателям словесная.

По физико-химическим показателям предусмотрено определение в прессованных дрожжах: *влажности* (должна быть не более 75%); *подъемной силы* (подъем теста до 70 мм, который должен не превышать 70 мин); *кислотности* и *стойкости* при хранении (при температуре 35 °С).

Методики определения вышеперечисленных показателей качества прессованных дрожжей приведены в ГОСТе 171—81.

Наибольшее технологическое значение имеет подъемная сила дрожжей.

Этот показатель определяется путем замешивания теста из 280 г хлебопекарной пшеничной муки II сорта, 160 мл 2,5%-ного раствора поваренной соли и 5 г дрожжей. Замешенное тесто формируют в виде батона и помещают в предварительно прогретую форму определенных размеров, смазанную растительным маслом. На борта формы поперек длины навешивают планку, расстояние от которой до дна формы 70 мм.

Затем форму с тестом помещают в термостат (35 °С) и определяют период времени, необходимый для того, чтобы тесто, объем которого при брожении увеличивается, поднялось до соприкосновения с поперечной планкой. Время подъема, выраженное в минутах, и является показателем подъемной силы дрожжей (быстроты подъема теста). Чем меньше это время, тем лучше по бродильной активности дрожжи.

Детали методики этого определения, помимо ГОСТ 171—81, описаны в руководствах по техноконтролю.

Разработан и ускоренный метод определения подъемной силы прессованных дрожжей по времени, необходимому для того, чтобы шарик теста с испытываемыми дрожжами всплывал в стакане с водой при 30 °С. Этот метод широко применяется при оценке подъемной силы жидких дрожжей, заквасок и других полуфабрикатов. В связи с тем что ГОСТ 171—81 нормирует прессованные дрожжи по показателю быстроты подъема теста в форме, метод «всплывающего шарика», хотя он проще, быстрее и упомянут в ГОСТе, может применяться только для производственного контроля.

Для определения стойкости прессованных дрожжей при хранении в МТИППе разработан объективный и быстрый метод с применением для этой цели современного пенстрометра, характеризующий изменение дрожжей при хранении.

Следует отметить, что ГОСТ 171—81 не предусматривает определения ряда свойств прессованных дрожжей, существенных в хлебопекарном отношении.

Существенно содержание в прессованных дрожжах *глютатиона*, способного переходить в водный раствор и, следовательно, выполнять в тесте роль активатора протеолиза.

Прессованные хлебопекарные дрожжи должны быть технически чистой культурой дрожжей — сахаромисетов. Однако практически прессованные дрожжи, вырабатываемые большинством наших дрожжевых заводов, в большей или меньшей мере (иногда до 30—40%) содержат также дикие или посторонние дрожжевые грибы (родов *Candida*, *Torulopsis* и др.), которые, хотя и увеличивают выход товарного продукта, но резко снижают бродительную активность прессованных дрожжей и их стойкость при хранении. Содержание в хлебопекарных прессованных дрожжах посторонних и диких дрожжей следовало бы также лимитировать.

В некоторых работах большое внимание уделяется *мальтазной активности дрожжей*, имеющей, как будет показано в главе V, существенное значение при брожении теста.

Разработаны и несложные методы определения мальтазной активности дрожжей. Это свойство прессованных дрожжей также целесообразно контролировать и нормировать.

СУШЕНЫЕ ДРОЖЖИ

Сушеные дрожжи предназначены для использования при приготовлении хлеба тогда, когда доставка их на предприятие, сохранение прессованных дрожжей или приготовление жидких дрожжей невозможно.

Требования к качеству хлебопекарных дрожжей установлены ГОСТом или ТУ. ГОСТ предусматривает, что в зависимости от физико-химических показателей эти дрожжи делятся на два сорта — высший и I.

Сушеные дрожжи могут быть в виде порошка или мелких зерен.

Сушеные дрожжи высшего сорта должны иметь влажность не более 8%, подъемную силу — до 70 мин и сохранность не менее 12 мес.

Сушеные дрожжи I сорта могут иметь влажность до 10%, подъемную силу до 90 мин и сохранность не менее 5 мес.

Определение подъемной силы сушеных дрожжей в принципе аналогично тому, как по ГОСТу 171—81 определяется быстрота подъема теста. Отличие состоит в соответственно меньшей навеске дрожжей (2,5 г) и в предварительной выдержке (активации) их в небольшой порции смеси муки и воды (при 35 °С в течение 30 мин).

Определены и требования к фасовке, упаковке и маркировке товарных хлебопекарных сушеных дрожжей и к условиям их хранения (не выше чем при 15 °С) и транспортирования.

ДРОЖЖЕВОЕ МОЛОКО

Дрожжевое молоко, предварительно сконцентрированное, также применяется в хлебопечении — на предприятиях, расположенных относительно недалеко от дрожжевых заводов, с которых перевозится в цистернах типа молочных. Дрожжевые клетки в этом жидком продукте находятся в биологически более активном состоянии, чем в прессованных дрожжах. На дрожжевых же заводах исключаются конечные операции производства дрожжей, в том числе прессование и упаковка.

Дрожжевое молоко (ТУ-10—33-4585-3-90) представляет собой водную суспензию клеток *Sacch. cerevisiae*, полученную в результате размножения их в культуральной среде, сгущенная на сепараторах, выделения на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах и предназначенную для использования в хлебопекарном производстве.

Предусмотрено определение органолептическим способом таких показателей дрожжевого молока, как *вкус, запах, цвет и консистенция*.

Концентрация дрожжей в 1 л дрожжевого молока в пересчете на дрожжи влажностью 75% должна быть не менее 450 г.

Дрожжи, суспендированные в дрожжевом молоке, должны соответствовать требованиям ГОСТа на прессованные дрожжи по *влажности* (не более 75%) и *подъемной силе* (не более 75 мин).

СОЛЬ

В хлебопечении должна применяться *соль поваренная пищевая*, удовлетворяющая требованиям ГОСТа 13830—91.

Этот ГОСТ предусматривает выпуск четырех сортов соли: экстра, высшего, I и II. В хлебопекарной промышленности в основном используется [36, с. 114] соль I и II сортов, в которой должно содержаться соответственно: влаги не более 4 и 5%; хлорида натрия не менее 97,7 и 97% на СВ и веществ, нерастворимых в воде, не более 0,45 и 0,85% на СВ.

Предусмотрено ГОСТом и максимально допустимое содержание в соли Са, Mg, Fe₂O₃ и Na₂SO₄.

У соли высшего, I и II сортов допускаются такие оттенки цвета, как сероватый, желтоватый и розоватый. Соль должна быть без посторонних механических примесей, заметных на глаз, и без запаха.

5%-ный раствор соли должен иметь соленый вкус без посторонних привкусов и запахов и нейтральную или близкую к ней реакцию.

В ГОСТе оговорено, что соль может выпускаться мелкокристаллическая — выварочная, молотая и немолотая следующих видов: комовая (глыбами), дробленка и зерновая. Для отдельных сортов соли предусмотрены и номера помолов (№ 0, 1, 2 и 3), обуславливающие крупность ее частиц. (Более подробно о свойствах соли и методах определения показателей ее состава и качества смотри в соответствующих руководствах.)

Глава IV

Прием, хранение и подготовка хлебопекарного сырья

Муку, дрожжи, соль, сахар и другие виды хлебопекарного сырья хранят на хлебопекарных предприятиях в течение определенного времени. Некоторые виды хлебопекарного сырья требуют проведения подготовительных операций.

Технологические схемы приема, хранения и подготовки основного и дополнительного сырья, применяемые в настоящее время на хлебопекарных предприятиях нашей страны, приводятся в учебнике «Проектирование хлебопекарных предприятий с основами САПР» (Л. И. Пучкова, А. С. Гришин, И. И. Шаргородский, В. Я. Черных, М., 1994).

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ХРАНЕНИИ МУКИ

Во время хранения муки, особенно свежесмолотой, в ней происходит ряд процессов, вызывающих изменение ее качества. В зависимости от исходных свойств муки, продолжительности и условий хранения качество муки может либо улучшаться, либо ухудшаться.

При хранении муки после помола в благоприятных условиях ее хлебопекарные свойства улучшаются; это явление принято называть *созреванием муки*. Процессы, которые происходят при хранении муки в неблагоприятных условиях, приводят к ухудшению ее качества, а иногда и к *порче муки*.

СОЗРЕВАНИЕ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Свежесмолотая мука, особенно мука из только что убранных зерна, образует обычно липковатое, мажущееся и быстро разжижающееся при брожении тесто. Для получения из такой муки теста нормальной консистенции приходится добавлять уменьшенное количество воды. При расстойке куски теста быстро расплываются. Хлеб из свежесмолотой муки получается пониженного объема и при выпечке на поду расплывается. На поверхности корки часто наблюдаются мелкие трещины. Выход хлеба понижен.

После известного периода хранения в нормальных условиях хлебопекарные свойства свежесмолотой муки улучшаются. Тесто и хлеб из муки, прошедшие период созревания, обладают нормальными для данной муки свойствами.

Ниже рассмотрено изменение отдельных показателей качества муки при хранении ее после помола.

Изменение влажности муки

Влажность муки при хранении изменяется до величины равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха в складе. Основным параметром, определяющим величину равновесной влажности муки, является относительная влажность воздуха. Некоторое влияние оказывает также температура воздуха.

На рис. 15 приведен график, иллюстрирующий зависимость величины равновесной влажности муки от относительной влажности и температуры воздуха. Анализируя график, мы видим, что при хранении влажность муки может изменяться в сторону как снижения, так и повышения в зависимости от исходной влажности муки и параметров воздуха в мучном складе.

Если при поступлении на склад хлебозавода влажность муки ниже равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха в складе, то при хранении влажность муки будет увеличиваться. Если же влажность муки при поступлении на склад выше равновесной влажности, то при хранении муки влажность ее будет снижаться.

При хранении муки в мешках, уложенных в штабеля, влажность ее изменяется медленно. Значительное изменение влажности муки практически может происходить только в партиях, длительное время хранящихся на складе хлебозавода.

Изменение цвета муки

Во время хранения муки цвет ее становится светлее. Причиной посветления муки является окисление содержащихся в ней каротиноидных и ксантофилловых пигментов.

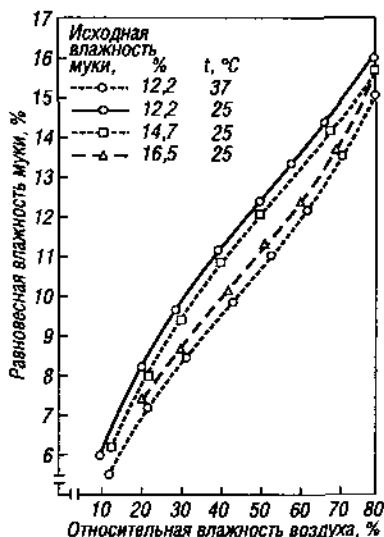


Рис. 15. График зависимости равновесной влажности муки от относительной влажности и температуры воздуха

При хранении в мешках посветление муки происходит весьма медленно и может быть практически ощутимым только при длительном хранении, сроки которого выходят за пределы, обычные для хлебозаводов.

Наилучший цвет муки обычно приобретает после трех лет хранения. При дальнейшем хранении заметных изменений цвета муки уже не происходит.

Применение на мельницах и хлебозаводах пневматического транспортирования муки ускоряет ее посветление.

Изменение кислотности муки

Кислотность муки обуславливается присутствием *жирных кислот* — продуктов гидролитического расщепления жира муки; *кислых фосфатов*, образующихся в результате распада фосфорорганических соединений, и в очень незначительной степени — *продуктов гидролиза белков*, имеющих кислотный характер, и *органических кислот* (молочной, уксусной, щавелевой и др.).

При хранении после помола титруемая и активная кислотность муки возрастает.

Нарастание титруемой кислотности муки особенно интенсивно происходит в первые 15–20 дней после помола. При дальнейшем хранении муки ее кислотность возрастает незначительно и очень медленно. Нарастание титруемой кислотности муки происходит тем скорее и интенсивнее, чем больше выход и влажность муки и чем выше температура ее хранения. В табл. 8 приведены данные Н. П. Козьминой, иллюстрирующие влияние этих факторов на нарастание кислотности муки при ее хранении.

Установлено, что нарастание кислотности муки при хранении после помола в основном обусловлено накоплением в ней свободных жирных кислот. Хранение муки, из которой жир был экстрагирован эфиром после помола, не сопровождалось увеличением ее кислотности.

Таблица 8

Исходная влажность муки, %	Длительность хранения после помола, дней	Титруемая кислотность (в град) муки, хранившейся при температуре, °С	
		15	45
13,5	0	4,1	4,1
	24	4,2	4,6
	63	4,2	4,8
15,0	0	4,1	4,1
	24	4,2	5,2
	63	4,3	5,3

Изменение жира муки

Как уже отмечалось выше, нарастание кислотности муки при хранении после помола обусловлено *накоплением свободных жирных кислот*. Их накопление во время хранения муки вызвано действием на ее жир фермента липазы, способного гидролитически расщеплять жиры на глицерин и свободные жирные кислоты.

Указывают на возможную роль микроорганизмов муки в гидролитическом распаде ее жира.

В зерне жир находится в основном в зародыше в количестве около 15%. Жир зародыша содержит значительное количество ненасыщенных жирных кислот — линолевой и олеиновой — и значительно меньше линоленовой кислоты.

В связи с гидролизом жира и накоплением свободных жирных кислот *кислотное число жира муки при ее хранении возрастает*.

Гидролитический распад жира муки идет тем интенсивнее, чем выше влажность муки и температура ее хранения.

Данные табл. 9 характеризуют нарастание величины кислотного числа жира муки, хранившейся при разной температуре.

Было установлено известное нарастание кислотного числа жира муки при хранении ее на морозе (при температуре от -5 до -18 °С).

Изменения жира муки при хранении не ограничиваются только гидролитическим расщеплением его части с выделением свободных жирных кислот. Свободные ненасыщенные жирные кислоты легко подвергаются окислительным воздействиям.

Под действием липоксигеназы муки ненасыщенные жирные кислоты образуют *промежуточные пероксидные соединения*, обладающие большой *окислительной активностью*. Посветление муки при хранении в результате окисления каротиноидных и ксантофилловых пигментов несомненно сопряжено с окислительным действием промежуточных пероксидов, образуемых липоксигеназой из ненасыщенных жирных кислот.

Таблица 9

Длительность хранения, дней	Кислотное число жира муки, хранившейся при температуре, °С	
	15	35
0	17,0	17,0
10	19,3	28,5
20	20,0	35,0
30	22,0	52,0

Липоксигеназа и образуемые ею пероксиды ненасыщенных жирных кислот играют, по-видимому, значительную роль и в процессе прогоркания жировой фракции муки. Альдегиды и другие вторичные продукты, образующиеся при более глубоком окислении жира, способны придавать муке специфический неприятный вкус и запах.

Изменение белково–протеиназного комплекса муки

Общее количество *азотсодержащих веществ муки* при ее хранении остается практически неизменным. Констатированные отдельными исследователями незначительные колебания количества азотсодержащих веществ муки не носят закономерного характера и лежат в пределах ошибки анализа.

Количество *сырой клейковины*, отмываемой из муки, в процессе хранения после помола обычно закономерно снижается. Влагоемкость сырой клейковины при этом также снижается.

Исключением могут быть отдельные партии муки из зерна и пшеницы, пораженного клопом-черепашкой. Из такой муки клейковина отмывается с трудом. Непосредственно после помола она настолько слаба, что при отмывании только с большим трудом и значительными потерями может быть собрана. После известного периода хранения этой муки вследствие улучшения свойств клейковины последнюю легко и без потерь можно отмыть и собрать. Поэтому, как показали наблюдения, количество отмываемой сырой клейковины в отдельных партиях муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, в результате хранения муки после помола может возрастать.

Реологические свойства клейковины при хранении пшеничной муки после помола закономерно изменяются в направлении уменьшения растяжимости и распыляемости, увеличения упругости и сопротивления деформации.

Клейковина слабая непосредственно после помола через 1,5–2 мес отлежки муки приобретает свойства клейковины, средней по силе. Средняя по силе клейковина становится сильной. Сильная клейковина приобретает свойства очень сильной.

Чем слабее была мука непосредственно после помола, тем резче и заметнее улучшаются при хранении физические свойства клейковины.

Реологические свойства теста из пшеничной муки в результате хранения ее после помола также закономерно изменяются. Влагоемкость муки, характеризующая количеством воды, добавляемой к муке для получения теста нормальной консистенции, возрастает. Степень разжижения теста в процессе его замеса и брожения и его распыляемость в процессе расстойки и выпечки снижаются. Лишность теста также снижается. Упругость теста возрастает.

Особенно резко улучшаются реологические свойства теста при хранении муки, обладающей непосредственно после помола свойствами очень слабой или слабой муки.

Для иллюстрации этого явления на рис. 16 приведены две фаринограммы замеса теста из муки и воды. Первая фаринограмма характеризует реологические свойства теста из очень слабой муки вскоре после помола, вторая — тесто из той же муки после годичной ее отлежки.

Изменения реологических свойств клейковины и теста из пшеничной муки, происходящие при отлежке муки после помола, свидетельствуют о том, что сила муки возрастает.

Возрастание силы муки является результатом соответствующих изменений отдельных компонентов белково-протеиназного комплекса муки. Установлено, что при хранении пшеничной муки после помола снижается ферментативная атакуемость ее белковых веществ, уменьшается содержание активаторов протеолиза и активность протеиназы.

Изменение углеводно-амилазного комплекса муки

Содержание в муке собственных сахаров при хранении остается практически неизменным. Данные об изменении сахарообразующей способности муки противоречивы. Различными исследователями отмечалось то возрастание, то снижение этого показателя. Отдельные исследователи констатировали попеременное снижение и возрастание сахарообразующей способности муки. Наши наблюдения за изменением газообразующей способности муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, в процессе примерно годичного хранения после помола показали закономерное и довольно существенное снижение этого показателя.

Большинство экспериментальных данных свидетельствует все же либо о практической неизменности, либо о некотором снижении показателей сахаро- и газообразующей способности муки при ее хранении после помола. Это можно объяснить как снижением ферментативной атакуемости крахмала муки вследствие уплотнения его мицеллярной структуры, так и косвенным влиянием изменений, происходящих при хранении в белково-протеиназном комплексе, на активность амилаз муки.

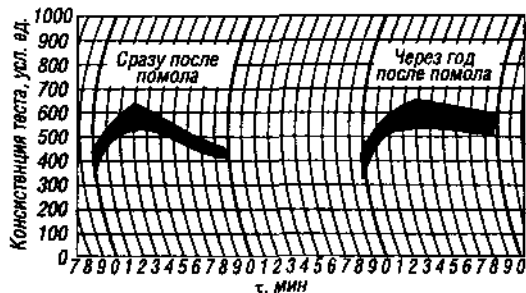


Рис. 16. Фаринограммы пшеничной муки, полученные сразу после помола и год спустя

Изменение качества хлеба

В результате созревания пшеничная мука становится сильнее. Соответственно этому изменяются и показатели качества хлеба. Увеличивается объем хлеба, увеличивается и улучшается пористость мякиша и снижается распыляемость подовых изделий. В наибольшей степени эти показатели улучшаются у хлеба из муки слабой и в несколько меньшей – у муки средней по силе в момент помола.

Мука сильная, становясь в результате созревания еще более сильной, а при длительном хранении и чрезмерно сильной, дает при обычном режиме приготовления теста хлеб того же или даже несколько меньшего объема, чем свежесмолотая мука. Таким образом, чем слабее мука непосредственно после помола, тем больше улучшается качество хлеба в результате ее созревания.

Сущность процесса созревания муки

Из изложенного выше видно, что при хранении пшеничной муки после помола в ней происходят следующие изменения:

- 1) влажность стремится достигнуть значения равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха;
- 2) цвет становится светлее вследствие окисления пигментов муки;
- 3) кислотность нарастает в результате накопления свободных преимущественно ненасыщенных жирных кислот;
- 4) протеолитическая активность, атакуемость белковых веществ и количество активаторов протеолиза понижаются, вследствие этого улучшаются реологические свойства клейковины и теста, увеличивается водопоглощательная способность муки и она становится сильнее;
- 5) сахаро- и газообразующая способность либо остается практически неизменной, либо несколько снижается.

Изменения влажности, цвета и кислотности муки сами по себе не могут быть причиной улучшения качества хлеба. Некоторое снижение сахаро- и газообразующей способности муки, обычно наблюдаемое в результате созревания муки, также не может улучшить качество хлеба.

Сущность процесса созревания обусловлена процессами, изменяющими реологические свойства клейковины и теста, т. е. белково-протеиназный комплекс муки, делающими муку более сильной.

Какова же сущность процессов, изменяющих белково-протеиназный комплекс муки в результате ее созревания?

Экспериментальные данные, полученные различными исследователями, позволяют считать, что белково-протеиназный комплекс муки

в процессе созревания изменяется в результате окислительного воздействия.

Еще в 1924 г. Кентом Джоном было показано, что мука, хранившаяся в отсутствие кислорода (в вакуум-эксикаторе над раствором пирогаллола), не изменяет своего цвета и хлебопекарных свойств.

Общезвестно, что изменение свойств свежесмолотой муки, аналогичное тому, которое происходит при ее естественном созревании в течение одного-двух месяцев, может быть достигнуто и искусственным окислительным воздействием на муку или тесто.

Отбелка такой муки рядом окислителей (окислами азота, хлором, треххлористым азотом и др.) вызывает практически мгновенное осветление муки и изменение белково-протеиназного комплекса, аналогичное тому, которое происходит при естественном созревании муки. Такой же эффект вызывается добавлением к тесту при его замесе тысячных долей процента (от массы муки) таких добавок окислительного действия, как бромат калия ($KBrO_3$) или йодат калия (KJO_3). Аналогичный эффект может быть достигнут и при замесе теста в атмосфере кислорода.

Окисление может изменять все компоненты белково-протеиназного комплекса муки.

Установлено, что при длительном хранении пшеничной муки с обычной влажностью (14,5%) в ней существенно снижается количество $-SH$ -групп как общее, так и доступных окислению их части (лабильные $-SH$ -группы). Количество $-SH$ -групп снижалось очень резко в течение первого года хранения муки (общее количество с 0,9 до 0,71 и количество лабильных групп — с 0,68 до 0,43 мк · экв. на 1 г муки) и очень медленно и незначительно в течение 5 последующих лет ее хранения. Снижение количества $-SH$ -групп в муке при ее созревании может происходить в результате окисления их во всех компонентах белково-протеиназного комплекса.

Окисление $-SH$ -групп в белковом веществе муки с образованием поперечных $-S-S-$ связей приводит к уплотнению и упорядочению структуры белка и уменьшению его податливости протеолизу.

Происходит окисление $-SH$ -групп и в активаторе протеолиза — глутатионе муки. Установлено, что в пшеничной муке 60%-ного выхода количество восстановленного глутатиона всего за 14 дней хранения после помола снижалось с 0,9 до 0,06 мг на 100 г.

Наконец, по аналогии с панаином может происходить окисление сульфгидрильных групп и в молекуле протеиназы, переводящее этот фермент или часть его в неактивное состояние.

Такое влияние окислительного воздействия на компоненты белково-протеиназного комплекса муки хорошо согласуется с экспериментальными данными значительного ряда исследований и вполне обосно-

ванно и логично может характеризовать сущность процесса созревания пшеничной муки.

Как уже указывалось выше, окислительные процессы муки при хранении вызывают ее посветление, сопутствующее изменению ее силы. Однако не все исследователи, занимавшиеся изучением процессов, происходящих при созревании муки, разделяют эту точку зрения.

Так, Н. П. Козьмина в исследованиях, проведенных ею и ее сотрудниками, экспериментально установила зависимость между накоплением в муке при хранении после помола свободных ненасыщенных жирных кислот и изменением физических свойств клейковины.

Было установлено, что чем больше кислотное число жира муки, чем больше в ней свободных ненасыщенных жирных кислот, тем сильнее клейковина, тем сильнее мука. Если из созревшей муки экстрагировать жировую фракцию, то клейковина приобретает свойства клейковины свежесмолотой муки. В то же время добавление к свежесмолотой муке свободных ненасыщенных жирных кислот, например олеиновой кислоты, увеличивало силу клейковины и муки.

Исходя из этих данных, Козьмина, рассматривая вопрос об изменении клейковины и хлебопекарных качеств муки при хранении, считала причиной этих изменений специфическое влияние свободных ненасыщенных жирных кислот на коллоидные свойства клейковины, уменьшающее ее способность к набуханию и укрепляющее ее студень. Роль окислительного воздействия на белково-протеиновый комплекс муки при этом даже не упоминалась.

Исследования последних лет и современные представления о природе окислительно-восстановительных систем в биологических объектах позволяют с достаточной достоверностью считать окислительные процессы основной причиной, обуславливающей изменение свойств клейковины и силы муки в процессе ее созревания. При этом роль свободных ненасыщенных жирных кислот ни в какой мере не умаляется.

Как уже отмечалось, ненасыщенные жирные кислоты в присутствии фермента липоксигеназы легко окисляются, образуя соединения типа пероксидов. Эти соединения обладают большой окислительной активностью и, несомненно, способны окислять не только пигменты, влияющие на цветовой оттенок муки, но и соответствующие химические группы других составных веществ муки. Вполне логично допускать окисление этими пероксидами и сульфгидрильных групп как в белковых веществах муки, так и в активаторах протеолиза и протеиназе муки, имеющих белковую природу.

Еще в 1936 г. было экспериментально показано, что ненасыщенные жирные кислоты, окисленные до пероксидных соединений, во много раз эффективнее изменяют свойства клейковины по сравнению с неокисленными ненасыщенными жирными кислотами.

Установлено также, что окисляющее действие образовавшихся при созревании муки гидропероксидов на $-SH$ -группы может происходить посредством предварительного окисления содержащейся в муке тиок-

товой (α -липовеой) кислоты, моноокисная форма которой затем окисляет —SH-группы белков и глутатиона.

Роль пероксидных соединений свободных жирных ненасыщенных кислот как активных окислителей показана и в исследованиях Е. И. Ведерниковой, изучавшей изменения жировой фракции зародыша зерна в связи с его влиянием на свойства клейковины, теста и качество хлеба.

Известную роль играют и другие окислительно-восстановительные системы, имеющиеся в зерне и муке.

Возможно, что и некоторые другие процессы, происходящие при созревании и хранении муки, также в известной мере влияют на изменение ее белково-протеиназного комплекса.

Можно, в частности, указать, что восстанавливающие сахара в процессе хранения муки вступают в реакционное взаимодействие с ее белковыми веществами, образуя с ними комплексные соединения. При этом отмечается, что восстанавливающие углеводы могут образовывать в структуре белкового вещества поперечные связи. Дополнительные поперечные связи могут вызывать уплотнение структуры белкового вещества.

При созревании пшеничной муки может происходить и полимеризация водорастворимых пентозанов, приводящая к повышению вязкости их водных растворов, что установлено экспериментально для ржаной муки.

И все же основной причиной изменения хлебопекарных свойств пшеничной муки в процессе ее созревания следует считать окислительные процессы, интенсивность которых неразрывно связана с содержанием в муке и окислением свободных ненасыщенных жирных кислот.

Факторы, обуславливающие длительность созревания пшеничной муки, и пути его ускорения

Длительность созревания пшеничной муки. Целесообразная длительность процесса созревания муки определяется временем хранения, необходимым для достижения мукой возможного оптимума хлебопекарных свойств.

Длительность процесса созревания пшеничной муки зависит от ряда факторов.

Больше всего времени требуется для созревания муки из свежесобранного зерна. Поэтому наиболее остро проявляется необходимость отлежки муки после помола в осенние месяцы при поступлении на хлебоприемные предприятия свежесмолотой муки из зерна нового урожая.

Влияет на длительность отлежки и сорт (выход) муки. Чем больше выход муки, тем меньше необходимая длительность ее отлежки.

Большую роль играет влажность муки. Чем выше влажность муки, тем быстрее она созревает.

Исключительное значение имеют температурные условия хранения муки после помола. Чем выше температура в складском помещении, в котором хранится мука, тем скорее она созревает. Хранение муки на морозе, в неотапливаемых складах практически почти полностью приостанавливает процессы, вызывающие ее созревание.

Повышение выхода муки, температуры ее хранения и влажности муки ускоряет процесс ее созревания. Это обусловлено тем, что при этом создаются более благоприятные условия для окислительных процессов, которые в основном и вызывают эффект созревания муки.

При хранении муки в мешках большое значение имеют размеры штабелей из мешков муки и плотность их укладки. Чем больше доступ воздуха к каждому мешку муки, тем скорее может идти ее созревание.

Длительность и условия хранения после помола пшеничной муки разной исходной силы должны быть различными.

Мука сильная не должна храниться длительно и при повышенной температуре. Муку слабую, напротив, целесообразно хранить при более высокой температуре или более длительно.

Исследовательские работы и практический опыт хранения и переработки свежесмолотой пшеничной муки позволяют считать, что средняя по силе мука высшего, I и II сорта при хранении в мешках в условиях отапливаемого склада достигает оптимума своих хлебопекарных свойств после 1,5–2 мес хранения. Обойная пшеничная мука для созревания в этих условиях требует 3–4-недельного хранения после помола.

Указанные сроки хранения муки для большинства хлебопекарных предприятий неосуществимы. Поэтому большое значение имеет обязательная отлежка муки до поступления ее на хлебопекарные предприятия. Однако для этого необходимы склады большой емкости. В связи с этим существенный интерес представляют возможные пути ускорения процесса созревания муки после ее помола.

Пути ускорения созревания пшеничной муки. Возможен ряд путей и способов ускорения процесса созревания пшеничной муки, отдельные из которых ниже кратко рассматриваются.

Применение пневматического перемещения муки на мельницах и хлебозаводах может существенно ускорять созревание пшеничной муки.

В последние годы на мельницах и хлебозаводах все шире внедряется бестарное хранение и транспортирование муки, обычно связанное с применением пневматического внутрипроизводственного перемещения муки.

Мука при этом хранится в силосах большой емкости. Возникло опасение, что в этих условиях созревание муки будет происходить мед-

леннее, чем при хранении ее в мешках. Однако опыты, проведенные в производственных условиях товарной мельницы, показали, что если подача муки в силос и перемещение ее из него производятся пневматическим транспортом, то созревание муки идет даже несколько быстрее, чем при хранении ее в мешках.

Пневмоперемещение муки нагретым воздухом может в еще большей мере ускорять ее созревание. Это было убедительно показано И. А. Сысоевым, проводившим прогрев муки при перемещении ее соответственно нагретым воздухом по пневможелобу. За 30–40 с перемещения по пневможелобу мука прогревалась примерно до 30 °С. Прогрев свежесмолотой слабой муки давал такой же прирост объема хлеба, как примерно 25-суточная ее отлежка после помола.

Для свежесмолотой муки, средней по силе и особенно сильной эффект прогрева, равно как и эффект естественного созревания, был меньшим и равноценен достигаемому при 12–13-дневной ее отлежке.

Улучшающий эффект прогрева муки до 30 °С нестойк во времени, поэтому прогрев должен осуществляться непосредственно перед пуском муки на производство — на пути к расходному силосу, вмещающему не более чем 3–4-часовой запас муки.

Ускорение процесса созревания пшеничной муки при ее пневмотранспортировании вызывается в первую очередь тем, что при этом каждая частица муки окружена воздухом, кислород которого необходим для окислительных процессов, лежащих в основе улучшения силы муки.

Прогрев муки инфракрасным облучением, как установлено в МТИППе, также может существенно ускорять ее созревание.

Искусственная отбелка муки газообразными соединениями окислительного действия (оксидами азота, диоксидом хлора, треххлористым азотом и др.), применяемая на мельницах ряда стран, приводит не только к обесцвечиванию пигментов муки. В результате окислительного воздействия на компоненты белково-протеиназного комплекса муки происходит и повышение силы муки, лежащее в основе процесса ее естественного созревания.

Следует отметить, что в ряде стран искусственная отбелка муки запрещена пищевым законодательством или органами здравоохранения.

Применение химических улучшителей — соединений окислительного действия — также вызывает улучшение физических свойств теста и осветление мякиша хлеба и поэтому может в соответствующей степени заменять естественное созревание муки. С этой целью в ряде стран применяются: бромат или йодат калия, персульфат аммония, диоксид кальция, аскорбиновая кислота и такие добавки, как пероксид ацетона и азодикарбонамид. Вопросы, связанные с применением химических улучшителей окислительного действия, будут рассмотрены в главе XI.

В окислительных процессах, вызывающих созревание пшеничной муки, существенную роль играет образование липоксигеназой пероксидов ненасыщенных жирных кислот. Поэтому для замены медленного естественного созревания муки может быть использован и путь, имеющий в основе *форсированное образование перекисей ненасыщенных жирных кислот при приготовлении теста*.

Очень эффективным в этом отношении является разработанный в МТИППе ферментный (липоксигеназный) способ улучшения пшеничного хлеба путем окислительного воздействия. В основе этого способа, подробно рассматриваемого в главе V, лежит введение в процесс приготовления теста предварительной жидкой окислительной фазы. В этой фазе липоксигеназа соевой муки вызывает образование гидроксиперекисей ненасыщенных жирных кислот жирового субстрата, окисляющие действующие потом на компоненты белково-протеиназного комплекса и пигменты добавляемой части пшеничной муки. При этом за несколько минут форсированно протекают процессы, требующие при естественном созревании муки не менее 1–2 мес.

В заключение рассмотрения вопросов, связанных с созреванием пшеничной муки, необходимо отметить, что слишком длительное (в течение многих лет) хранение ее после помола, даже в условиях, исключающих ее порчу, может привести не к улучшению, а к ухудшению ее хлебопекарных свойств. Мука делается чрезмерно сильной, клейковина становится крошащейся и несвязной. Газоудерживающая способность муки и объем хлеба в результате этого снижаются.

Кислотность муки значительно повышается и может достигнуть уровня, при котором из этой муки трудно или даже невозможно получить хлеб со стандартной кислотностью. Специальными опытами было показано, что при хранении в течение 6 лет муки, имеющей даже обычную влажность (14–15%), она утрачивала нормальные хлебопекарные свойства. Мука же, предварительно подсушенная до влажности 8%, устойчиво сохраняла нормальные хлебопекарные свойства в течение этого срока.

СОЗРЕВАНИЕ РЖАНОЙ МУКИ

Процесс созревания ржаной муки изучен значительно меньше, чем процесс созревания пшеничной муки.

Принято было считать, что ржаная мука, так же, как и пшеничная, требует после помола известного периода отлежки для созревания. При этом полагали, что ржаная мука в отличие от пшеничной требует меньшей длительности отлежки (15–30 дней). Основывались при этом

в основном на исследованиях Шулеруда, изучавшего изменение ржаной сортовой муки с выходом не выше 60–70% в процессе ее хранения.

Этими исследованиями было установлено, что при хранении ржаной муки снижается активность ее амилолитических ферментов и повышается стойкость крахмала к действию амилаз. Отмечалось также некоторое повышение температуры начала клейстеризации крахмала муки. Было замечено, что накопление свободных ненасыщенных кислот при хранении ржаной муки улучшает физические свойства (консистенцию) теста из нее. Понижалась растворимость белковых веществ ржаной муки и увеличивалась способность к набуханию нерастворенной части белка.

Весьма интересно, что было установлено замедляющее влияние свободных ненасыщенных кислот и на процесс клейстеризации крахмала ржаной муки.

В наблюдениях В. А. Мыськова (1965), изучавшего хлебопекарные свойства ржаной обдирной и сеяной муки, было отмечено, что в результате созревания сеяной муки заметно улучшаются реологические свойства теста из нее. Консистенция теста улучшалась, а раскисляемость его снижалась.

Во ВНИИХПе была проведена работа по комплексному изучению изменений биохимических, коллоидных и технологических показателей качества ржаной обойной муки в процессе ее хранения после помола.

Одновременно изучалось влияние на эти показатели стадий спелости зерна ржи, при которых была проведена уборка урожая.

Этими исследованиями было установлено, что общие закономерности изменения показателей биохимических и коллоидных свойств в ржаной обойной муке при хранении ее после помола те же, что и в пшеничной муке; так же, как и в пшеничной, нарастает кислотность вследствие расщепления жира муки, кислотное число жира ржаной муки закономерно увеличивается. Происходят и интенсивные окислительные процессы, о чем свидетельствует резкое снижение содержания восстановленной формы глутатиона, происходящее в основном в первые дни хранения после помола.

Показатели коллоидных свойств муки свидетельствуют о снижении гидрофильности и структурно уплотнении коллоидов муки. При длительном (более 30 дней) хранении муки несколько возрастала ее сахарообразующая способность. Однако хлебопекарные свойства муки при этом практически не улучшались.

Следует отметить, что закрытые дегустации всегда устанавливали, что наилучший вкус и аромат был у хлеба из свежесмолотой муки. Особенно четко это отмечалось при выпечке хлеба из муки, смолотой из свежесобранного зерна.

Влажность муки в этих опытах не превышала 15%.

На основании этих исследований было сделано заключение о практической *ненужности отлежки ржаной обойной муки после помола.*

Сравнительное исследование процесса созревания ржаной обойной, ржаной обдирной и сеяной муки при отлежке в течение до 6 мес по-

сле помола было проведено А. Г. Бесчастновым. Было установлено, что в муке из нормального зерна ржи происходит закономерное нарастание кислотности муки, посветление сеяной муки, существенное снижение атакующести крахмала и активности α -амилазы, а также атакующести белков и активности протеолиза.

Несколько снижались показатели сахаро- и газообразующей способности муки и автолитической ее активности, определяемой по количеству водорастворимых веществ. Несколько уменьшались и значения показателей K_{60} и D_{60} теста.

Заметно улучшалась консистенция теста в конце его брожения.

Улучшались и такие показатели качества хлеба, как упругость мякиша, состояние его по органолептической оценке и распыляемость подового хлеба. Поэтому, хотя объем хлеба и процент пористости его мякиша несколько снижались, можно все же говорить об известном улучшении хлебопекарных свойств ржаной муки в результате длительной ее отлежки.

В то же время было показано, что зерно ржи, подвергавшееся действию дождей в период уборки (на корню или в валках) или на токах, хотя и не имело видимых признаков прорастания, но отличалось резким повышением автолитической активности зерна и муки из него, что вызывало соответствующие дефекты в качестве хлеба. Отлежка муки из такого зерна в течение 60 дней после помола лишь несколько улучшила качество хлеба из нее.

Было также показано, что кратковременный прогрев свежесмолотой ржаной муки инфракрасным излучением от темных керамических излучателей (в течение 6 мин при толщине слоя муки 7 мм) давал даже больший улучшающий эффект, чем 40-дневное созревание муки при отлежке.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОРЧИ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

При длительном хранении муки в ней при определенных условиях могут происходить процессы, вызывающие ее порчу.

В муке при хранении происходит процесс «дыхания», связанный с поглощением кислорода воздуха и выделением углекислого газа (диоксида углерода), влаги и тепла. Этот процесс является следствием окисления моносахаров муки и дыхания микроорганизмов муки. Поглощение кислорода воздуха также связано и с некоторыми химическими окислительными процессами (в частности, с окислением жирных кислот и пигментов муки).

Дыхание муки тем сильнее, чем выше ее влажность, температура хранения и количество микроорганизмов в ней. Общее или местное повышение влажности и температуры муки создает условия, благоприятные для развития в муке плесневой и бактериальной микрофлоры. Развитие же и жизнедеятельность микрофлоры в свою очередь усиливает дыхание муки и накопление в ней влаги и тепла. Интенсивное развитие этих процессов может вызвать так называемое *самосогревание муки*, обычно сопровождающееся слеживанием муки в комки, ее плесневением и появлением неприятного затхлого запаха.

Интенсивная в этих условия жизнедеятельность микрофлоры муки может быть причиной ее «*прокисания*». Прокисание муки вызывается накоплением в ней некоторых органических кислот, образуемых определенными бактериями из сахаров муки.

Как уже отмечалось выше, при длительном хранении мука с повышенным содержанием ненасыщенных жирных кислот может прогоркать. *Прогоркание* связано с процессами окисления продуктов гидролитического распада жира и ускоряется при повышенной температуре муки и более свободном доступе воздуха.

Установлено, что мука из дефектного зерна (проросшего, морозобойного, подвергавшегося самосогреванию) при хранении менее стойкая.

На складах хлебозаводов мука обычно хранится 10–15 дней. За это время процессы, которые могут привести к ее порче, как правило, не успевают развиваться. Но все же особое внимание следует уделять хранению партий муки с повышенным влажностью в жаркое летнее время.

ПРИЕМ, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ МУКИ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ранее мука на хлебозаводы поступала в мешках и в таком виде вручную или с помощью простейших средств механизации (автопогрузчиков, вагонеток, транспортеров) подавалась на мучной склад.

В последние годы широко внедряется безстарное транспортирование и хранение муки как на мельницах, так и на хлебозаводах.

ХРАНЕНИЕ МУКИ В МЕШКАХ

Мешки с мукой на складе укладываются в штабеля (обычно тройниками) и обязательно на поддонах (стеллажах). Высота штабеля при укладке вручную — 8 рядов мешков, а при укладке автопогрузчиком — 12 рядов.

Учет поступающей муки ведется по количеству мешков и по массе, определяемой на платформенных весах.

Нормы проектирования предусматривают 7-суточный запас муки на хлебозаводе и выделение из общего склада муки отдельного выгорюженного (расходного) склада на двухсменный запас муки.

На ручных операциях по приемке, перемещению и складированию муки в мешках на хлебопекарных предприятиях страны было занято много рабочих. Большие затраты требовались и на мучную тару (мешки). При хранении муки в мешках относительно велики и потери муки (на распыл и в виде выбоя из мешков).

БЕСТАРНОЕ ХРАНЕНИЕ МУКИ

Внедрение бестарного транспортирования и хранения муки устраняет тяжелый физический труд грузчиков и рабочих мучного склада, резко снижает потери муки, полностью устраняет затраты на мешковую тару.

Сочетание бестарного хранения муки с пневматическим внутризаводским ее перемещением и подогревом перед пуском на производство, может быть использовано и для ускорения послепомольного созревания пшеничной муки и улучшения ее хлебопекарных свойств.

Установки и оборудование для бестарной приемки, транспортирования, последующего хранения и подготовки к пуску на производство муки и других видов хлебопекарного сырья рассматриваются в курсе оборудования и соответствующих руководствах [3, 4, 5, 20]. Отметим, что при проектировании и эксплуатации установок для бестарной приемки, хранения и внутрипроизводственного перемещения муки на хлебопекарных предприятиях должны быть предусмотрены и специальные мероприятия по безопасности труда. Это связано с тем, что трение частиц муки о стенки мукопроводов и поверхности других конструктивных элементов установок приводит к образованию и накоплению зарядов статического электричества достаточно высокого потенциала. Поэтому заземлению элементов установки и другим мероприятиям взрывобезопасности должно уделяться большое внимание.

Для хлебопекарных предприятий малой и средней мощности, находящихся далеко от мелькомбинатов, может быть применена и перевозка муки в контейнерах.

ПОДГОТОВКА МУКИ

Подготовка муки заключается в составлении смеси, проведении смешивания, просеивания и магнитной очистке муки.

СМЕШИВАНИЕ МУКИ

Отдельные партии муки одного и того же сорта, имеющиеся на складе хлебозавода, могут значительно различаться по своему хлебопекарному достоинству. Если бы на хлебозаводе муку пускали в производство отдельными партиями, то хлеб получался бы (в зависимости от качества данной партии муки) то хороший, то плохой. Чтобы избежать этого, принято до пуска муки в производство составлять смесь различных партий муки, в которой недостатки одной партии муки компенсировались бы хорошими качествами другой.

Так, например, муку темную или сильно темнеющую в процессе выпечки из пшеничного хлеба следует смешивать с мукой светлой и нетемнеющей, муку слабую — с мукой сильной, муку с малой газообразующей способностью («крешку на жар») — с мукой, имеющей большую газообразующую способность («слабой на жар») и т. д.

При составлении смеси муки лаборатория хлебозавода должна определить показатели ее основных хлебопекарных свойств, в первую очередь показатели силы и газообразующей способности.

Составление смеси по этим показателям облегчается тем, что, пользуясь правилом пропорции, можно заранее подсчитать, в каком соотношении следует смешивать партии муки, чтобы смесь их отвечала заданным значениям этих показателей.

Опыты, проведенные как в лабораториях, так и в производственных условиях, показали, что отклонения фактических значений газообразующей способности и силы муки в смеси от расчетных, подсчитанных на основании показателей смешиваемых партий муки, сравнительно невелики и не имеют практического значения.

Исключением могут быть случаи, когда одна из смешиваемых партий муки получена из очень сильно проросшего зерна или из зерна, очень сильно поврежденного клопом-черепашкой. В этих случаях расчетное соотношение смешиваемых партий муки должно предварительно проверяться методом пробной выпечки хлеба из данной смеси и в случае необходимости соответственно корректироваться.

Чтобы заданное лабораторией соотношение в смеси муки разных партий можно было легко соблюдать на производстве, эти соотношения должны быть простыми, кратными.

Для получения хорошего и равномерного по качеству хлеба муку различных сортов или партий, идущих в смесь, необходимо тщательно смешивать. На хлебопекарных предприятиях для этой цели обычно применяют специальные машины — мукосмесители.

В складах бестарного хранения муки для ее дозирования и смешивания применяются специальные устройства, обеспечивающие механизированное проведение этих операций. Описание этих устройств приведено в литературе по оборудованию хлебозаводов.

ПРОСЕИВАНИЕ И МАГНИТНАЯ ОЧИСТКА МУКИ

Чтобы отделить случайные посторонние частицы, отличающиеся по размеру от частиц муки, муку просеивают. Для этой цели на хлебозаводах используются просеивающие машины различных типов.

Для удаления из муки металлических частиц, проходящих через отверстия сита просеивателя, на мучных линиях предусматриваются магнитные ловители.

Просеянная и очищенная от металлических частиц мука с помощью соответствующих транспортирующих устройств (норий, шнеков, цепных транспортеров или мукопроводов системы пневматического транспорта) направляется в расходные производственные мучные silos.

ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СОЛИ, ПРЕССОВАННЫХ ДРОЖЖЕЙ И ДРУГИХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Соль. Помещение для хранения соли должно вмещать ее запас на 15 сут. Соль ранее хранилась в ларях, обычно деревянных, с крышками, устанавливаемых на подставках высотой 15–20 см от пола.

В настоящее время все шире применяются способы хранения соли, растворенной в воде сразу же после ее поступления на хлебозавод.

Должно быть предусмотрено оборудование для растворения соли¹ и фильтрации ее раствора, а также насос и трубопроводы для его подачи в расходные бачки.

Прессованные дрожжи. В соответствии с нормами проектирования дрожжи должны храниться в ящиках в холодильной камере при 4–8 °С и относительной влажности воздуха не более 70% до 3 сут.

¹ Таблицы с данными о растворимости соли в воде при разной температуре и по содержанию соли в растворе разной плотности и температуры приведены в справочнике [30].

Если зимой на хлебозавод поступают замороженные дрожжи, их следует оттаивать в прохладном помещении. Чем медленней будут оттаивать дрожжи, тем лучше сохранится их подъемная сила.

Подготовка прессованных дрожжей к замесу теста заключается в освобождении их от упаковки, предварительном грубом измельчении и приготовлении хорошо размешанной однородной их взвеси (суспензии) в теплой (30–35 °С) воде.

Дрожжевое молоко. Дрожжевое молоко доставляется на хлебозаводы в термоизолированных цистернах — молоковозах, из которых поступает в приемные охлаждаемые емкости вместимостью не менее автоцистерны, где при температуре 6–10 °С может храниться в течение 1,5–2 сут. Оборудование по приему, хранению и внутрипроизводственному перемещению дрожжевого молока описано в соответствующих руководствах.

Сахар. На хлебопекарном предприятии предусматривается возможность хранения 15-суточного запаса сахара. Должно быть предусмотрено оборудование для растворения сахара, насос и трубопроводы для подачи раствора сахара в расходные бачки.

Сахарный раствор (сироп). Сахарный раствор поступает на хлебозавод в автоцистернах и хранится в соответствующих емкостях (вместимостью не менее автоцистерны) при температуре 30 °С. При расчетах принимают, что сахарный раствор имеет концентрацию 63%.

Растительное масло. На хлебопекарных предприятиях для приемки и хранения растительного масла устанавливаются металлические емкости и предусматривается оборудование для перекачки растительного масла в расходные бачки.

Маргарин, животное масло и другие твердые жиры. Перед внесением в тесто они должны быть растоплены (расплавлены).

Улучшающее действие жира, вносимого в тесто, на качество хлеба может быть усилено, если вносить жир в тесто в виде предварительно приготовленной эмульсии в воде. Это относится как к растительному маслу, так и к маргарину. Поэтому в подготовку жира включается и приготовление его эмульсии в воде с применением соответствующего пищевого эмульгатора.

Получаемая эмульсия должна быть тонкодисперсной, устойчивой во времени и приспособленной для транспортирования по трубопроводам. Работами, проведенными в МТИППе¹, установлено, что для этого целесообразно применять установки с гидродинамическими вибраторами, создающими в эмульгируемой смеси колебания звуковой и частично ультразвуковой частоты.

¹ А. с. 143746 (СССР). — Б. И., 1962, № 1.

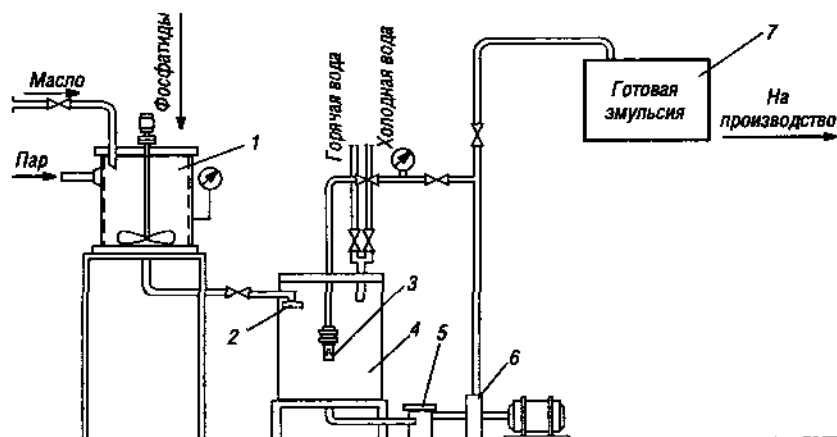


Рис. 17. Схема установки для приготовления эмульсии:

1 — бачок-смеситель; 2 — сито-фильтр; 3 — гидродинамический вибратор; 4 — бак для эмульгирования; 5 — фильтр; 6 — насос; 7 — емкость для готовой эмульсии

Схема установки для приготовления на хлебозаводе жироводных эмульсий приведена на рис. 17. Установка состоит из бачка-смесителя с мешалкой и паровой рубашкой, бака для эмульгирования, насоса с электродвигателем, гидродинамического вибратора, являющегося основной частью установки, фильтров, трубопроводов, кранов.

В бачок-смеситель по трубопроводу поступает предварительно взвешенная порция масла. В паровую рубашку бака подается пар, масло подогревается до температуры 50–60 °С, после чего включается мешалка и в бачок загружается эмульгатор — фосфатидный концентрат (ФК). Перемешивание ведется до полного растворения концентрата в масле. В бак для эмульгирования подается вода нужной температуры в количестве, необходимом по рецептуре. Одновременно через сито-фильтр из бачка-смесителя сливается смесь ФК с маслом. Смесь масла, ФК и воды при помощи насоса, снабженного манометром, под давлением перекачивается в бак с гидродинамическим вибратором.

В период эмульгирования установка работает по замкнутому циклу: смесь из бака непрерывно поступает через фильтр в насос и затем под давлением 0,3–0,5 МПа через вибратор в тот же бак. Эмульгирование ведется в течение 30 мин (до получения тонкодисперсной эмульсии) при объеме эмульгируемой массы 200–300 л. Приготовленная порция эмульсии насосом перекачивается в одно из отделений емкости для хранения готового продукта, откуда самотеком поступает к местам расходования.

На установках такого типа можно готовить жироводные эмульсии жира, вносимого в тесто, и эмульсии из растительного масла для смазки хлебных форм и листов.

Безводный жир для хлебопекарной промышленности. Этот жир представляет собой композицию из растительного масла (85%), хлопкового саломаса высокой твердости (12%) и пищевых поверхностно-активных веществ (3%).

При 15–25% жидкий жир имеет однородную микроструктуру, подвижность и транспортабельность. Жидкий жир для хлебопекарной промышленности может содержать влаги и летучих веществ не более 0,3% и должен иметь консистенцию однородную и подвижную при 18 °С. Допустимый срок его хранения 10 дней при 15–20 °С. Этот жир транспортируется в автоцистернах (ГОСТ 9218–86Е), специальных контейнерах, в стальных бочках (ГОСТ 6247–79 и ГОСТ 13950–84), во флягах (ГОСТ 5037–78Е), а также в деревянных бочках (ГОСТ 8777–80Е) массой не более 50 кг.

На хлебозаводе жидкий жир из автоцистерны по гибкому шлангу подается насосом в емкости для хранения (баки с мешалками и водяными рубашками). Из этих емкостей жир по мере надобности насосом перемещается в производственные расходные емкости (также с мешалками), из которых по трубопроводу самотеком поступает в соответствующий дозатор.

Глава V

Приготовление пшеничного теста

Приготовление теста является одним из решающих звеньев в технологическом процессе производства хлеба. Состояние и свойства готового к разделке теста в значительной мере определяют дальнейшее его состояние при формовании, расстойке и выпечке, а в связи с этим и качество хлеба.

Приготовление теста из ржаной муки в ряде моментов существенно отличается от приготовления теста из пшеничной муки, поэтому приготовление ржаного теста рассматривается отдельно в главе VI.

РЕЦЕПТУРА И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Пшеничное тесто готовится из муки, воды, соли, дрожжей, сахара, жиров и других видов сырья.

Перечень и соотношения отдельных видов сырья, употребляемого для производства определенного сорта хлеба, называют *рецептурой*.

Рецептуры и рекомендуемые способы и режимы технологического процесса производства хлебобулочных изделий приводятся в сборниках технологических инструкций и в справочниках.

В рецептурах хлебобулочных изделий количество воды, соли, дрожжей и дополнительного сырья принято выражать в кг на 100 кг муки.

Рецептуры основных хлебобулочных изделий предусматривают следующее примерное соотношение отдельных видов сырья (в кг):

Мука	100
Вода	50–70
Прессованные дрожжи	0,5–2,5
Соль	1,3–2,5
Сахар	0–20
Жиры	0–13

Рецептуры хлебопекарных изделий предусматривают и другие виды дополнительного сырья (яйца, изюм, молоко, молочная сыворотка, сухое обезжиренное молоко, мак, тмин, ванилин и т. п.). Из этого следует, что перечень и соотношение сырья в тесте для разных видов хлебных изделий могут быть весьма различными. Мука, вода, соль и дрожжи входят в состав теста для всех видов пшеничных хлебных изделий, поэтому относятся к категории основного хлебопекарного сырья.

На хлебопекарных предприятиях РФ процесс приготовления теста осуществляется порционно и непрерывно. Порционно тесто готовится с применением дозирующих сырье устройств и тестомесильных машин периодического действия с брожением теста после его замеса, до разделки. Непрерывно тесто готовится с применением непрерывного дозирования сырья и замеса теста¹.

Рассмотрим порционное приготовление пшеничного теста и происходящие при этом процессы, затрагивая попутно отдельные вопросы, связанные со спецификой непрерывно-поточного приготовления теста.

Известны два основных традиционных способа приготовления пшеничного теста — опарный и безопарный.

Опарный способ предусматривает приготовление теста в две фазы: первая — приготовление опары и вторая — приготовление теста.

Для приготовления опары обычно используют около половины общего количества муки, до двух третей воды и все количество дрожжей, предназначенное для приготовления теста. По консистенции опара жиже теста. Ее начальная температура от 28 до 32 °С; длительность брожения колеблется от 3 до 4,5 ч.

¹ В. М. Хроменков. Оборудование хлебопекарного производства. — М., 2000. — 316 с.

На готовой опаре замешивают тесто. При замесе теста в опару вносят остальную часть муки и воды и соль. Если рецептурой предусмотрены сахар и жиры, их также вносят в тесто¹. Тесто имеет начальную температуру 28–30 °С. Брожение теста обычно длится от 1 ч до 1ч 45 мин. В процессе брожения тесто из сортовой муки подвергается одной или двум обминкам.

В нашей стране пшеничное тесто готовят не только на описанной выше обычной опаре, но и на опарах *жидкой, густой и большой густой*. Эти варианты опарного приготовления теста будут рассмотрены позднее.

Безопасный способ — однофазный, он предусматривает внесение при замесе теста всего количества муки, воды, соли и дрожжей, предназначенного для приготовления данной порции теста.

Сахар, жиры и другое дополнительное сырье также вносятся в тесто. Начальная температура безопасного теста может быть в пределах 28–30 °С. Длительность брожения в зависимости от количества дрожжей может колебаться от 2 до 4 ч. Во время брожения тесто из сортовой муки подвергается одной или нескольким обминкам.

Здесь мы ограничиваемся только кратким описанием опарного и безопасного способов приготовления пшеничного теста, необходимым для дальнейшего рассмотрения процессов, происходящих при приготовлении теста.

Приготовление теста этими способами включает в себя следующие операции и процессы: дозирование подготовленного сырья, замес опары или теста, брожение опары и теста, обминка теста.

Переходим к рассмотрению этих операций и процессов.

ДОЗИРОВАНИЕ СЫРЬЯ

При порционном приготовлении теста в отдельных дежах дозирование сырья сводится к отвешиванию или отмериванию по объему порций сырья, необходимых для приготовления одной дежи теста.

Мука обычно дозируется с помощью автоматических мучных весов — автомукомеров.

Жидкие компоненты для порционного приготовления опары или теста (вода, растворы сахара и соли, жидкие дрожжи, водная суспензия прессованных дрожжей, жидкие или растопленные твердые жиры и их

¹ Если рецептура теста предусматривает добавление жира и сахара в больших количествах, тормозящих процесс брожения, то эти виды сырья вносятся не при замесе теста на опаре и безопасного, а после определенного времени его брожения.

эмульсии) отмериваются с помощью соответствующих дозирующих устройств, в том числе и автоматизированных. Эти устройства описаны в соответствующих руководствах.

Следует учитывать, что суспензия прессованных дрожжей в воде перед дозировкой должна быть хорошо промешана. Это необходимо для равномерного распределения в ней дрожжей.

Точность дозирования всех видов сырья, так же как и точное соблюдение заданной температуры воды и других жидких компонентов, имеет большое значение в процессе приготовления теста. Поэтому точность работы дозирующих устройств должна систематически контролироваться технологическим персоналом предприятия.

ЗАМЕС ОПАРЫ И ТЕСТА

Процесс замешивания опары осуществляется на тестомесильных машинах или на месилках сравнительно облегченной конструкции.

Основной целью замешивания опары является получение однородной во всей массе смеси соответствующих количеств муки, воды и дрожжей. Отсутствие в этой смеси комочков муки обычно принимается за показатель завершенности процесса замешивания опары.

Длительность и интенсивность процесса замешивания опары, как и ее повторного промешивания могут оказывать известное влияние на качество хлеба.

Однако значительно больше влияют на ход технологического процесса приготовления хлеба и на его качество проведение замеса теста и изменения, происходящие в нем при этом. Поэтому мы в настоящем разделе рассматриваем замес теста. Будет рассмотрен процесс замеса теста, приготовляемого безопасным способом, при котором в тесто при его замесе вносятся все основные виды сырья.

В процессе замеса из муки, воды, соли и дрожжей (а для ряда сортов хлеба сахара и жира) образуется тесто, *однородное во всей массе*.

Замес теста должен, однако, обеспечить и придание ему таких свойств, при которых оно перед направлением на разделку было бы в состоянии, оптимальном для протекания операций деления, формования, расстойки и выпечки и получения хлеба возможно лучшего качества.

С самого начала замеса мука приходит в соприкосновение с водой, дрожжами и солью и в массе образующегося при этом теста начинает происходить ряд процессов. Во время замеса теста наибольшее значение имеют процессы: физико-механические, коллоидные и биохимические.

Микробиологические процессы, связанные с жизнедеятельностью дрожжей и кислотообразующих бактерий муки, в процессе замеса теста еще не успевают достичь интенсивности, при которой они могли бы играть практически ощутимую роль.

Частицы муки при замесе теста начинают быстро впитывать воду, набухая при этом. Сливание набухающих частиц муки в сплошную массу, происходящее в результате механического воздействия на замешенную массу, приводит к образованию теста из муки, воды и другого сырья.

Ведущая роль в образовании пшеничного теста с присущими ему свойствами упругости, пластичности и вязкости принадлежит белковым веществам муки. Нерастворимые в воде белковые вещества муки, образующие клейковину, в тесте связывают воду не только адсорбционно, но и осмотически. Осмотическое связывание воды в основном и вызывает набухание этих белков, приводящее их в состояние, в известной степени подобное тому, в котором они находятся в отмытой из теста клейковине.

Набухшие белковые вещества при замесе теста в результате механических воздействий как бы «вытягиваются» из содержащих их частиц муки в виде пленок или жгутиков, которые в свою очередь соединяются (вследствие слипания, а частично и образования «сшивающих» их химических ковалентных и других связей-мостиков) с пленками и жгутиками набухшего белка смежных частиц муки. В результате этого набухшие водонерастворимые белки образуют в тесте трехмерную губчатую-сетчатую непрерывную структурную основу — как бы губчатый каркас («скелет»), который в основном обуславливает специфические структурно-механические свойства пшеничного теста — его растяжимость и упругость.

Этот белковый структурный каркас часто называют *клейковинным*. Это может создать представление о том, что он построен только из клейковины в том ее составе и состоянии, в каком мы ее получаем после отмывания из теста.

Следует отметить, что клейковина в этом виде и состоянии является искусственным продуктом, образующимся в результате и при условии ее отмывания из теста. В тесте, в том числе и в его структурном белковом каркасе, клейковины в этом привычном для нас составе и состоянии нет.

Общим у белкового каркаса теста и комочка отмытой клейковины является лишь то, что они в основе имеют набухший водонерастворимый белок муки.

В тесте в белковый каркас вкраплены зерна крахмала и частицы оболочек зерна. Белковые вещества, составляющие основу этого каркаса, при набухании могут осмотически поглощать не только воду, но

и растворенные и даже пептизированные в жидкой фазе составные части муки и теста. В тесте на состояние белковых веществ его каркаса действуют сахара, соли, в том числе поваренная соль, внесенная в него, и кислоты.

На структуру белка в этом каркасе оказывает окислительное воздействие кислород пузырьков воздуха, механически захваченного при замесе теста.

В тесте на белок его каркаса действует и протеиназа муки, находящаяся во фракции водорастворимых белков в его жидкой фазе.

Количество свободной воды в жидкой фазе теста, могущее принимать участие в набухании белка, во много раз меньше тех количеств воды, с которыми белок муки соприкасается при отмывании из теста клейковины. При отмывании из теста клейковины образующие ее водорастворимые белки муки подвергаются длительному воздействию избыточного количества воды при одновременных интенсивных механических манипуляциях с тестом и постепенно отмывающейся из него клейковиной. При этом происходит выделение и удаление с отмывной водой всего, что способно отделиться от набухшего белка механически (крахмал, частицы оболочек). Одновременно этой водой могут быть растворены или «вымыты» соли, сахара, кислоты, ферменты и перешедшие в жидкую фазу теста пептизированные белки и сильно набухшие слизи.

Все это вносит существенные различия в состав, состояние, структуру и свойства белкового каркаса в тесте и клейковины, отмывтой из этого теста.

Между реологическими свойствами теста, количеством и свойствами отмывтой из него клейковины существует, однако, определенная зависимость. По мере брожения теста его реологические свойства, состояние его белкового каркаса существенно изменяются. Значительно изменяются, как будет показано далее, и свойства отмываемой из теста клейковины.

Белковые вещества теста способны поглотить и связать воды в два — два с лишним раза больше своей массы. Из этого количества воды менее четвертой части связывается адсорбционно. Остальная часть воды впитывается осмотически, что приводит к набуханию и резкому увеличению объема белков в тесте.

Крахмал муки составляет количественно основную часть теста. С точки зрения связывания в тесте воды большое значение имеет то, что часть зерен крахмала муки (обычно около 15%) при размоле повреждена. Установлено, что если целые зерна крахмала муки могут связать влаги максимум 44% на сухое вещество, то поврежденные зерна крахмала могут поглотить воды до 200%.

Целые зерна крахмала в отличие от белков связывают воду в основном адсорбционно, поэтому объем их в тесте увеличивается весьма незначительно.

В тесте из муки большого выхода, например обойной, существенную роль в связывании воды играют частицы оболочек зерна (отрубистые частицы), которые связывают влагу адсорбционно вследствие наличия в них большого числа капилляров. Именно поэтому влагоемкость муки большого выхода более высока.

Зерна крахмала, частицы оболочек и набухшие нерастворимые в воде белки составляют «твердую» фазу теста.

Зерна крахмала и частицы оболочек в отличие от белков придают тесту свойства только пластичности.

Говоря о распределении воды в пшеничном тесте, нельзя не отметить и роли так называемых слизей (водорастворимых пентозанов), которые могут в определенных условиях поглощать воду при набухании в количестве до 1500% на сухое вещество.

Наряду с твердой фазой в тесте имеется и жидкая фаза. В части воды, не связанной адсорбционно крахмалом, белками и частицами оболочек зерна, находятся в растворе водорастворимые вещества теста — минеральные и органические (водорастворимые белки, декстрины, сахара, соли и др.). В этой фазе, очевидно, находятся и очень сильно набухающие пентозаны (слизи) муки.

Часть водонерастворимых белков, обычно набухающих в воде ограниченно, в известных условиях может начать набухать неограниченно и в результате этого пептизироваться и переходить в состояние вязкого коллоидного раствора.

Это явление может происходить при структурной дезагрегации набухших белков теста вследствие интенсивного протеолиза, чрезмерных механических воздействий или действия иных факторов, разрывающих поперечные дополнительные связи между структурными элементами белка. Чаще всего это может происходить при замесе теста из очень слабой муки, структурная прочность белка которой понижена.

Жидкая фаза пшеничного теста, включающая перечисленные выше его составные части, может частично находиться в виде свободной вязкой жидкости, окружающей элементы твердой фазы (набухшие белки, зерна крахмала и частицы оболочек зерна). Однако в пшеничном тесте значительная часть жидкой фазы, содержащей в основном относительно низкомолекулярные вещества, может быть осмотически поглощена набухшими белками теста.

Вероятно, основная часть жидкой фазы теста осмотически связана его белками в процессе набухания.

Наряду с твердой и жидкой фазами в тесте имеется газообразная фаза. Обычно считают, что газообразная фаза в тесте появляется только

в результате процесса брожения в виде пузырьков углекислого газа (диоксида углерода), выделяемых дрожжами. Однако установлено, что и во время замеса, когда еще не приходится говорить о выделении газа бродительной микрофлорой теста, в нем образуется газообразная фаза. Это происходит благодаря захвату и удержанию тестом (окклюзии) пузырьков воздуха. Было показано, что количество газа в тесте в процессе замеса нарастает. При умышленно увеличенной длительности замеса содержание газовой фазы может достигать 20% от общего объема теста. Даже при нормальной длительности замеса теста в его объеме может содержаться до 10% газообразной фазы. Часть воздуха вносится в массу муки и в очень небольших количествах — с водой до замеса теста.

Попутно отметим, что этой газообразной фазе, образованной в тесте во время замеса, исследователи этого вопроса отводят существенную роль в образовании пористости мякиша хлеба.

Очевидно, что часть пузырьков захваченного при замесе воздуха может находиться в виде эмульсии газа в жидкой фазе теста, а часть — в виде газовых пузырьков, включенных в набухшие белки теста.

Жир при внесении в тесто может находиться как в виде эмульсии в жидкой фазе, так и в виде адсорбционных пленок на поверхности частиц твердой фазы теста.

Таким образом, тесто непосредственно после замеса можно рассматривать как дисперсную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз.

Очевидно, что соотношение массы отдельных фаз должно в значительной мере обуславливать реологические свойства теста. Повышение доли свободной жидкой и газообразной фазы несомненно «ослабляет» тесто, делая его более жидким и более текучим. Увеличение доли свободной жидкой фазы — одна из причин повышенной липкости теста.

Наряду с описанными выше физико-механическими и коллоидными процессами при замесе теста одновременно начинают происходить и биохимические процессы, вызываемые действием ферментов муки и дрожжей.

Основное влияние на свойства теста при весьма непродолжительном замесе могут оказывать процессы протеолиза и в меньшей мере — амилолиза. Известную роль может играть и ферментативное расщепление слизей (пентозанов) муки.

В результате гидролитического действия ферментов в тесте происходит дезагрегация и расщепление веществ, на которые они действуют (белок, крахмал и др.). Вследствие этого увеличивается количество веществ, способных переходить в жидкую фазу теста, что должно приводить к соответствующему изменению его реологических свойств.

Следует отметить, что соприкосновение во время замеса массы теста с кислородом воздуха существенно влияет на процесс протеолиза в нем.

Опытами было показано, что при замесе в атмосфере азота, воздуха или кислорода реологические свойства теста были неодинаковыми. Наилучшими реологическими свойствами обладало тесто, замешенное в атмосфере кислорода, несколько худшими — замешенное в атмосфере воздуха и значительно худшими — замешенное в атмосфере азота. Объясняется это влиянием окислительных процессов на состояние белково-протеиназного комплекса муки.

Механическое воздействие на тесто на разных стадиях замеса может по-разному влиять на его реологические свойства.

В самой начальной стадии замеса механическая обработка вызывает смешение муки, воды и других видов сырья и слипание набухающих частиц муки в сплошную массу теста. На этой стадии замеса механическое воздействие на тесто обуславливает и ускоряет его образование.

Еще некоторое время после этого механическое воздействие на тесто может улучшать его свойства, способствуя ускорению набухания белков и образованию в тесте губчатого клейковинного структурного остова.

Дальнейший замес теста может приводить уже не к улучшению, а к ухудшению его реологических свойств, что может быть вызвано механическим разрушением как клейковинного остова, так и структурных элементов набухших белков теста. Особенно резко это проявляется при замесе теста из слабой муки, в котором структурный остов наименее прочен.

Температура теста в процессе замеса несколько повышается. Причиной этого являются выделение теплоты гидратации частиц муки и переход части механической энергии замеса в тепловую, воспринимаемую тестом. На первых стадиях замеса повышение температуры ускоряет образование теста и достижение им оптимума реологических свойств. Дальнейшее повышение температуры, увеличивая интенсивность гидролитического действия ферментов и снижая вязкость теста, может привести к ухудшению его реологических свойств.

Кратко описанные выше физико-механические, коллоидные и биохимические процессы происходят при замесе теста одновременно и взаимно влияют друг на друга. Влияние отдельных процессов на реологические свойства теста при замесе различно.

Те процессы, которые способствуют адсорбционному и особенно осмотическому связыванию влаги и набуханию коллоидов теста и в связи с этим увеличению количества и объема твердой фазы, улучшают реологические свойства теста, делают его более густым по консистенции, эластичным и сухим на ощупь.

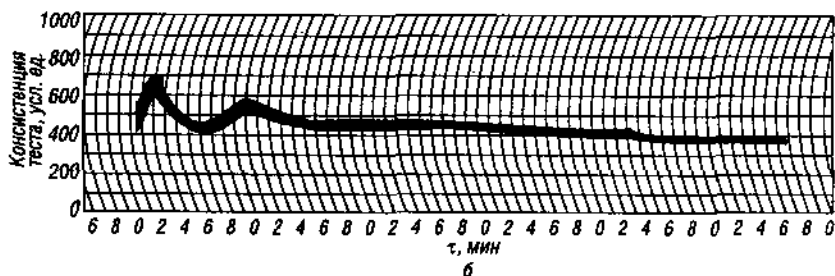
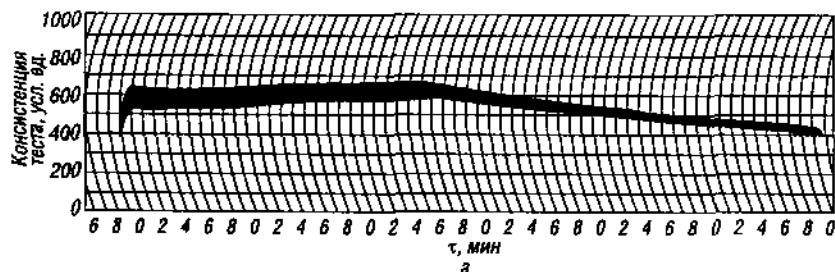


Рис. 18. Фаринограммы замеса теста:
а — из муки и воды; *б* — из муки; воды и 0,025% цистеина

Те же процессы, которые способствуют дезагрегации, неограниченному набуханию, пептизации и растворению составных частей теста и в связи с этим увеличению количества жидкой фазы в нем, ухудшают реологические свойства теста, делая его более жидким по консистенции, более тягучим, липким и мажущимся.

Противоположное по направленности влияние этих двух групп процессов на реологические свойства теста может быть иллюстрировано полученными нами фаринограммами (рис. 18).

Эти фаринограммы умышленно продленного до 60 мин замеса получены для теста из очень сильной пшеничной муки. Фаринограмма *а* относится к тесту из муки и воды; фаринограмма *б* — к тесту из того же количества муки и воды и 0,025% цистеина.

На фаринограмме замеса теста из муки и воды можно видеть, что через 1–2 мин после замеса кривая достигает первого максимума. Затем наблюдается некоторый спад кривой и последующий ее подъем. Второй максимум подъема кривой был достигнут постепенно на 24-й минуте замеса теста, после чего происходит постепенный спад кривой, несколько задерживающийся примерно на 48-й минуте замеса, когда наблюдается как бы третий максимум на кривой фаринограммы.

Значительно более четко эти три максимума видны на кривой фаринограммы замеса теста из муки, воды и 0,025% цистеина.

Первый максимум был достигнут после 2 мин замеса, после чего наблюдалось резкое падение кривой, быстро переходящее в подъем, завершающийся вторым максимумом на 11-й минуте замеса. Затем наблюдалось постепенное понижение кривой

с четко заметным, но значительно менее резко выделяющимся третьим максимумом, приходящимся на 27–28-ю минуту замеса.

Чем можно объяснить наличие на кривых этих фаринограмм замеса отмеченных трех максимумов?

Первый максимум характеризует момент перехода смешиваемого сырья в состояние теста.

Второй максимум может быть объяснен процессами адсорбционного и особенно осмотического связывания воды набухающими белковыми и другими коллоидами теста.

Известное снижение уровня консистенции теста, наблюдающееся после достижения первого максимума, связано с тем, что на этом интервале процесса замеса действие гидролитических ферментов, разжижающих тесто, превосходит по интенсивности процессы набухания частиц муки, пока еще замедленные. Через некоторое время процесс набухания начинает идти с интенсивностью, достаточной для того, чтобы превысить разжижающее действие ферментов теста.

Падение кривой после второго максимума свидетельствует о том, что гидролитические ферментативные процессы, а также процессы пептизации и механической дезагрегации белков теста начинают вновь преобладать над уже замедлившимся процессом набухания, что и приводит к дальнейшему постепенному разжижению теста.

Весьма нечетко выраженный третий максимум на кривой фаринограммы связывают с возрастанием липкости теста к этому периоду замеса.

Добавление к тесту 0,025% цистеина резко увеличило интенсивность протеолиза и дезагрегацию набухающих белков теста. Поэтому на фаринограмме замеса теста падение кривой после достижения первого максимума выражено особенно четко. Поэтому же и второй максимум, вызванный дальнейшим набуханием теста, на этой фаринограмме был достигнут в два с лишним раза быстрее, чем в тесте из муки и воды.

Следует отметить, что в тесте из слабой муки процессы набухания происходят скорее и быстрее перекрываются очень интенсивно идущими процессами гидролитического распада, дезагрегации и пептизации. Поэтому на фаринограммах замеса теста из слабой муки первый и второй максимумы совпадают и кривая имеет только один максимум.

Ухудшающее влияние чрезмерной длительности и интенсивности замеса теста на его реологические свойства сказывается тем сильнее, чем слабее мука и чем выше температура теста. Поэтому тесто из сильной муки следует месить дольше, чем тесто из слабой муки. Для достижения оптимальных реологических свойств тесто из сильной муки необходимо месить некоторое время и после того, как оно превратится в однородную массу без остатков непромешенной муки.

БРОЖЕНИЕ (СОЗРЕВАНИЕ) ТЕСТА

Брожение теста, начинаясь с момента замеса теста, продолжается во время его нахождения в емкостях для брожения теста до разделки.

Брожение происходит в тесте и при делении его на куски, формировании, расстойке сформованных кусков и даже в первый период процесса выпечки.

В производственной практике, однако, термин брожение теста охватывает период брожения с момента замеса теста до деления его на куски. В таком понимании в данном разделе и будет применяться этот термин.

Цель брожения опары и теста — приведение теста в состояние, при котором оно по газообразующей способности и реологическим свойствам будет наилучшим для разделки и выпечки. Не менее важно накопление при этом в тесте веществ, обуславливающих вкус и аромат, свойственные хлебу из хорошо выбродившего теста.

Разрыхление теста углекислым газом (диоксидом углерода), позволяющее получить хлеб с хорошо разрыхленным пористым мякишем, становится основной задачей процесса брожения на стадиях расстойки и выпечки хлеба.

Сумму процессов, приводящих тесто в результате брожения и обминки в состояние, оптимальное для разделки и выпечки, объединяют общим понятием *созревание теста*.

Готовое к разделке, хорошо созревшее тесто должно удовлетворять следующим требованиям:

1) газообразование в сформованных кусках теста к началу процесса расстойки должно происходить с достаточной интенсивностью;

2) реологические свойства теста должны быть оптимальными для деления его на куски, округления, закатки и других возможных формирующих операций, а также для удержания тестом газа и сохранения формы изделия при окончательной расстойке и выпечке;

3) в тесте должно быть достаточное количество несброженных сахаров и продуктов гидролитического распада белков, необходимых для нормальной окраски корки хлеба;

4) в тесте должны образовываться и содержаться в необходимых количествах вещества, обуславливающие специфический вкус и аромат хлеба.

Перечисленные свойства приобретаются тестом в результате целого ряда сложных комплексных процессов, происходящих одновременно и во взаимодействии.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ БРОЖЕНИИ ТЕСТА

Рассмотрение процессов, происходящих при брожении теста и приводящих к его созреванию, начнем с процессов, вызываемых в тесте дрожжами.

Спиртовое брожение

Как известно, зимазный комплекс ферментов дрожжей обеспечивает превращение моносахаров в спирт и углекислый газ (диоксид углерода). При этом молекула сахара гексозы превращается в две молекулы этилового спирта и две молекулы углекислого газа. Применяемые в хлебопечении дрожжи могут сбраживать все основные сахара теста — глюкозу, фруктозу, сахарозу и мальтозу.

Глюкоза и фруктоза сбраживаются непосредственно. Сахароза предварительно превращается сахарозой в глюкозу и фруктозу. В тесте с дрожжами скорость этого превращения сахарозы очень велика: уже через несколько минут после замеса теста вся содержащаяся в нем сахароза (даже при добавлении ее в тесто в количестве 7,5% от массы муки) превращается в глюкозу и фруктозу.

Молекула мальтозы также может разлагаться в тесте мальтазой дрожжей на две молекулы глюкозы.

В тесте (или опаре) дрожжами могут сбраживаться: собственные сахара муки, мальтоза, образующаяся в тесте из крахмала в результате действия на него амилолитических ферментов, и сахар, вносимый в тесто (обычно сахароза).

Значение и роль в брожении теста собственных сахаров муки и мальтозы, образующейся в результате амилолиза, разобраны нами при рассмотрении вопроса о сахаро- и газообразующей способности муки.

Напомним, что собственные сахара муки могут играть существенную роль только на первых стадиях брожения теста. При наличии в тесте глюкозы, фруктозы и мальтозы (сахароза, как уже отмечалось, очень быстро превращается в тесте в глюкозу и фруктозу), скорость и очередность сбраживания этих сахаров различны.

Сначала сбраживаются глюкоза и фруктоза. При одновременном присутствии этих сахаров скорость сбраживания глюкозы несколько больше, чем фруктозы.

Мальтоза начинает сбраживаться хлебопекарными дрожжами только после того, как все наличное количество глюкозы и фруктозы практически сброжено. Переключение дрожжей со сбраживания глюкозы и фруктозы на сбраживание мальтозы требует известной перестройки ферментного аппарата дрожжевой клетки, поэтому в этот период скорость газообразования временно снижается. После приспособления дрожжей к сбраживанию мальтозы скорость газообразования в тесте опять возрастает до тех пор, пока не начнет сказываться недостаточность мальтозы в бродильной среде.

При добавлении в тесто сахарозы, превращающейся в нем в глюкозу и фруктозу, начало сбраживания мальтозы по времени отодвигается.

При достаточном количестве добавленной в тесто сахарозы мальтоза вообще практически не сбраживается дрожжами.

При опарном способе приготовления теста дрожжи уже в опаре приспособляются к сбраживанию мальтозы. Поэтому хотя при замесе теста на опаре в нем и появляются новые количества глюкозы и фруктозы (в том числе и за счет сахарозы), но резкого снижения сбраживания мальтозы в тесте уже не наблюдается.

Размножение дрожжей

Определение количества дрожжевых клеток в таких объектах, как опара или тесто, представляет ряд методических трудностей. Поэтому хотя разработкой методик этого определения и занимался ряд исследователей, результаты подсчетов имеют все же приближенный характер.

Можно считать установленным, что чем меньше исходное содержание дрожжей в тесте, тем в большей мере происходит их размножение. Так, установлено, что прирост количества дрожжевых клеток в тесте за 6 ч брожения был следующий:

Количество добавляемых дрожжей, % к массе муки	0,5	1,0	1,5	2,0
Прирост дрожжевых клеток, %	88	58	49	29

Если учесть, что при содержании дрожжей в количестве 2% длительность брожения теста намного меньше 6 ч, то можно считать, что в тесте, содержащем по отношению к массе муки более 2% дрожжей, за обычные сроки брожения размножения дрожжей практически не происходит.

Следует отметить, что в 1 г прессованных дрожжей содержится обычно около 10 млрд дрожжевых клеток (по данным отдельных исследователей — от 7,9 до 20,2 млрд).

Исходя из этого, начальное содержание дрожжевых клеток в безопарном пшеничном тесте, содержащем 60% воды, 1,5% соли и 2% прессованных дрожжей (к массе муки), будет равно примерно 120 млн на 1 г теста.

Размножение дрожжевых клеток может быть ускорено обогащением питательной среды витаминами и отдельными минеральными солями, например хлористым аммонием и сернокислым кальцием. Незначительные добавки хлорида натрия также могут стимулировать размножение дрожжей.

Изменение кислотности теста

В процессе брожения происходит увеличение кислотности опары и теста, вызванное накоплением продуктов, имеющих кислую реакцию. Титруемая кислотность опары и теста возрастает, а рН сдвигается в сторону более кислой реакции среды. Численное значение рН пшеничного теста из сортовой муки за время брожения изменяется с 6 примерно до 5.

Увеличение кислотности опары и теста в процессе брожения происходит в основном в результате образования и накопления ряда кислот.

В выброженном тесте присутствуют молочная, уксусная, янтарная, яблочная, муравьиная, винная, лимонная и некоторые другие органические кислоты. При приготовлении теста на прессованных дрожжах нарастание его кислотности в результате брожения примерно на две трети обусловлено накоплением в тесте молочной кислоты. Значительную роль играет и накопление уксусной кислоты. На долю всех остальных кислот падает обычно менее 10% кислотности теста.

Принято считать, что накопление в пшеничном тесте молочной и уксусной кислот является результатом брожения, вызываемого гетероферментативными молочнокислыми бактериями.

В накоплении молочной кислоты в тесте могут играть известную роль и гомоферментативные молочнокислые бактерии. При приготовлении пшеничного теста на прессованных дрожжах эти бактерии вносятся в тесто в основном с мукой. Следует отметить, что и товарные прессованные дрожжи содержат известное количество кислотообразующих бактерий.

Напомним, что в прессованных спиртовых дрожжах содержание молочнокислых бактерий почти в 3 раза ниже, чем в прессованных дрожжах, вырабатываемых на дрожжевых заводах.

Из кислотообразующих бактерий при обычной температуре опары и теста (28–30 °С) основную роль в кислотообразовании играют птермофильные бактерии, имеющие температурный оптимум около 35 °С.

Содержащиеся также в муке термофильные молочнокислые бактерии типа бактерий Дельбрюка, имеющие температурный оптимум 48–54 °С, при обычной температуре опары и теста существенной роли играть не могут.

В табл. 10 приведены примерные значения титруемой кислотности опары и пшеничного теста из муки разных сортов, приготовляемого на прессованных дрожжах.

Как видно из данных табл. 10, чем больше выход муки, тем выше начальная и конечная кислотность опары и теста. Объясняется это тем,

что с повышением выхода муки увеличивается ее кислотность и, очевидно, количество в ней кислотообразующих бактерий.

Чем выше температура опары или теста, тем быстрее идет нарастание в них кислотности.

Таблица 10

Мука, сорт	Кислотность опары, град		Кислотность теста, град	
	начальная	конечная	начальная	конечная
I	1,5-2,0	2,5-3,2	2,0-2,5	3,0-3,5
II	2,8-3,2	4,5-5,0	3,0-3,7	4,5-5,0
Обойная	3,5-4,0	5,5-6,0	4,5-5,0	5,5-6,5

Изменение кислотности пшеничного теста во время его брожения имеет большое значение. Процессы набухания и пептизации белковых веществ теста ускоряются при повышении его кислотности. Кислотность теста влияет и на действие в нем ферментов.

Вкус и аромат хлеба в значительной мере обусловлены накоплением в тесте кислот и продуктов их взаимодействия с некоторыми другими составными веществами теста, например спиртами.

Не случайно поэтому конечная кислотность опары или теста принимается за один из показателей их готовности или степени зрелости, а кислотность хлеба является одним из показателей его качества, включенных в стандарт на хлеб.

С точки зрения вкуса хлеба важны не только количество, но и состав кислот теста. Молочная кислота придает хлебу приятный вкус, свойственный пшеничному хлебу; уксусная же и другие летучие кислоты придают хлебу резко выраженный кислый вкус.

Коллоидные и физические процессы

Коллоидные процессы, происходящие при замесе и образовании теста, не завершаются к моменту окончания замеса, а продолжают и во время последующего брожения теста. Пожалуй, только адсорбционное связывание влаги белками, крахмалом и отрубистыми частицами муки можно считать в основном законченным при замесе теста. Однако и этот процесс в известной мере продолжается при брожении теста.

Уменьшение плотности структуры белков теста, происходящее в результате как осмотических процессов набухания, так и дезагрегации белков протеиназой, увеличивает площадь их поверхности, которая может участвовать в адсорбционном связывании влаги.

При брожении теста продолжают интенсивно развиваться процессы набухания коллоидов, в том числе неограниченное набухание и пептизация белков теста и слизи муки.

Постепенное повышение кислотности и накопление спирта в тесте способствуют увеличению гидрофильности коллоидов теста.

Ограниченное набухание белков теста, продолжающееся при его брожении, уменьшает в нем количество жидкой фазы, улучшая тем самым его реологические свойства. Неограниченное набухание и пептизация, наоборот, увеличивают переход веществ в жидкую фазу теста, ухудшая его реологические свойства.

В тесте из муки различной силы эти процессы происходят с разной скоростью. Процессы набухания в тесте из сильной муки протекают замедленно, достигая максимума только к концу брожения теста. Неограниченное набухание и пептизация белков при этом незначительны.

В тесте из слабой муки ограниченное набухание белков протекает относительно быстро. После достижения максимума ограниченного набухания вследствие малой структурной прочности белка, ослабляемой также интенсивным протеолизом, начинается процесс неограниченного набухания, переходящий в процесс пептизации. Поэтому в тесте из слабой муки количество жидкой фазы быстро увеличивается, что ведет к ухудшению реологических свойств теста, к его разжижению.

Механическое воздействие на тесто во время брожения, осуществляемое в виде обминки, способствует ускорению набухания белков теста из сильной муки и поэтому улучшает его реологические свойства. Интенсивная обминка теста из очень слабой муки приводит к дополнительному ускорению разрушения и без того ослабленной структуры набухших белков теста и поэтому — к дополнительному ускорению их пептизации, вызывающему ухудшение структурно-механических свойств теста.

В процессе брожения теста (или опары) происходит увеличение его объема, вызванное разрыхлением пузырьками диоксида углерода, накапливающегося в результате спиртового брожения. Само по себе это разрыхление кажется бесполезным, так как основная часть диоксида углерода будет вытеснена из теста при обминке, последующем делении на куски и формовании, однако известную пользу оно все же дает. Вследствие увеличения теста в объеме при его брожении происходит дальнейшее как бы вытягивание и растягивание клейковинных пленок из набухших частиц муки.

Последующее слипание этих пленок при обминке теста и механических операциях его разделки обеспечивает создание в тесте структурного губчатого белкового каркаса, обуславливающего формо- и газодерживающую способность теста в решающих стадиях технологического процесса — при окончательной расстойке и выпечке. В результате

этого мякиш хлеба приобретает мелкую, тонкостенную и равномерную пористость, характерную для хорошего пшеничного хлеба.

Температура теста (и опары) в процессе брожения обычно увеличивается на 1–2 °С по сравнению с начальной температурой теста сразу после замеса. Обусловлено это экзотермичностью процесса брожения и некоторым, очевидно незначительным, адсорбционным связываемым влаги, продолжающимся при брожении теста.

Биохимические процессы

Процессы спиртового и кислотного (в основном молочнокислого) брожения теста представляют собой целую цепь сложных биохимических процессов, обусловленных взаимодействием комплекса ферментов дрожжей и кислотообразующих бактерий теста и ферментов муки.

При этом из теста в клетки дрожжей и кислотообразующих бактерий поступают растворимые продукты, необходимые для их жизнедеятельности (брожения, дыхания, размножения), а из клеток в тесто выделяются основные и побочные продукты брожения.

Наряду с этим вещества, входящие в состав теста, испытывают комплекс превращений, обусловленных действием ферментов муки и продуктов, выделяемых дрожжами и кислотообразующими бактериями теста. В результате этого состав и свойства теста непрерывно изменяются.

Нельзя не отметить, что все многообразие комплексных биохимических процессов, происходящих в тесте при брожении, изучено еще недостаточно. Поэтому экспериментально обоснованно можно говорить лишь об отдельных изменениях биохимической природы, наблюдаемых при брожении теста.

Углеводно-амилазный комплекс теста в процессе брожения непрерывно изменяется. Собственные сахара муки довольно быстро сбраживаются дрожжами. В это же время из крахмала муки под действием ее амилаз (в муке из непроросшего зерна — практически только под действием β -амилазы) непрерывно образуется мальтоза.

Таким образом, происходит непрерывное потребление сахаров на процесс брожения и одновременно непрерывное пополнение их количества мальтозой, образующейся в результате амилолиза крахмала. В зависимости от соотношения интенсивности этих двух процессов может происходить либо уменьшение, либо увеличение общего количества сахаров в тесте в процессе его брожения.

Выше уже отмечалось, что мальтоза, содержащаяся в тесте, начинает сбраживаться только после того, как сахароза, глюкоза и фруктоза будут сброжены. Сахароза в бродящем тесте в первые же минуты прак-

тически полностью превращается сахарозой в глюкозу и фруктозу. К концу брожения тесто должно содержать количество сбраживаемых сахаров, достаточное для интенсивного брожения в тестовых заготовках при их расстойке и для нормальной окраски корки пшеничного хлеба.

Следует отметить, что высокомолекулярные пентозаны муки в тесте в значительной степени подвергаются гидролизу под действием соответствующих ферментов.

Белки теста при его брожении претерпевают теста не только изменения коллоидного состояния (набухание, пептизация), но и подвергаются протеолизу.

Неоднократно отмечалось, что протеолиз в бродящем тесте, замешанном с дрожжами, происходит интенсивнее, чем в тесте без дрожжей. Часто это объясняется тем, что дрожжи содержат значительное количество глутатиона, способного в восстановленной форме активизировать действие протеиназы муки.

С этой точки зрения важно содержание в дрожжах не общего количества глутатиона, а глутатиона, способного переходить из дрожжевых клеток в окружающую их среду, т. е. в тесто. Количество такого глутатиона в прессованных дрожжах возрастает по мере их хранения, особенно в неблагоприятных условиях. Поэтому протеолиз в тесте может быть активирован частично и вследствие перехода в него известного количества глутатиона дрожжей.

Однако протеолиз в бродящем тесте активируется и дрожжами, не выделяющими глутатион. Это можно, по-видимому, объяснить тем, что внесение в тесто дрожжей сдвигает его окислительно-восстановительный потенциал в направлении усиления восстановительных свойств. Восстановительное же действие влияет на все элементы белково-протеинозного комплекса муки в тесте: протеиназа активируется, окислительная часть активаторов протеолиза восстанавливается и атакуемость белков повышается.

Протеолиз, происходящий в пшеничном тесте, в основном важен не по образованию весьма незначительного количества продуктов глубокого распада белка, а по его дезагрегирующему белки действию.

Ошибочно считать, что любая степень протеолиза в тесте из муки любой силы вредна. Например, в тесте из сильной муки известная степень протеолиза даже необходима для достижения им реологических свойств, оптимальных для получения хлеба лучшего качества.

Окраска корки хлеба обуславливается меланоидинами, образующимися в результате взаимодействия восстанавливающих сахаров с продуктами протеолитического распада белков. Поэтому и с этой точки зрения известная степень протеолиза в тесте необходима.

Протеолиз в пшеничном тесте необходим и для приведения набухших белков теста в состояние, оптимальное для получения хлеба с наилучшей структурой пористости.

Однако интенсивность протеолиза в тесте не должна превышать оптимума, зависящего от силы муки и ряда других факторов.

Чрезмерно интенсивный протеолиз, обычно наблюдаемый в тесте из очень слабой муки, дезагрегируя в значительной мере структурно непрочные белки такой муки, приводит к резкому увеличению неограниченного набухания и пептизации белков теста. В результате несоответственно увеличивается жидкая фаза теста. По консистенции тесто получается малопригодным для механической обработки на округлительных и закаточных машинах. При расстойке и выпечке такое тесто сильно расплывается, давая хлеб недостаточного объема и недопустимо рассыпавшийся.

В связи с этим протеолиз в тесте из слабой и даже средней по силе муки целесообразно задерживать. Наиболее эффективным методом торможения протеолиза при брожении теста может быть применение улучшителей окислительного действия.

Известное торможение протеолиза в опаре и тесте вызывает и *поваренная соль*.

За последние годы был проведен ряд исследований, имеющих целью изучить изменения, происходящие в опарах и тесте при их брожении, в том числе и роль протеолиза в качестве одного из факторов, вызывающих эти изменения.

В некоторых из этих работ роль протеолиза изучалась в водно-мучных суспензиях, не подвергавшихся брожению. Результаты этих опытов, естественно, не могут отразить значительно более сложных условий, в которых протеолиз происходит в тесте при брожении.

Исходя из результатов исследований, можно прийти к заключению, что первичным и основным результатом протеолиза в тесте является дезагрегирующее действие протеиназы на белки. При этом изменяется в основном четвертичная и третичная структура белка.

Разукрупнение межмолекулярных образований, изменение и ослабление третичной структуры белка в его молекулах облегчает и ускоряет набухание белка и увеличивает долю белка в результате пептизации переходящего в жидкую фазу теста. Это приводит к соответствующему изменению реологических свойств белкового каркаса теста и самого теста. Свойства теста ухудшаются, оно разжижается в процессе брожения.

В начале изучения протеолиза в тесте пытались характеризовать его по накоплению конечных продуктов гидролиза белка — свободных аминокислот — путем определения химическими методами прироста аминного или карбоксильного азота. Однако изменения численных значений этих показателей при протеолизе теста

были очень невелики. Поэтому в последующем стали характеризовать протеолиз по приросту водорастворимого азота, в большей степени отражающего интенсивность этого процесса.

Однако и этот показатель недостаточно отражает дезагрегирующее белок действие протсинназы в реальном тесте.

Исследования последних лет показали, что по содержанию водорастворимого азота в тесте (или опаре) к концу брожения нельзя судить о действительном количестве водорастворимых азотистых соединений, образовавшихся в тесте. Эти соединения в бродящем тесте не только образуются, но и непрерывно расходуются — потребляются бродильными микроорганизмами.

В связи с этим при изучении протеолиза в бродящем тесте по изменению содержания водорастворимого азота нужно идти сложным путем определения баланса (и «прихода» и «расхода») этой формы азотистых соединений. Но и в этом случае показатель содержания водорастворимых азотистых веществ не может в достаточной мере характеризовать изменения белков теста при его брожении.

Установлено, что при брожении теста часть водонерастворимых клейковинных белков может быть пептизирована, но находится в состоянии, в котором оно практически не будет еще сказываться на значении показателя содержания водорастворимых азотистых веществ, определяемых принятыми для этого методами. Поэтому в последние годы для изучения изменений белков теста при его брожении стали применять отмывание из готового теста клейковины с определенным количеством сырой и сухой клейковины и ее свойств. Эти показатели позволяют лишь в известной мере судить об изменениях белка, которые произошли при брожении теста.

Очевидно, вопрос об изменениях клейковины и ее свойств в процессе брожения теста требует еще дальнейшего исследования, прежде чем характер и степень этих изменений можно будет принять в качестве объективных показателей для контроля готовности (степени зрелости) теста.

ФОРСИРОВАНИЕ СОЗРЕВАНИЯ ТЕСТА С ЦЕЛЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ И УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Длительность брожения теста или опары и теста, приготавливаемых традиционными способами, исчисляется часами и составляет большую часть общей длительности производственного процесса приготовления хлеба. При этом для брожения теста или опары и теста требуются и соответственно большие емкости (дежи, бункера и т. п.).

Это делает особо актуальной задачу форсирования созревания теста в период его брожения до разделки. Форсирование процесса созревания теста может быть достигнуто ускорением процессов собственно брожения, усилением механического воздействия на тесто и применением ряда специальных добавок.

Решая эту задачу, следует помнить и о сопряженной с ней задаче повышения качества, вкуса и аромата хлеба.

Форсирование процесса брожения

Форсирование брожения — один из возможных путей ускорения созревания теста.

Для этого могут применяться различные способы:

а) увеличение количества прессованных или жидких дрожжей, вносимых при замесе в безопарное тесто или в опару; при приготовлении теста на непрерывно ведущихся жидких заквасках или иных сбразиваемых полуфабрикатах — увеличение их количества, вносимого в тесто при замесе;

б) предварительная активация прессованных дрожжей, на которых готовится опара или тесто;

в) применение не прессованных дрожжей, а более активного по бродильной способности дрожжевого молока (дрожжевого концентрата);

г) при приготовлении теста на жидких дрожжах, заквасках или иных непрерывно ведущихся сбразиваемых полуфабрикатах — подбор и применение более активных рас и штаммов бродильных микроорганизмов (дрожжей и кислотообразующих бактерий);

д) включение в рецептуру теста смеси минеральных солей, необходимых для питания дрожжевых клеток;

е) повышение температуры теста или предшествующих ему полуфабрикатов (опары и пр.) до температуры, оптимальной для форсирования брожения.

При этих способах применения следует не упускать из вида качественные показатели готового к разделке теста (достаточное содержание сбразиваемых сахаров, реологические свойства теста, обеспечивающие бесперебойное прохождение его через округлительно-закаточные машины и агрегаты для расстойки и, что самое важное, получение хлеба хорошего объема, правильной формы, полноценного по вкусу и аромату).

Усиленное механическое воздействие на тесто при его замесе и образовании

Этот способ является одним из радикальных путей форсирования процесса созревания теста.

При рассмотрении процессов, происходящих при замесе теста, отмечалось, что цель замеса теста не ограничивается только получением однородной во всей массе смеси ингредиентов, из которых оно готовится. Не менее важно привести тесто в состояние, при котором его свойства обеспечат оптимальное протекание последующих стадий технологического процесса и позволят получить хлеб наилучшего качества.

Следует отметить, что возможность ускорения процесса созревания теста путем усиления его механической обработки при замесе была экспериментально установлена исследователями уже много лет назад.

Следует отметить, что исследованиям 1926–1938 гг. предшествовало, а частично совпадало с ними по времени широкое внедрение в практику хлебопечения в США и Англии тестомесильных машин для порционного замеса теста с резко увеличенными скоростями месильных органов. Тесто при замесе в этих тестомесильных машинах обрабатывалось очень интенсивно, что вызывало значительное повышение его температуры. Поэтому месильные камеры этих машин снабжены водяными рубашками, а в отдельных конструкциях предусмотрено водяное охлаждение полых тестомесильных органов.

Однако в большинстве европейских стран и в нашей стране для замеса теста продолжали применяться «тихоходные» тестомесильные машины с малым числом циклов рабочего органа за единицу времени. Замес теста на таких тестомесильных машинах относительно длителен (6–10 мин, а иногда и более) и не обеспечивает достаточно интенсивной механической обработки теста.

В упомянутых исследованиях 1926–1938 гг. сущность изменений, вызывающих при интенсификации замеса теста ускорение его созревания и улучшение качества хлеба, или не затрагивалась, или трактовалась с точки зрения чисто механического воздействия на коллоидные и реологические свойства клейковины в тесте и структурного каркаса, образуемого клейковиными белками в тесте.

Еще в 1937 г. было установлено, что между замесом теста, особенно усиленным, и протеканием в нем окислительных процессов существует определенная связь.

Исследовался замес теста в вакууме, в атмосфере воздуха, кислорода, азота, водорода и диоксида углерода с добавлением в тесто улучшителей окислительного действия и без этих добавок.

В этих работах был установлен факт механического захвата (окклюзии) тестом в процессе его замеса значительных количеств газа, в атмосфере которого ведется замес теста.

Если замес теста производится в атмосфере воздуха, кислорода или, как это позднее предлагалось, в атмосфере воздуха, обогащенного кислородом, то эти газовые пузырьки, образованные в тесте при его замесе, являются фактором окислительного действия кислорода на соответствующие компоненты теста, и в первую очередь на его белково-протеиназный комплекс.

В случае замеса теста в атмосфере инертного в окислительном отношении газа (азота, диоксида углерода, водорода) в тесте при замесе также образуются газовые пузырьки, которые могут играть роль «зародышей» будущих пор в мякише хлеба. Однако окислительное их влияние в этом случае исключается.

Исследовалось и влияние добавления в тесто химических улучшителей окислительного действия.

Было установлено, что и замес теста в атмосфере кислорода или воздуха, и внесение в тесто этих улучшителей форсируют достижение тестом при его замесе свойств, оптимальных для получения хлеба хорошего качества.

Исходя из отмеченного влияния окисления, пришли к заключению, что в молекулах белка в тесте имеются какие-то реактивные химические группы. Механические же воздействия на тесто при его замесе приводят эти группы в состояние (положение), благоприятное для их реакционного взаимодействия.

Многочисленными исследованиями было установлено, что такими реакционноспособными группами являются в первую очередь сульфгидрильные группы —SH. Эти группы содержатся в структуре не только белка, но и активаторов протеолиза (глутатиона, цистеина) и протеиназы муки. Окисление их с образованием дисульфидных (—S—S—) связей-мостиков инактивирует активаторы протеолиза и протеиназу и упрочняет как внутримолекулярную (в основном третичную) структуру белка, так и межмолекулярные его образования (четвертичную структуру). Был в основном установлен механизм окисления —SH-групп белка, протеиназ теста и их активаторов, происходящего при замесе теста.

Окисление —SH-групп упомянутых выше компонентов белково-протеиназного комплекса теста при замесе его в атмосфере воздуха или кислорода может происходить двумя путями: либо прямым окислением —SH-групп кислородом, либо окислением полиненасыщенных жирных кислот липидов теста с образованием пероксидных соединений (в основном гидроксилов) и их последующим окислительным действием на —SH-группы теста.

Следует учитывать и динамический характер обменного взаимодействия между —SH-группами и —S—S—связями в структуре белка теста, а также в протеиназах теста и их активаторах.

Недзья не учитывать и того, что не все —SH-группы и —S—S—связи соответствующих компонентов теста в одинаковой степени доступны для реакционного взаимодействия.

Существенно и то, что не только —S—S—связи, но и водородные связи в структуре белка теста укрепляюще влияют на реологические свойства теста, его белкового каркаса и отмываемой из теста клейковины.

Возможен и еще один способ окисления —SH-групп белка и протеиназ теста и их активаторов — путем внесения в тесто улучшителей окислительного действия.

В ряде работ были установлены и уточнены существенные различия в изменениях, происходящих в тесте при его замесе в атмосфере кислорода или содержащего его воздуха и в атмосфере азота или диоксида углерода. Было показано, что замес и повторный промес теста в атмосфере кислорода характеризуются тем, что при их применении тесто быстро приходит в состояние, оптимальное для получения хорошего хлеба. При этом дальнейшее после оптимума продолжение замеса или повторного промеса теста приводит к быстрому нежелательному изменению его свойств и в результате к уменьшению объема хлеба и ухудшению пористости его мякиша.

Замес же или повторный промес теста в атмосфере азота или диоксида углерода¹ выявляли намного большую устойчивость теста к длительности проведения этих операций.

Замес теста в атмосфере кислорода почти полностью устранял ухудшающее качество хлеба действие добавления в тесто известных количеств протеиназы (палаина) и ее активаторов (цистеина, глутатиона).

¹ Существенно, что замес теста в атмосфере диоксида углерода приводил к заметному снижению по сравнению с замесом в атмосфере воздуха численного значения рН теста сразу же после его замеса.

Механическое воздействие при повторном помесе теста с избыточным количеством внесенного в него улучшителя окислительного воздействия (бромата калия) устраняло ухудшающее хлеб влияние избытка окислителя.

Улучшающий количество хлеба эффект замеса в атмосфере кислорода тем больше, чем выше выход муки и чем больше в муке восстанавливающих веществ — активаторов протеолиза.

Аналогичное влияние окислительных и механических воздействий при замесе в атмосфере кислорода, воздуха или азота было выявлено и в отношении условий и длительности замеса опары при опарном способе приготовления теста.

В ряде работ было исследовано влияние длительности и интенсивности замеса теста и состава газовой среды, в условиях которого он проводится, на обменное взаимодействие сульфгидрильных и дисульфидных групп и на состояние белков в тесте.

Так, например, было установлено, что увеличение длительности замеса теста в атмосфере азота приводит к заметному увеличению в нем количества реакционноспособных и поэтому доступных для аналитического определения сульфгидрильных групп. Было отмечено, что тесто, замешанное в атмосфере азота, получается более растяжимым и оказывающим меньшее сопротивление деформации по сравнению с тестом, замешанным в атмосфере воздуха.

Увеличение при этом в тесте числа реакционноспособных сульфгидрильных групп может быть объяснено механическим воздействием в процессе замеса на тесто и содержащиеся в нем белки. Механические воздействия могут вызывать либо механический разрыв дисульфидных связей-мостиков в структуре белка (третичной или четвертичной) с образованием при этом новых —SH-групп, либо, что более вероятно, увеличивать пространственную доступность части —SH-групп белка, имевшихся у белка муки, но бывших пространственно недоступными.

Чем дольше длится замес, тем больше набухающий в тесте белок «вытягивается» из частичек муки в виде пленок, из которых и образуется губчатый клейковинный каркас теста. Естественно, что при этом возрастает доступная реакционному взаимодействию поверхность белка, а следовательно, и доля расположенных на ней —SH-групп.

Иначе процесс протекает при замесе теста в атмосфере содержащего кислород воздуха или тем более в атмосфере кислорода.

В этих условиях увеличение длительности замеса приводит к заметному снижению количества —SH-групп при практически неизменном или незначительно меньшем количестве поддающихся определению —S—S—связей. Снижение количества —SH-групп легко объясняется их окислением кислородом, захваченным в виде мелких пузырьков тестом при его замесе.

Окисление —SH-групп приводит к соответствующему увеличению в структуре белка —S—S—связей (дисульфидных связей-мостиков). В результате происходит упрочнение структуры белка и укрупнение его межмолекулярных образований; часть образовавшихся и ранее имевшихся в белке дисульфидных —S—S—связей могут становиться пространственно недоступными и поэтому аналитически не определяемыми.

В одной из работ было прямо установлено, что замес теста в атмосфере воздуха в отличие от замеса в азоте увеличивает в тесте количество крупномолекулярных белковых веществ (имеющих молекулярную массу около 150 000) и уменьшает содержание в нем низкомолекулярных белков.

Последние десятилетия в развитии техники и технологии хлебопечения характерны разработкой новых способов и установок для непрерывно-поточного и ускоренного приготовления теста с полным выключением

чением или резким сокращением при этом периода брожения теста с момента окончания замеса до начала его разделки.

Для решения этой задачи очень актуальным было исследование возможностей и оптимальных условий ускорения процесса созревания теста и улучшения качества хлеба путем интенсификации процесса замеса теста.

Влияние степени механической обработки пшеничного теста на процессы, происходящие в нем, и на качество хлеба было исследовано в работах, проводившихся в 1958–1961 гг. во ВНИИХПе. Было установлено, что для теста из пшеничной муки I сорта имеется определенный оптимум удельной работы замеса, характеризующийся энергией, затраченной на замес теста (в Дж на 1 г теста).

Этот оптимум различен для теста из муки, разной по силе, и равен для муки слабой 15–25, средней по силе 25–40 и сильной — 40–50 Дж на 1 г теста¹.

Исследования, проводившиеся в КТИППе (И. М. Ройтер, В. Г. Юрчак, Н. И. Берзина, 1980), показали влияние целого ряда технологических факторов на оптимальную удельную затрату энергии на замес теста и целесообразность разработки соответственно дифференцированных нормативов, учитывающих сочетания разного рода технологических факторов и их параметров.

Исследования, проведенные сотрудниками Британской исследовательской ассоциации хлебопекарной промышленности в Чорливоде (Англия), привели их авторов к выводу, что независимо от свойств муки оптимальная удельная работа замеса теста равна 40 Дж на 1 г теста. При этом оговаривается, что указанная работа должна быть совершена не более чем за 4–5 мин замеса теста. Следует иметь в виду, что в данном случае речь идет о приготовлении пшеничного теста однофазным, так называемым чорливудским способом, предусматривающим разделку теста сразу же после его замеса. Позднее, однако, отмечалось, что 40 Дж на 1 г теста — это значение, которое в производственной практике для выработки хлеба требуемого качества может изменяться.

Это численное значение удельной работы интенсивного замеса теста значительно выше, чем при применении обычных тестомесильных машин периодического действия, не рассчитанных на интенсивный замес теста.

В связи с этим в ряде стран разработаны и производятся специальные тестомесильные машины как периодического, так и непрерывного действия, рассчитанные на интенсифицированный замес теста. Ряд таких тестомесильных машин снабжен аппаратурой для контроля произ-

¹ По данным Фортманна и др., оптимум удельной работы замеса равен для муки, требующей короткого замеса (т. е. слабой), 21 Дж на 1 г теста и для муки, требующей длительного замеса (сильной), 34 Дж на 1 г теста.

водимой при замесе теста работы и устройствами для автоматического выключения после достижения заданной удельной работы.

Оптимум удельной работы при замесе теста может зависеть от ряда факторов: вида, сорта и свойств муки, рецептуры теста (влажности теста, добавок жиров, окислительных улучшителей и т. д.), способа приготовления теста (однофазного или на сброженном полуфабрикате, без периода брожения теста до разделки или с той или иной длительностью этого периода и т. п.), вида хлебных изделий и требований, предъявляемых потребителем к степени и характеру пористости их мякиша.

Конфигурация месильной камеры и рабочих органов, частота их вращения влияют на виды и степень механических деформаций теста при замесе, на производимую при этом удельную работу и, вероятно, на ее оптимальную величину.

Интенсификация процесса замеса теста с целью ускорения его созревания предусматривает не только оптимум удельной работы замеса теста, но и достижение его за определенное и относительно малое время. Это может быть достигнуто либо подбором соответствующей конструкции и числа рабочих месильных органов, либо увеличением числа их рабочих циклов (оборотов или иных перемещений) за единицу времени, либо сочетанием и того и другого.

Нашими конструкторами был разработан ряд тестомесильных машин, интенсивно механически воздействующих на замешиваемое тесто или жидкие полуфабрикаты (опары и др.). Так, например, созданы и применяются на производстве тестомесильные машины интенсивного действия РЗ-ХТП (ТПИ) — для периодического замеса теста, РЗ-ХТО — для непрерывного замеса и механической обработки жидких полуфабрикатов.

На предприятиях хлебопекарной промышленности, еще не оснащенных специальными, интенсивно обрабатывающими тесто месильными машинами, задачу увеличения механических воздействий на тесто при его замесе необходимо в возможной степени решать, используя имеющиеся тестомесильные машины.

В ряде случаев это возможно только путем изменения длительности замеса теста. Следует иметь в виду, что для достижения при этом одного и того же уровня удельной работы замеса теста более жидкое по консистенции (с большей влажностью, с более высокой температурой или из более слабой муки), как показали работы ВНИИХПа, придется месить дольше, чем тесто, более густое по консистенции.

В этих же работах было показано, что увеличение удельной работы замеса теста с 3,5 до 40 Дж на 1 г теста способствовало улучшению реологических свойств теста перед его разделкой. Повышалась атакуемость крахмала в тесте амилазами, что обуславливало увеличение сахаро- и газообразования. Улучшение при этом реологических свойств теста повышало его газодерживающую способность, а в результате этого и возможный прирост объема тестовых заготовок в расстойке и в первый период процесса выпечки. В результате этого увеличивался и объем хлеба.

Было также установлено, что увеличение удельной работы замеса теста как сразу после замеса, так и в тестовых заготовках, готовых к выпечке, уменьшало количество отмываемой из теста сырой и сухой клейковины, причем гидратационная способность клейковины несколько повышалась.

По реологическим свойствам клейковина при усиленном замесе была слабее. Содержание в тесте водорастворимого азота несколько возрастало. Все это также свидетельствует об ускорении процесса созревания теста.

Таким образом, усиление механической обработки теста при его замесе (в случае брожения теста в дежах и при его обминке) является, особенно в сочетании с применением улучшителей окислительного воздействия, эффективным путем ускорения процесса созревания пшеничного теста. Этот путь может быть использован и для значительного сокращения периода брожения теста до его разделки или для существенного улучшения качества хлеба при сохранении обычной длительности процесса брожения теста.

Работами, проведенными в 1987–1991 гг. за рубежом (Р. Килборн и К. Типлес) и у нас в стране (В. Е. Немировский, Г. А. Токарева, Г. Ф. Козлов, В. Я. Черных и др.), показано, что замес теста является важнейшей начальной стадией производства пшеничного хлеба. Готовность теста при замесе определяется степенью развития физических, коллоидных, биохимических и микробиологических процессов, а также их взаимной сбалансированностью. Поэтому для определения оптимального режима замеса, обеспечивающего наилучшее качество выпекаемого хлеба и определения момента готовности теста к разделке необходимо учитывать динамику развития, взаимосвязанность и взаимозависимость всех протекающих процессов.

Проведение контроля замеса теста по величине удельной работы, совершаемой рабочими органами тестомесильной машины, или по аналогичным энергетическим характеристикам практически осуществить очень трудно из-за учета большого числа факторов: хлебопекарных свойств муки, рецептуры теста, способа его приготовления, конструкции тестомесильной машины и т. д.

По мнению В. Я. Черных, Л. И. Пучковой и др.¹, особенности изменения интегральных параметров (удельной интенсивности замеса теста и удельной работы замеса теста), характеризующих замес теста, связаны с оптимизацией процесса по частоте вращения месильных органов тестомесильных машин.

Для установления оптимальной частоты вращения месильных органов необходимо определение технологического критерия, физический смысл которого заключается в нижеследующем. Пшеничное тесто в процессе замеса испытывает напряжения, циклически меняющиеся во времени. Это происходит в результате того, что локальные зоны теста оказываются попеременно в различных зонах деформационного воздействия (деформация сжатия, растяжения, сдвига).

¹ В. Я. Черных, Л. И. Пучкова, Е. Д. Милтюкова. Оптимизация периодического замеса пшеничного теста. – М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, 1991. – 33 с.

При переменных напряжениях после некоторого числа циклов наступает разрушение клейковинного каркаса, возможно и структуры теста. Момент начала разрушения структуры определяется по экстремальному значению изменения удельной интенсивности замеса теста. Технологический критерий характеризует число циклов деформации теста до начала разрушения его структуры. Исследования, проведенные в МГУПП на созданном В. Я. Черныхом с сотрудниками информационно-измерительном комплексе для изучения процесса замеса теста, позволили разработать способ определения оптимальных значений частоты вращения месильных органов тестомесильной машины и продолжительности процесса замеса по величине зависимости числа циклов деформации теста от частоты вращения месильных органов. Исследованиями тех же авторов установлена зависимость числа циклов деформации от частоты вращения месильных органов, обуславливающих полноту процесса формирования микроструктуры теста, его свойства (формы связи влаги в тесте) и качество хлеба.

Химический путь ускорения созревания теста

Этот путь ускорения созревания теста разрабатывается в двух различных направлениях, преследующих разные цели.

1. Использование в сочетании с окислителями и восстановительно действующих агентов как химических ускорителей процесса созревания теста лежит в основе первого направления, имеющего основной целью форсирование механического «развития» теста в процессе его замеса и снижение на этой основе удельной работы, затрачиваемой при этом.

В результате проведенных в США работ было предложено вносить в тесто для ускорения его созревания смесь цистенна, порошка из сыворотки, получаемой в сыроделии, и бромата калия. Сначала применение такой смеси имело целью получение при приготовлении теста в дежах на обычном оборудовании однофазным безопасным способом хлеба, не уступающего по качеству хлебу из теста, приготовленного опарным способом. Позднее было установлено, что при непрерывно-поточном приготовлении теста на специальном оборудовании применение цистенна, сыворотки и бромата калия ускоряет образование и созревание теста и резко снижает энергию (работу), затрачиваемую на замес и образование теста.

Химическим путем ускорения образования и созревания теста стали заниматься и в Англии, поскольку внедрение разработанного там чорливудского способа приготовления теста без брожения требовало применения более интенсивно воздействующего на тесто оборудования. Был запатентован и описан способ химического ускорения образования и созревания теста путем добавления в тесто цистенна и улучшителей окислительного действия (бромата калия или аскорбиновой кислоты и бромата калия) в сочетании с внесением в тесто небольшого количества жира с относительно высокой температурой плавления.

2. Добавление в тесто при замесе органических кислот в сочетании с увеличением количества прессованных дрожжей (до 2–3%), применением усиленного или удлиненного замеса теста и повышенной его температурой (32–33 °С) предусмотрено в ускоренном способе приготовления пшеничного теста, разработанном в технологической лаборатории ВНИИХПа.

Тесто, приготовленное этим способом, сразу же после замеса идет на деление, формирование, последующую расстойку и выпечку.

Предусмотрено внесение в тесто молочной или лимонной и уксусной кислот в количествах, возрастающих с повышением выхода перерабатываемой муки.

Добавление в тесто жиров и поверхностно-активных веществ (эмульгаторов)

Внесение в тесто жиров и пищевых поверхностно-активных веществ (эмульгаторов), особенно когда они вносятся в виде тонкодисперсных жироводных эмульсий, не только улучшает качество хлеба и продлевает период его свежести, но и ускоряет образование теста при его замесе и его последующее созревание.

Подводя итог работы в области форсирования процессов образования и созревания теста, следует отметить, что технолог хлебопекарного производства при совершенствовании существующих и разработке новых прогрессивных технологических схем приготовления пшеничного теста располагает ныне целым рядом путей, направлений и способов решения этих задач.

Одно обязательное требование следует при этом иметь в виду. Хлеб из теста, приготовленного любым ускоренным способом, не должен по показателям качества, в том числе по вкусу и аромату, уступать хлебу из теста, приготовленного лучшим с этой точки зрения ранее известным способом.

ОБМИНКА ТЕСТА

При порционном приготовлении пшеничного теста на тестомесильных машинах периодического действия с подкатными дежами и при наличии периода брожения теста в деже его целесообразно в пределах этого периода подвергать обминке.

Обминка теста — кратковременный (обычно 1,5–2,5-минутный) повторный промес его с помощью тестомесильной машины — имеет целью улучшение структуры теста, позволяющее получить хлеб наиболь-

шего объема с мелкой, тонкостенной и равномерной пористостью мякиша.

Пшеничное тесто обычно подвергается одной—двум обминкам.

Количество и длительность обминок зависит от ряда факторов:

- 1) чем сильнее мука, тем больше должно быть число и длительность обминок, чем слабее — тем меньше;
- 2) чем длительнее брожение теста, тем больше должно быть число обминок;
- 3) чем больше выход муки, тем меньше число обминок должно применяться. Так, тесто из пшеничной муки II сорта обычно обминают один раз. Тесто из обойной муки, как правило, вообще не подвергается обминке.

В случае применения одной обминки теста ее обычно производят по истечении примерно двух третей общей длительности брожения теста. При большем числе обминок последняя обминка должна производиться не позднее чем за 20 мин до начала разделки теста.

Улучшение структуры пористости мякиша хлеба в результате обминок теста вызвано тем, что относительно более крупные газовые пузырьки в тесте как бы дробятся на более мелкие и равномернее распределяются в массе обминаемого теста. Повторный промес теста при его обминке, так же как и начальный замес теста, связан с захватом воздуха, а следовательно, с образованием в тесте новых, дополнительных к уже имевшимся газовых пузырьков «зародышей» будущих пор в мякише хлеба. Дополнительное насыщение теста пузырьками захваченного воздуха вызывает и дополнительное окислительное воздействие на компоненты белково-протеинового комплекса теста, способствуя этим улучшению его реологических свойств. Есть основания полагать, что дополнительное окислительное воздействие при обминке теста оказывает известное улучшающее влияние и на вкус и на аромат хлеба.

В ряде технологических схем пшеничное тесто сразу же после его замеса или после 15–20 мин брожения в тестоспуске над делителем идет на разделку. В этом случае процесс обминки теста отсутствует. В отдельных из этих схем (в том числе американских и английских) отсутствие обминки теста в какой-то мере компенсируется усиленной дополнительной механической обработкой уже замешенного теста с обязательным внесением в него улучшителей окислительного действия.

Практически отсутствует операция обминки теста и при приготовлении теста в отдельных отечественных бездежевых агрегатах (бункерных и ХТР).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОТОВНОСТИ ТЕСТА

Готовое к разделке, выброженное и созревшее тесто должно обладать свойствами, оптимальными для дальнейших стадий технологического процесса (разделка и выпечка) и получения хлеба наилучшего качества.

К сожалению, пока еще не разработаны достаточно обоснованные критерии и показатели готовности теста к разделке.

При приготовлении теста способами, предусматривающими определенный период его брожения до пуска на разделку, готовность теста практически в основном определяют по его титруемой кислотности с учетом реологических свойств, определяемых органолептически.

Кислотность теста, как мы уже отмечали, является существенным, однако далеко не единственным показателем готовности теста к разделке.

Хорошо выброженное и созревшее тесто должно обладать достаточной газообразующей способностью и необходимым количеством несброженных сахаров. Реологические свойства такого теста должны обеспечивать хорошую газо- и формоудерживающую его способность. Наряду с сахарами в тесте должны быть накоплены в минимально необходимом количестве продукты протеолиза, необходимые для нормальной окраски корки хлеба.

В нем должны быть также накоплены в необходимом количестве и оптимальном соотношении основные и побочные продукты спиртового и кислотного брожения, обуславливающие хороший специфический вкус и аромат хлеба.

В ряде работ изучались изменения в количестве и свойствах клейковины, которая может быть отмыта из теста, а также изменение содержания в тесте водорастворимых азотсодержащих веществ, происходящие при брожении теста. Авторы этих работ принимали эти изменения за объективные показатели степени созревания или готовности теста к разделке. Анализ этих и других работ не позволяет еще, к сожалению, говорить о практической возможности использования этих показателей для контроля за готовностью теста к разделке.

В связи с этим разработка пригодных для производственного контроля методов определения готовности теста к разделке и нормативов численных значений показателей, определяемых для этой цели, продолжает еще оставаться задачей, стоящей перед научными и инженерными работниками хлебопекарной промышленности.

СООТНОШЕНИЕ И РОЛЬ В ТЕСТЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Количество отдельных видов сырья в тесте принято выражать в процентах к массе муки в тесте. Ниже мы рассмотрим роль и отношение в тесте к массе муки таких видов сырья, как вода, дрожжи, соль, сахар и жиры.

ВОДА КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

В пшеничном тесте для различных хлебобулочных изделий количество воды может колебаться в пределах от 35–40 до 72–75% к массе муки. Количество воды в пшеничном тесте зависит от ряда факторов.

Вид изделий в значительной мере определяет количество воды в тесте. Для каждого вида хлебных изделий стандартом установлена предельно допустимая влажность мякиша или целого изделия. Норма предельно допустимой влажности данного изделия определяет и максимальную влажность теста, а в связи с этим (с учетом рецептуры теста и влажности муки) и количество воды, добавляемое на 100 кг муки.

Наименьшую влажность имеет тесто для бараночных изделий, наибольшую — для формового хлеба из обойной муки.

Выход муки также влияет на количество воды в тесте. Чем выше выход муки, тем больше воды может содержаться в тесте. Обусловлено это тем, что частицы оболочек зерна, содержащиеся в муке высоких выходов, обладают способностью связывать воду в большем количестве, чем частицы эндосперма.

Влажность муки влияет на соотношение муки и воды в тесте: чем суше мука, тем больше воды она может поглотить при замесе. Поэтому нормы выхода хлеба устанавливаются на муку с определенной «базисной» влажностью (14,5%) и соответственно корректируются при выработке хлеба из муки с меньшей или большей влажностью.

Однако опыт работы промышленности и исследования, проведенные во ВНИИХПе, показали, что чисто арифметический подход к корректировке норм выхода хлеба (исходя из содержания в муке сухого вещества) не отражает действительного влияния фактора влажности муки. Можно считать установленным, что при очень низкой влажности муки (примерно 10–13%) для получения теста с нормальными реологическими свойствами и хлеба хорошего качества приходится при замесе добавлять воды меньше, чем следовало бы добавить по расчету, исходя из содержания сухого вещества в муке и другом сырье.

В связи с этим корректировка выхода хлеба в зависимости от влажности муки сейчас производится только при влажности муки выше 12%. Мука влажностью ниже 12% при расчетах выхода приравнивается к муке влажностью 12%.

Количество сахара и жира, добавляемых в тесто по рецептуре, существенно влияет на количество воды, которое следует добавлять при замесе теста. Чем больше в тесте сахара и жиров, тем соответственно меньше требуется воды.

При добавлении в тесто сахара, содержащего всего лишь десятые доли процента влаги, и, следовательно, более «сухого» чем мука, тесто все же как бы разжижается и в результате этого снижается количество

воды, которое нужно было бы добавить для получения теста нормальной консистенции. Дегидратирующее действие сахаров приводит к разжижению теста вследствие того, что количество воды, осмотически связанной белками в тесте, при добавлении сахаров уменьшается, поэтому содержание жидкой фазы теста увеличивается и тесто становится более «жидким».

Дегидратирующее действие сахара на коллоиды теста было экспериментально показано А. Г. Кульманом на примерах снижения вододерживающей способности муки, тем большего, чем выше была концентрация сахаров (глюкозы, мальтозы и сахарозы).

Внесение в тесто жира также несколько разжижает его. Поэтому при внесении в тесто значительных количеств сахара и жиров приходится соответственно сокращать количество воды, добавляемой при замесе.

Если в рецептуру теста входит молоко, содержащее около 88% воды, или яйца, количество воды в тесте также приходится соответственно сокращать.

Сила муки обуславливает реологические свойства теста из нее. Поэтому чем сильнее пшеничная мука, тем относительно выше количество воды, которое следовало бы вносить в тесто для получения хлеба с наибольшим объемом и лучшей пористостью.

При переработке слабой муки свойства теста в период брожения сильно ухудшаются. Тесто разжижается и становится липким, что затрудняет или даже делает практически невозможным прохождение кусков теста через округлительные и закаточные машины. При расстойке тестовые заготовки очень быстро и сильно расплываются.

В связи с этим количество воды, вносимой в тесто из слабой муки, приходится снижать, и тесто готовят с влажностью, часто даже меньшей, чем это допустимо с точки зрения норм влажности мякиша данного сорта изделий. Это, естественно, влечет за собой снижение выхода изделий и ухудшение экономических показателей их производства.

Способы и режимы приготовления теста, а также добавки, изменяющие реологические свойства теста, влияют на оптимальное количество воды в тесте. Чем в большей степени перечисленные факторы улучшают реологические свойства теста перед его разделкой, тем выше будет технологически оптимальное содержание воды в тесте.

Влияние количества воды в тесте на процессы, происходящие при замесе и брожении, очень велико.

Чем больше воды в тесте, тем интенсивнее протекают процессы набухания и пептизации белков, тем больше в нем жидкой фазы и тем скорее происходит его разжижение.

Увеличение количества воды в тесте ускоряет действие ферментов в нем. Количество воды в тесте влияет также и на жизнедеятельность

микроорганизмов, на интенсивность брожения и скорость размножения дрожжей.

В связи с этим влажность теста необходимо систематически контролировать. Значение этого контроля подчеркивается тем, что влажность теста фактически предопределяет влажность мякиша хлеба, регламентируемую стандартом.

ДРОЖЖИ КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Прессованные дрожжи применяются при приготовлении пшеничного теста, как это предусмотрено рецептурами, в количестве от 0,5 до 3% от массы муки в зависимости от ряда факторов. В настоящее время для ускорения процессов приготовления теста вносят до 5% дрожжей.

Чем меньше подъемная сила дрожжей, тем большее количество их следует употреблять при замесе теста.

В одной из наших работ была установлена зависимость между подъемной силой дрожжей и газообразованием в тесте с добавлением 60% воды, 1,5% соли и 1% дрожжей, характеризуемая цифрами, приведенными в табл. 11.

Таблица 11

Длительность брожения теста, мин	Количество CO ₂ (в мл), выделившегося в тесте при подъемной силе дрожжей, мин		
	75	110	150
60	40	18	10
120	140	72	39
180	289	170	66
240	504	310	137
300	781	530	237
360	1041	814	378

При ухудшении качества дрожжей газообразование в тесте уменьшается, поэтому дозировку дрожжей с пониженной подъемной силой следует соответственно увеличивать.

Длительность брожения находится в тесной зависимости от количества дрожжей в тесте. Известно, что чем скорее хотят получить выброженное тесто, тем больше дрожжей нужно употребить при его замесе. Безопарное пшеничное тесто при добавлении 1% дрожжей может нормально выбродить в течение 3,5–4 ч, в то время как при 3–4% дрожжей достаточно примерно 2 ч брожения.

Газообразующая способность муки в случае отсутствия сахара в рецептуре теста должна находиться в соответствии с количеством дрожжей. Если количество дрожжей будет слишком велико по сравнению с газообразующей способностью муки, то в конце брожения теста, к решающему моменту расстойки и выпечки, в тесте не останется количества сахара, достаточного для нормального хода расстойки, подъема теста в печи и нормальной окраски корки хлеба.

Способ приготовления теста также может влиять на количество вводимых дрожжей. При опарном способе требуется меньше дрожжей, чем при безопарном (в первом случае добавляется 0,5–1% дрожжей, во втором 1,5–3%). В результате этого суммарное время брожения опары и теста больше по сравнению с брожением безопарного теста. В опаре при более низкой, чем в безопарном тесте, дозировке дрожжей происходит некоторое их размножение. Помимо этого, при замесе теста на опаре дрожжи находятся в уже активированном состоянии. Методы активации прессованных дрожжей будут изложены при рассмотрении способов приготовления пшеничного теста.

Следует особо отметить необходимость существенного увеличения количества дрожжей, вносимых в тесто, которое готовится по новым технологическим схемам однофазным способом с усиленным замесом и пуском теста на разделку сразу же после его замеса.

Количество сахара и жиров в тесте тоже является фактором, от которого зависит количество дрожжей. Общая зависимость здесь такова: чем больше в тесте сахара и жиров, тем больше дрожжей следует применять. Повышенное количество дрожжей необходимо ввиду тормозящего жизнедеятельность дрожжей действия больших концентраций сахара и жиров в тесте.

При известной концентрации сахара и жиров жизнедеятельность дрожжей вообще не может проявиться. В этом случае для разрыхления теста приходится пользоваться химическими разрыхлителями или осуществлять механическое разрыхление теста.

О влиянии количества сахара и растительного масла на газообразование в безопарном тесте из 50 г муки I сорта, 60% воды, 1% дрожжей и 1,5% соли можно судить по данным табл. 12 и 13.

При добавлении сахара количество воды уменьшалось на 0,48% от количества сахара.

Понижение газообразования в тесте с большой концентрацией сахаров можно объяснить плазмолизом дрожжевой клетки, который и является причиной снижения ее жизнедеятельности, а при соответствующей концентрации сахарного раствора — даже гибели дрожжевых клеток.

Замедление газообразования вследствие добавления жира в больших количествах принято объяснять частичным как бы обволакивани-

Таблица 12

Длительность брожения, мин	Газообразование (в мл) в тесте при добавлении сахара в количестве, %					
	0	10	20	30	40	50
60	35	63	30	8	0	0
120	85	173	90	18	0	0
180	145	316	165	42	7	0
240	245	491	265	77	20	7
300	397	671	387	127	47	18

Таблица 13

Длительность брожения, мин	Газообразование (в мл) в тесте при добавлении масла в количестве, %		
	0	10	30
60	57	35	13
120	22	95	65
180	222	183	150
240	364	308	255
300	609	459	386

ем поверхности дрожжевых клеток адсорбированными пленками жира, которое затрудняет прохождение растворимых питательных веществ через оболочку клетки. Чем больше жиров в тесте, тем большее количество пор оболочек дрожжевых клеток выключено из участия в обмене дрожжевых клеток со средой — тестом и тем сильнее подавляется их жизнедеятельность.

В настоящее время на ряде предприятий РФ принято при однофазном приготовлении теста для несдобных мелкоштучных изделий вносить в него 3–6% прессованных дрожжей, а в сдобное тесто 6–8% и более. При этом готовят тесто низкой температуры (23–26 °С) и с коротким брожением до разделки.

СОЛЬ КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Количество поваренной соли (хлорида натрия) в тесте может колебаться от 0 до 2,5% к массе муки. Совершенно без соли готовится тесто для ахлоридного хлеба, предназначенного для почечных больных.

В тесте для большинства основных хлебобулочных изделий количество соли находится в пределах 1,25–1,5%. В тесте для некоторых специальных изделий (городские батоны, соленая витушка) содержание соли доходит до 2,5%.

Соль добавляют в тесто в качестве вкусовой добавки. Однако внесение соли в тесто влияет и на биохимические, коллоидные и микробиологические процессы, происходящие в нем.

Соль влияет на реологические свойства теста, газообразование и кислотонакопление в нем, а в результате — на прохождение теста через тесторазделочное оборудование и на форму, объем и окраску корки выпеченных хлебных изделий.

Влияние соли на углеводно-амилазный комплекс муки изучалось рядом исследователей. Установлено повышение температуры клейстеризации крахмала в растворах поваренной соли нарастающей концентрации.

Установлено, что при нагреве водно-мучных суспензий на амилографе температура начала процесса клейстеризации крахмала как пшеничной, так и ржаной муки по мере повышения концентрации поваренной соли заметно возрастала.

Есть указания на то, что обработка пшеничного крахмала хлоридом натрия снижает его атакуемость амилазами солода.

Данные отдельных работ о влиянии поваренной соли на активность амилаз и на амилолиз и сахарообразование в водно-мучных средах довольно противоречивы.

Есть исследования, указывающие на то, что 1%-ный раствор хлорида натрия (как и глютамина) способен извлечь из мучного субстрата примерно вдвое большее количество β -амилазы, чем вода, в результате высвобождения ее связанных с белками муки компонентов. С этой стороны внесение соли в водно-мучные среды должно было бы повышать интенсивность амилолиза в них. Выше уже отмечалось, что соль может снижать атакуемость пшеничного крахмала амилазами и повышает температуру начала клейстеризации крахмала. Это может повлечь за собой снижающее влияние соли на амилолиз крахмала в соответствующих условиях.

Рядом работ установлено, что pH среды может влиять на действие соли на амилолиз крахмала.

Установлено, что само внесение соли в водно-мучные среды влияет на численное значение их pH в сторону снижения.

Известно также, что в структуре молекул α - и β -амилазы имеются активные сульфгидрильные группы. Е. И. Ведерниковой было показано, что соль снижает количество реактивных сульфгидрильных групп, в частности глютамина, добавлявшихся в опытах с зерновыми зародышами. Это может являться фактором, снижающим активность амилаз.

Далее будет показано, что соль в водно-мучных средах может стимулировать пептизацию белка, что в свою очередь вызывает большее высвобождение связанных белками муки амилаз.

Действие одних и тех же по величине добавок соли на амилолиз (отметим, что и на другие процессы) существенно зависит от соотношения воды и муки в средах, в которых проводится исследование.

На основании последних работ можно полагать, что активность амилаз может несколько повышаться от добавок соли при рН среды от 8 до 7. В зоне значений рН среды от 6 до 4¹ добавление соли в концентрациях, практически применяемых в хлебопечении, снижает активность амилаз.

В температурных условиях, при которых происходит клейстеризация крахмала (амилографирование при режиме нарастающей температуры, приготовления заварок и выпечка), добавление соли будет тормозить амилолиз также и вследствие повышения температуры начала клейстеризации, а следовательно, и степени клейстеризованности крахмала, от которой очень сильно зависит его атакуемость β -амилазой.

Влияние соли на белково-протеиназный комплекс муки имеет в процессе приготовления теста и хлеба очень большое значение.

Гортнер еще в 1929 г. отмечал, что поваренная соль влияет на процесс «растворения» (точнее, пептизации) белков. Повышение концентрации соли до определенного предела способствует увеличению степени гидратации пептизованного белка. Дальнейшее увеличение концентрации соли действует уже в обратном направлении, вызывая дегидратацию белка.

Ряд исследований показали, что малые добавки соли (до 1,5–2% к массе муки в тесте) увеличивали влагоемкость клейковины и количество сырой клейковины, отмываемой из теста растворами соли соответствующей концентрации. По реологическим свойствам клейковина становилась слабее (увеличивалась растяжимость и расплываемость клейковины, уменьшалась длительность выпрессовывания на пластометре). Очевидно, в этих концентрациях соль увеличивала гидратацию клейковинных белков и их набухание, приводящее к их ослаблению по реологическим свойствам.

При более высоких концентрациях соли наблюдалась обратная картина — гидратация клейковинных белков снижалась, количество отмываемой сырой клейковины уменьшалось, клейковина структурно уплотнялась и по реологическим свойствам становилась сильнее. Следовательно, при более высоких концентрациях действие соли на клейковинные белки было уже дегидратирующим.

Протеолиз в опарах и тесте в результате добавок соли тормозится.

Влияние соли на реологические свойства теста установлено как производственной практикой, так и исследовательскими работами.

На рис. 19 приведены фаринограммы 4-часового брожения теста из муки с добавлением 57,7% воды, 3% дрожжей и соли в количестве: 0; 1; 5% (к массе муки в тесте).

¹ Значения рН опар, теста и других полуфабрикатов хлебопекарного производства находятся в этих пределах.

Как видно из приведенных фаринограмм, внесение 1% соли и увеличение количества соли в тесте до 5% к массе муки вызывает:

1) снижение консистенции теста, достигаемой при замесе и в первые часы брожения теста, и резкое повышение ее в последующие часы брожения;

2) резкое уменьшение разности между максимальной и конечной консистенцией теста как за время замеса и отдельных обминков, так и за все время опыта;

3) повышение эластичности теста, особенно заметное при увеличении длительности брожения теста;

4) замедление достижения как максимальной консистенции, так и максимальной эластичности теста.

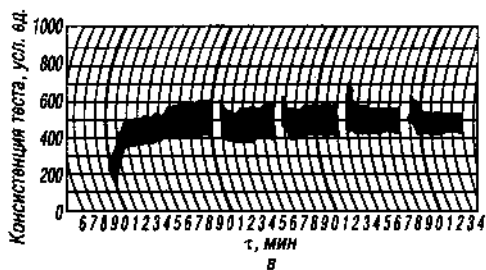
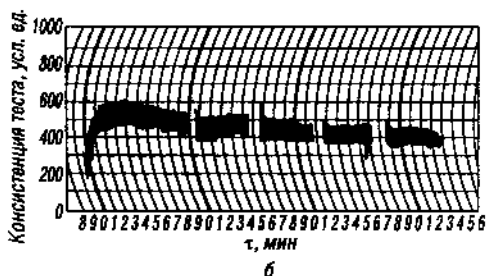
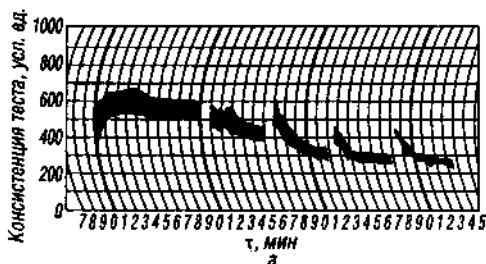


Рис. 19. Фаринограммы брожения теста: а — из муки, воды и дрожжей; б — из муки, воды, дрожжей и 1% соли; в — из муки, воды, дрожжей и 5% соли (к массе муки в тесте)

Таким образом, реологические свойства теста к концу его брожения, т. е. к моменту пуска на разделку при добавлении соли в тесто существенно улучшаются.

Влияние соли на микроорганизмы также весьма существенно. В приготовлении пшеничного теста ведущая роль принадлежит спиртовому брожению, вызываемому дрожжами.

В ряде работ изучалось влияние концентрации соли в питательной среде на размножение дрожжей.

Так, отмечалось, что небольшие концентрации соли в питательных средах (в том числе и в опаре) — до 0,5% к массе муки в тесте — несколько стимулировали размножение обычных, не адаптированных к содержанию соли хлебопекарных дрожжей.

В Киевском технологическом институте пищевой промышленности (в настоящее время (Український державний університет харчових технологій) установлено, что в тесте, которое готовилось на прессованных или жид-

ких дрожжах, внесение соли (от 0,5 до 2% к массе муки) вызывало снижение интенсивности размножения дрожжей за 6 ч брожения теста, уже заметное даже при минимальном (0,5%) количестве добавленной соли. Снижение интенсивности размножения дрожжей при внесении соли было значительно большим в тесте, приготовленном на жидких дрожжах. Так, внесение в тесто 1,5% соли снизило интенсивность размножения дрожжей в тесте на прессованных дрожжах на 33%, а в тесте на жидких дрожжах — на 78%.

Следует отметить, что начальное содержание дрожжевых клеток, внесенных в тесто с жидкими дрожжами, было почти в 5 раз меньше их количества, внесенного в виде прессованных дрожжей (соответственно 18,7 и 89,1 млн/г). В то же время в тесте без добавления соли через 6 ч количество дрожжевых клеток при применении жидких дрожжей было даже выше, чем при применении прессованных (соответственно 127,6 и 123,7 млн/г).

Несколько по-другому может действовать добавление соли на хлебопекарные дрожжи отдельных рас, предварительно адаптированных к присутствию соли в питательной среде. Есть работы, указывающие на то, что размножение таких адаптированных дрожжей при наличии в питательной среде определенных количеств соли происходит даже несколько интенсивнее.

В технологии приготовления пшеничного теста, особенно на прессованных дрожжах, влияние соли на бродильную активность дрожжей имеет первостепенное значение.

В МТИППе установлено, что в тесте с 1% прессованных дрожжей (подъемная сила 84 мин) внесение соли снижало интенсивность спиртового брожения, характеризовавшуюся по количеству CO_2 , выделившегося за 3,5 ч брожения. Степень снижения газообразования (в %) была следующей: при добавлении 1% соли — 4,5; при 1,5% — 19; при 3% соли — 53 и при 5% соли — 94.

В еще большей степени добавление соли снижало газообразование в тесте с дрожжами, имевшими плохую подъемную силу (110 мин). При этом внесение в тесто 1,5% соли снижало газообразование уже на 58%.

Очевидно, физиологически ослабленные дрожжевые клетки плохих по подъемной силе дрожжей имеют и повышенную осмоточувствительность, поэтому их жизнедеятельность в тесте угнетается солью в большей степени, чем жизнедеятельность хороших, физиологически активных дрожжей. Это было подтверждено и более поздними исследованиями.

В некоторых работах (КТИПП) изучалось влияние внесения в тесто соли (от 0,5 до 2%) на газообразование за 6 ч при приготовлении теста с разными количествами дрожжей прессованных (от 0,3 до 3%) или жидких (10, 20 или 40%).

Было установлено, что чем больше дрожжей (прессованных или жидких) внесено в тесто, тем относительно меньше сказывается угнетающее действие добавок соли на брожение. Кроме того, показано, что в тесте той же влажности (45%), которое готовилось на жидких дрожжах, угнетающее действие соли было значительно большим. При повышении влажности теста на жидких дрожжах до 55% угнетающее действие соли на интенсивность брожения было значительно меньше. Если в тесте с 20% жидких дрожжей и влажностью 45% внесение 1,5% соли снижало газообразование на 75%, то при влажности теста 55% оно снижалось всего на 25%.

Внесение в тесто, готовившееся на прессованных дрожжах, добавки 0,5% соли снижало газообразование всего лишь на 4–8%.

Было установлено также, что соль, вносимая в сбраживаемый субстрат, практически не влияет на зымазный комплекс ферментов дрожжей, но значительно снижает их мальтазную активность.

Торможение брожения при внесении в тесто соли связано с тем, что чем выше концентрация соли в жидкой фазе теста, тем выше в ней осмотическое давление и тем в большей степени в дрожжевых клетках может происходить плазмолиз. При достаточно высокой концентрации соли, например при внесении в тесто соли в количестве 5% и более к массе муки, спиртовое брожение в тесте практически не происходит.

Исходя из того, что обычно применяемые дозировки соли (-1,5% к массе муки в тесте) существенно снижают интенсивность размножения дрожжей и особенно вызываемого ими брожения, в мировой практике хлебопечения было принято при опарном способе приготовления теста вносить соль не в опару, а в тесто. При приготовлении теста на жидких дрожжах опарным и безопарным способом соль также вносили только при замесе теста.

При приготовлении же теста для отдельных хлебных изделий с повышенным содержанием соли (2,5% к массе муки), ее было принято вносить даже не при замесе теста, а после того, как оно уже было частично выброжено.

Однако в литературе имеются сведения о наличии в зерне и муке протамина пуротионина, способного тормозить брожение, вызываемое дрожжами. Установлено, что токсическое действие этого вещества на дрожжи нейтрализуется некоторыми солями, в том числе и хлоридом натрия. Исходя из этого, а также стимулирующего действия малых концентраций соли на размножение дрожжей, можно предполагать целесообразность внесения хотя бы части соли, идущей на приготовление теста, в опару.

В лабораторных и затем производственных условиях было показано, что внесение части соли в опару положительно влияет как на ход процесса приготовления опары и теста, разделки теста, так и на качество хлеба.

Внесение же части соли не только в опару, но и в жидкие дрожжи, на которых готовится тесто, показало, что при этом уменьшается пенообразование и даже улучшается и стабилизируется подъемная сила дрожжей. Объем хлеба увеличивался, что приводило к соответствующему сокращению длительности выпечки.

Внесение части соли в жидкие дрожжи (0,3% к их массе в заквашенной заварке и 0,5% в жидких дрожжах) и в опару (0,7% к массе опары, включая и соль, содержащуюся в жидких дрожжах) было внедрено уже с 1956 г. на хлебозаводах Краснодарского края. Этот способ начали применять и на хлебопекарных предприятиях других районов нашей страны. В связи с этим вопрос о целесообразности внесения соли не только в тесто, но и в предшествующие ему полуфабрикаты (опару, жид-

кие дрожжи и др.) стал объектом широкой дискуссии и ряда исследований.

Проведенные исследования дополнительно уточнили, что соль в жидких дрожжах, опаре и тесте тормозит жизнедеятельность не только дрожжей, но и кислотообразующих бактерий, в связи с чем добавление соли тормозит и кислотонакопление в этих фазах. В то же время технологические преимущества внесения соли не только в тесто, но и в предшествующие ему жидкие полуфабрикаты подтвердились. Была отмечена большая стабильность жидких дрожжей и опар при внесении в них малых количеств соли, большая устойчивость к колебаниям времени брожения и температурным условиям, лучшие реологические свойства теста и меньшая чувствительность к колебаниям в длительности расстойки, что привело к улучшению качества хлеба.

Концентрация соли в жидкой фазе теста, опары или других полуфабрикатов является одним из факторов, обуславливающих ее влияние на биохимические, коллоидные и микробиологические процессы в этих объектах.

При рассмотрении влияния соли на отдельные из этих процессов было отмечено, что в более жидких (по соотношению муки и воды) полуфабрикатах, например опарах, отрицательное действие тех же добавок соли проявлялось в меньшей степени, чем в более густых.

Доля жидкой фазы, естественно, выше в тесте или других полуфабрикатах с более высокой влажностью. Вода, адсорбционно связанная коллоидами твердой фазы теста, не может участвовать в растворении соли. Поэтому чем больше в тесте доля жидкой фазы, тем больше в нем воды, способной растворять соль, и тем ниже концентрация в жидкой фазе соли, вносимой в тесто в одном и том же количестве. Это относится и к сахару, если он вносится в тесто, и к водорастворимым компонентам муки, вносимой в тесто, в том числе к минеральным солям и сахарам муки.

Если для примера взять случай приготовления пшеничного теста с влажностью около 45% из 100 г муки, 55 мл воды и 1,5 г соли, то можно принять, что компонентами твердой фазы теста только адсорбционно будет связано около 20 мл воды. Тогда в растворении соли в тесте будет участвовать 35 мл воды и концентрация соли в воде жидкой фазы теста будет равна 4,1%. Если рассчитывать концентрацию соли на всю воду, внесенную в тесто, то для нашего примера она была бы равна только 2,7%.

В этом расчете исходили из того, что вся соль, вносимая в тесто или опару, или другой полуфабрикат, будет находиться в воде жидкой фазы теста в растворенном состоянии. Исследованиями, проведенными И. М. Ройтером и Н. И. Берзиной, установлено, что часть соли связывается в водно-мучных смесях белками, крахмалом и, возможно, другими компонентами муки.

Установление самого факта связывания части соли, вносимой в тесто, компонентами муки следует учитывать в дальнейших исследованиях вопроса о роли соли в процессах приготовления теста.

Подводя итог рассмотрению вопроса о влиянии соли на отдельные процессы, происходящие при приготовлении теста, можно сделать следующее заключение:

а) при кислотности, обычной в тесте, опаре и других полуфабрикатах, добавление соли несколько снижает активность амилаз;

б) добавление соли несколько снижает атакуемость крахмала амилазами и повышает температуру начала его клейстеризации;

в) на клейковинные белки муки в тесте соль в невысоких концентрациях (до 1–1,5% в жидкой фазе) действует в направлении повышения их гидратации и в связи с этим ослабления клейковины по ее реологическим свойствам. Более высокие концентрации соли вызывают уже дегидратацию и уплотнение клейковины и улучшение ее реологических свойств (усиление клейковины);

г) протеолиз при добавках соли в тесто или опару тормозится;

д) реологические свойства теста, особенно к концу его брожения, при добавлении соли существенно улучшаются, хотя непосредственно после замеса теста с добавками соли несколько слабее по консистенции;

е) концентрация соли выше 1–1,5% снижает интенсивность размножения дрожжей, особенно в тесте, которое готовится на жидких дрожжах;

ж) спиртовое брожение, характеризуемое по газообразованию в опаре и тесте, при добавлении соли замедляется и при высоких концентрациях соли (например, 5% и более к массе муки в тесте) практически прекращается;

з) жизнедеятельность кислотообразующих бактерий при добавках соли тормозится, в связи с чем снижается и скорость кислотонакопления;

и) чем больше воды в водно-мучной смеси, тем менее интенсивно проявляется действие одного и того же количества внесенной соли на перечисленные процессы.

Исходя из сказанного, можно объяснить причины различий в свойствах теста, ошибочно приготовленного в одном случае совсем без соли, а в другом случае с удвоенной ее дозировкой (3% к массе муки).

В тесте без соли брожение происходит значительно более интенсивно. При этом к концу брожения теста в нем остается значительно меньше несброженных сахаров. За период брожения реологические свойства теста без соли в результате более интенсивного протеолиза значительно ухудшаются и оно становится значительно более жидким по консистенции и липким. Такое тесто с трудом проходит через округлительные и закаточные машины, замазывая поверхности их рабочих органов. Оно обладает пониженной газо- и формоудерживающей способностью. При расстойке тестовые заготовки для подовых изделий

быстро и сильно расплываются и прилипают к матерчатым чехлам люлек конвейерного шкафа для расстойки. При выпечке тестовые заготовки также сильно расплываются и подовые изделия получаются плоскими, с малым отношением высоты к диаметру (или к ширине).



Рис. 20. Подовые хлеба из теста с различным содержанием соли:

а — 0%; б — 1,5%; в — 3%

Ввиду того что к моменту выпечки в тесте остается недостаточное количество несброженных сахаров, корка изделий относительно слабо окрашена.

В тесте с удвоенной дозировкой соли брожение происходит с примерно вдвое меньшей интенсивностью. Реологические свойства теста за период его брожения изменяются очень мало. Тесто к моменту пуска на разделку остается значительно более «кренким» (густым) по консистенции, упругим и нелипким. Такое тесто очень хорошо проходит через тесторазделочное оборудование. Расстойка идет значительно медленнее, причем тестовые заготовки очень мало расплываются. Это же явление наблюдается и при выпечке подовых изделий, которые получают очень округлыми, иногда с подрывами у боковой корки и со значительно более интенсивно окрашенной коркой. Последнее обусловлено тем, что в тесте к моменту посадки тестовых заготовок в печь остается значительно больше несброженных сахаров, необходимых для образования меланоидинов, придающих корке окраску.

На рис. 20 приведена фотография подовых хлебов из теста без соли и с 1,5 и 3% соли, показывающая влияние соли на форму, объем и окраску корки подового хлеба.

ЖИРЫ КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Вид и количество жировых продуктов, вносимых в тесто для отдельных пшеничных хлебо-булочных изделий, установлены в утвержденных для них рецептурах.

Виды применяемых в хлебопечении жировых продуктов. Приняты у нас в стране рецептуры на отдельные изделия из пшеничной муки предусматривают внесение в тесто от 0 до 20–30% жира. Для большинства изделий предусмотрено применение маргарина, для некоторых видов сдобных изделий — животного масла и для горчичного хлеба и горчичных баранок — растительного горчичного масла. Наряду с этими жировыми продуктами в нашей стране создан, производится и приме-

няется также и *жидкий жир* хлебопекарного назначения (о нем см. в главе IV).

В США, Англии и ряде других стран для применения при производстве хлеба и сдобных хлебных изделий, а также отдельных видов мучных кондитерских изделий готовятся специальные пластичные жиры, называемые *шортенингами* (shortenings).

На необходимость присутствия в хлебопекарном жире определенных количеств твердой фазы или твердого жира с относительно высокой температурой плавления указывается в ряде работ.

В связи с этим не только в исследованиях, но и в практике хлебопечения США растительные масла, животные жиры, например расплавленный ярд, или гидрогенизированные жиры для улучшения качества хлеба вносились в тесто в смеси с определенным количеством эмульгаторов и твердых, плавящихся при относительно высокой температуре хлопьев или чешуек из соответственно гидрогенизированного хлопкового масла.

Влияние жировых продуктов на свойства теста и хлеба. Внесение жиров в тесто для хлебобулочных и других изделий из пшеничной муки влияет на свойства теста и на ряд показателей качества, пищевой и потребительской ценности готовых изделий. Жиры имеют примерно в 2 раза более высокую энергетическую ценность, чем белки и углеводы. Их наличие в хлебе придает ему специфический вкус и аромат, присущий сдобному хлебу. Объем хлеба увеличивается, структура и реологические свойства мякиша хлеба при этом улучшаются, хлеб медленнее черствеет.

Таким образом, добавление в тесто жира повышает пищевую и потребительскую ценность хлеба.

Однако добавление в тесто даже небольших количеств (порядка 0,5%) жира, практически мало сказывающееся на энергетической ценности, вкусе и аромате хлеба, существенно влияет на свойства теста, на его состояние при прохождении через тесторазделочное оборудование, при расстойке и особенно в первом периоде процесса выпечки.

Это говорит о большом технологическом значении добавления жира в тесто.

Напомним, что пшеничная мука сама содержит около 2% липидов (три-, ди- и моноглицеридов, жирных кислот, фосфо- и гликолипидов). Из этого количества в связанном состоянии находится от 20 до 30%. Именно эти связанные липиды, и в первую очередь фосфолипиды, входящие в макроструктуру белка клейковины, наиболее существенно влияют на реологические свойства клейковинного остова в тесте, на реологические свойства теста и, следовательно, на хлебопекарные свойства (силу) муки и качество хлеба.

Существенно также вспомнить, что примерно три четверти жирных кислот липидов зерна представлены ненасыщенными кислотами, в том числе примерно половина — линолевой кислотой.

Установлено, что замес теста резко повышает долю связанных липидов (примерно с 30% в муке до 90% и более в тесте). При этом в первую очередь клейковинными белками связываются фосфолипиды.

Как же можно представить действие жиров, вносимых в тесто при его замесе, на процессы, происходящие при приготовлении и разделке теста и выпечке хлеба?

Прежде всего надо отметить, что не только липиды самой муки, но и жиры, вносимые в тесто при его замесе, в значительной части связываются с белками, крахмалом и, возможно, другими компонентами твердой фазы теста. Часть жира, находящегося в тесте в жидком состоянии, может находиться в виде мельчайших жировых капелек в состоянии эмульсии в жидкой фазе теста.

В отдельных работах отмечается, что жиры или твердые фракции жирового продукта с температурой плавления выше температуры теста не связываются с компонентами твердой фазы теста, а остаются в нем в виде твердых частиц, которые начнут плавиться лишь при нагреве ВТЗ в процессе выпечки.

Внесение жира в тесто влияет на его реологические свойства. Частично это связано со «смазывающими» свойствами жира, облегчающими *относительное скольжение структурных компонентов теста и его* белкового каркаса и включенных в него зерен крахмала. Полагают, что благодаря этому увеличивается способность клейковинных пленок губчатого клейковинного каркаса теста растягиваться без разрыва под давлением растущих в объеме газовых пузырьков. Это может иметь следствием повышение газодерживающей способности теста.

Внесение в тесто жиров, особенно находящихся в жидком состоянии, делает тесто несколько более жидким по консистенции. В то же время липкость теста уменьшается и тесто с добавками жира лучше проходит через рабочие органы тесторазделочного оборудования.

Внесение в тесто жировых продуктов с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, которые могут под действием липоксигеназы муки превращаться в пероксидные соединения, может усиливать окисление в тесте сульфгидрильных групп белково-протеиназного комплекса муки и этим улучшать реологические свойства теста.

Выше было отмечено, что внесение значительных количеств жира (10% и более к массе муки) заметно снижает бродильную активность дрожжей и интенсивность газообразования в тесте. Поэтому и расстойка тестовых заготовок со значительными добавками жира идет значительно медленнее.

Работами английских исследователей было показано, что очень небольшая добавка в тесто жира, имеющего температуру плавления, превышающую температуру теста, практически не влияет на реологические свойства теста и на состояние тестовых заготовок в стадии окончательной расстойки теста. Улучшающее качество хлеба влияние этой добавки начинает проявляться только в процессе выпечки, когда тесто в результате прогрева достигает температура, при которой внесенный жир расплавляется. Это влияние состоит в том, что прирост объема тестовой заготовки в первом периоде процесса выпечки происходит интенсивнее и в течение более длительного времени, чем у изделий без добавки жира. В результате и объем хлеба с добавкой такого жира значительно больше, чем у контрольного хлеба. Очевидно, жир улучшает на этой стадии процесса газодерживающую способность теста и в то же время замедляет образование на поверхности выпекаемой тестовой заготовки твердого обезвоженного слоя — корочки.

Это еще раз подтверждает необходимость и целесообразность наличия в жидких хлебопекарных жировых продуктах твердой кристаллической фазы, имеющей температуру плавления более высокую, чем температура теста до начала процесса выпечки.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что степень улучшения качества хлеба от добавки определенного количества жира зависит не только от его вида и свойств, но и от того, в каком состоянии он вносится в тесто. В ряде работ показано, что внесение жира в тесто в виде тонкодисперсной эмульсии в воде с применением соответствующего пищевого эмульгатора заметно повышает улучшающее действие жира на качество хлеба.

САХАР КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Количество сахара, вносимого в тесто, для разных видов хлебобулочных изделий определено в рецептурах, утвержденных для них.

Рецептуры на отдельные хлебобулочные изделия из пшеничной муки предусматривают внесение в тесто сахара в количестве от 0 до 30% к массе муки. Для ряда изделий из муки обойной, II и I и даже высшего сортов, для простых батонов из муки II и I сортов предусмотрено приготовление теста без добавления в него сахара.

На спиртовое брожение и газообразование в тесте добавление относительно небольших (до 10% к массе муки) количеств сахара влияет стимулирующе. Это объясняется тем, что сахар в тесте быстро инвертируется с образованием глюкозы и фруктозы, предпочтительно сбражи-

ваемых дрожжевыми клетками. Добавление больших количеств (30%) сахара уже резко снижает газообразование или даже практически приостанавливает его (при добавках 40–50% сахара).

Связано это с тем, что повышение концентрации сахара в жидкой фазе теста увеличивает у нее осмотическое давление и вызывает плазмолиз дрожжевых клеток. В этом отношении действие сахара аналогично действию соли. Следует лишь иметь в виду, что сахар повышает осмотическое давление в жидкой фазе теста примерно в 6 раз меньше, чем такое же количество соли. Поэтому торможение брожения в тесте, заметное уже при небольших добавках соли, происходит при внесении в тесто сахара лишь в значительно больших количествах.

На набухшие белки клейковинного каркаса в тесте сахар оказывает дегидратирующее действие. Вследствие этого по консистенции тесто с сахаром после его замеса несколько более жидкое по сравнению с тестом без сахара. Это и учитывается при определении количества воды, вносимой в тесто при добавлении сахара и жира.

В связи с тормозящим брожение действием высоких концентраций сахара брожение теста до разделки и расстойки тестовых заготовок из такого теста, содержащего обычно и значительные количества жира, происходит медленнее и поэтому длительнее. Следовательно, если рецептурой предусмотрено значительное количество сахара и жиров, тормозящих брожение теста, то эти компоненты надо вносить не при замесе, а после некоторого времени брожения теста.

Операция внесения жира и сахара (объединяемых производственным термином «сдоба») в почти выброженное тесто носит название отсдобки теста. При этом наряду с жиром и сахаром приходится вносить соответствующее количество муки, с тем чтобы консистенция теста была нормальной.

Добавки в тесто сахара, производящиеся обычно в сочетании с добавками жира, делают хлеб более сладким по вкусу, улучшают структуру и реологические свойства мякиша хлеба. Вследствие увеличения содержания в тесте сахаров, не сброженных к моменту начала выпечки, такой хлеб имеет обычно более интенсивно окрашенную и зарумяненную корку.

ТЕМПЕРАТУРА ТЕСТА

Температура является одним из основных факторов, с помощью которых технолог регулирует ход технологического процесса приготовления теста. Изменение температуры влияет на ферментативные, микробиологические и коллоидные процессы, происходящие в опаре и тесте.

Большое влияние температура опары и теста оказывает на микрофлору теста и ее жизнедеятельность.

Интенсивность брожения опары и теста и накопление в них кислот зависит от их температуры.

Скорость коллоидных процессов (набухания, клейстеризации, пептизации и др.), происходящих в тесте, также в значительной мере зависит и от его температуры.

Если оставить в стороне специфические процессы приготовления заварки и жидких дрожжей и ограничиться рассмотрением температур, при которых приготавливают пшеничную опару и тесто, то можно констатировать, что для этих фаз на производстве обычно применяется температура 26–32 °С.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОПАРЫ И ТЕСТА НА МИКРООРГАНИЗМЫ ТЕСТА

Следует иметь в виду, что оптимальная температура размножения хлебопекарных дрожжей лежит на уровне 25 °С, в то время как оптимальная температура спиртового брожения — около 35 °С. Влияние различной температуры опары и теста на газообразование в опаре и в безопарном тесте можно характеризовать данными, приведенными в табл. 14.

Чем выше в пределах до 35–40 °С температура опары или теста, тем более благоприятны температурные условия для жизнедеятельности кислотообразующих бактерий теста. Поэтому повышение температуры опары или теста обычно влечет за собой усиленное нарастание в них кислотности.

Таблица 14

Длительность брожения, ч	Газообразование, мл							
	в опаре из муки, 80% воды, 1% дрожжей при температуре, °С				в тесте из муки, 60% воды, 3% дрожжей 1,25% соли при температуре, °С			
	25	30	35	40	25	30	35	40
1	20	50	125	130	40	85	130	120
2	50	110	245	190	90	180	230	200
3	95	180	325	240	170	300	310	260
4	165	310	405	280	—	—	—	—
5	240	460	475	320	—	—	—	—

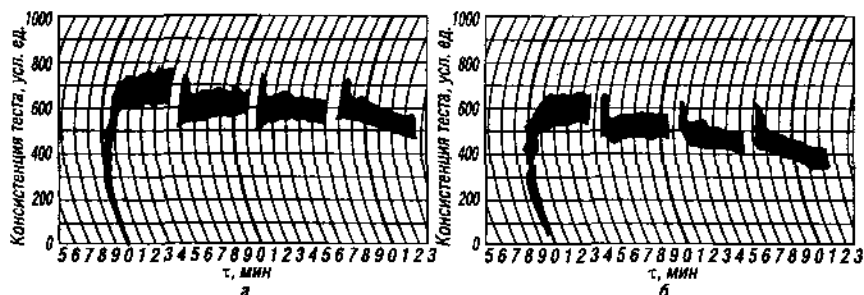


Рис. 21. Фаринограммы брожения теста:
 а — при температуре 25 °С; б — при температуре 35 °С

Повышение температуры теста в пределах 25–35 °С влечет за собой ухудшение его реологических свойств.

На рис. 21 приведены фаринограммы 4-часового брожения теста из муки, воды, 1% соли и 2% дрожжей. Эти фаринограммы указывают на то, что при повышении температуры теста резко ухудшаются его реологические свойства. Снижается как максимальная пачальная, так и конечная (после брожения) консистенция теста и увеличивается степень его разжижения в процессе брожения.

Таким образом, повышение температуры теста ослабляет его или клейковину, а понижение усиливает.

Объясняется это тем, что при повышении температуры теста увеличивается скорость процессов набухания и лептизации коллоидов муки. Повышается также активность ферментов теста. Поэтому повышение температуры теста можно рекомендовать только при приготовлении его из сильной муки. Тесто из слабой муки, напротив, целесообразно готовить при более низкой температуре.

Повышение температуры теста (в пределах до 35 °С) форсирует также спиртовое и кислотное брожение в нем.

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ТЕМПЕРАТУРУ ТЕСТА И ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ЕМУ ФАЗ

Методы расчета температуры воды, обеспечивающей в производственных условиях необходимую температуру теста, изложены в сборнике технологических инструкций [35, с. 15] и лабораторном практикуме [27]. Поэтому здесь мы ограничиваемся лишь краткой характеристикой показателей и факторов, которые следует учитывать при расчете.

1. Нужно знать соотношение в тесте количества (массы) основного и дополнительного сырья, его температуру при внесении в тесто или предшествующую ему фазу и их удельную теплоемкость.

Основными по количеству в тесте видами сырья являются мука и вода. Удельная теплоемкость *воды* равна 4,186 кДж/(кг · К), *муки* — примерно в 2,5 раза выше, чем у сухого вещества муки. Поэтому чем выше влажность муки, тем выше и ее удельная теплоемкость.

2. Следует учитывать и то, что при замесе теста (или опары) частицы муки, приходя в соприкосновение и взаимодействие с водой, выделяют известное количество *теплоты гидратации*, что вызывает соответствующее повышение температуры теста (или опары).

3. При замесе теста, особенно на тестомесильных машинах интенсивного действия, часть механической энергии, затрачиваемой на замес, превращается в тепловую, что также соответственно повышает температуру теста. Поэтому тестомесильные камеры месильных машин интенсивного действия оснащаются охлаждающими устройствами.

4. Следует также учитывать и температурные условия в тестоприготовительном цехе предприятия, в свою очередь зависящие от климатических условий, сезона года и погодных условий. При отсутствии эффективного кондиционирования и стабильности температуры в тестоприготовительном цехе в наиболее холодные периоды приходится на 1–3 °С повышать температуру теста по сравнению с расчетно-необходимой.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКИХ ДРОЖЖЕЙ И ЗАКВАСОК

Для приготовления пшеничного теста на хлебопекарных предприятиях нашей страны наряду с прессованными дрожжами или вместо них широко применяются жидкие дрожжи или пшеничные жидкие закваски, приготовляемые непосредственно на хлебопекарных предприятиях.

Детальное описание процесса и отдельные вопросы технологии и техники приготовления жидких дрожжей и заквасок изложены в соответствующих технологических инструкциях. В этом разделе будут кратко рассмотрены лишь технологически наиболее существенные отличия основных схем приготовления жидких дрожжей и пшеничных жидких заквасок, принятых в нашей хлебопекарной промышленности.

Под наименованием *жидкие дрожжи* принято понимать полуфабрикат, приготовляемый по рациональной схеме, предложенной А. И. Островским. Эта схема предусматривает на первой стадии сбра-

живание водно-мучной заварки при 48–54 °С термофильными молочнокислыми бактериями. На второй стадии сброженная заварка с высоким содержанием молочной кислоты, охлажденная до 28–30 °С, уже в другой емкости используется в качестве питательной среды для размножения в пей дрожжей.

Жидкие полуфабрикаты, при приготовлении которых в питательной среде (осахаренной заварке или водно-мучной смеси) при 28–30 °С одновременно размножаются и нетермофильные молочнокислые бактерии и дрожжи, принято называть *жидкими заквасками* (сокращенно ПшЖЗ).

В производственном цикле от готовых жидких дрожжей или ПшЖЗ определенная их часть отбирается для приготовления теста, после чего в них вносится такое же количество соответствующей питательной среды. После определенного периода от вновь пришедших в состояние готовности жидких дрожжей или ПшЖЗ часть их вновь отбирается для приготовления теста, добавляется соответствующее количество питательной среды и т. д.

В начале разведочного цикла приготовления жидких дрожжей в порцию заварки вносится предварительно размноженная культура термофильных молочнокислых бактерий, а затем в заквашенную заварку, охлажденную до 28–30 С, — предварительно размноженная культура дрожжей.

При приготовлении ПшЖЗ в начале разведочного цикла в порцию питательной среды одновременно вносят предварительно размноженные культуры соответствующих нетермофильных молочнокислых бактерий и дрожжей.

РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКИХ ДРОЖЖЕЙ

Для накопления кислотности в заквашиваемой заварке — питательной среде для размножения дрожжей — с целью последующего регулирования кислотности теста, приготовленного на этих дрожжах, было предложено применение термофильных молочнокислых бактерий Дельбрюка.

Эти бактерии — типичные термофильные молочнокислые бактерии. Температурный оптимум кислотообразования для них лежит в пределах 48–54 °С.

Очень существенно то, что при обычной для брожения теста температуре 28–30 °С образование кислот этими бактериями практически прекращается.

Важно также то, что образуемая бактериями Дельбрюка молочная кислота почти полностью подавляет всю нежелательную бактериальную (в том числе и пестерофильную) кислотообразующую микрофлору заквашиваемой заварки. Исходя из этого, было предложено при приготовлении жидких дрожжей применять в качестве питательного субстрата мучную заварку, предварительно заквашенную с помощью термофильных бактерий Дельбрюка.

В связи с этим было предложено раздельное приготовление и ведение двух фаз: 1) заварки, заквашиваемой при 48–54 °С термофильными молочнокислыми бактериями, и 2) собственно жидких дрожжей — заквашенной заварки, охлажденной до 28–30 °С, в которой происходит размножение дрожжей.

Детальное описание приготовления жидких дрожжей по рациональной схеме приводится в соответствующих руководствах. Ниже приводится лишь очень краткое ее описание.

Для приготовления заквашенной заварки применяется осахаренная¹ мучная заварка (1 : 4), предварительно охлажденная до 52–54 °С. В эту заварку вносится предварительно размноженная чистая культура термофильных молочнокислых бактерий Дельбрюка².

В течение 12–14 ч заквашивания при температуре заквашиваемой заварки 48–54 °С в ней происходит размножение бактерий Дельбрюка и в то же время накапливается достаточное количество молочной кислоты. Кислотность ее достигает примерно 10 град. При этом заквашенная заварка готова для использования в качестве питательной среды для отдельно ведущихся жидких дрожжей. Для этого часть ее путем разведения холодной водой охлаждается до 28–30 °С, после чего она перекачивается в дрожжевой чан, где в нее вносится размноженная чистая культура дрожжей. Заквашенная же заварка пополняется соответствующим количеством незаквашенной заварки. Примерно за 8 ч в дрожжевом чане, периодически пополняемом заквашенной заваркой, накапливается достаточное количество бродильноактивных дрожжевых клеток, и жидкие дрожжи готовы к употреблению. Тогда часть (допустим, 25%) готовых жидких дрожжей отбирается для приготовления опары или теста. Затем в дрожжевой чан перекачивается соответствующее количество заквашенной заварки, охлажденной до 28–30 °С.

После этого в чан для заквашивания подается соответствующее количество заварки, охлажденной до 52–54 °С. Через 2 ч производится очередной отбор 25% готовых жидких дрожжей с соответствующим пополнением дрожжевого чана охлажденной заквашенной заваркой, а заквашивательного чана — заваркой.

Готовые жидкие дрожжи имеют влажность 86–88%, титруемую кислотность от 10 до 12 град и подъемную силу (по всплыванию шарика

¹ В последующем А. И. Островский считал возможным и целесообразным применение неосахаренной закваски, исходя из того, что процесс ее осахаривания может быть совмещен с процессом заквашивания.

² Можно использовать и принцип спонтанного заброживания затора, используя вместо чистой культуры бактерий Дельбрюка небольшое количество пшеничной муки II сорта, всегда содержащей и эти термофильные молочнокислые бактерии.

теста) от 15 до 25 мин. При этом в них содержится около 0,6% молочной кислоты.

Поэтому бактериальная флора жидких дрожжей представлена почти исключительно термофильными бактериями Дельбрюка.

Это создает благоприятное положение, при котором молочная кислота жидких дрожжей улучшает реологические свойства теста и вкусовые качества хлеба; при этом исключается повышенная кислотность, обычная для теста, приготовляемого на жидких заквасках. Последнее объясняется тем, что термофильная кислотообразующая бактериальная микрофлора жидких дрожжей при температуре брожения теста (около 30 °С) кислоты практически не образует.

В 1979–1980 гг. во ВНИИХПе (Р. Д. Поландова и др.) и в МТИППе (Л. А. Почевская и др.) была разработана усовершенствованная рациональная схема производства жидких дрожжей для приготовления на них пшеничного теста по ускоренной технологии с интенсивным замесом теста. Жидкие дрожжи по этой схеме с целью повышения их биологических и технологических свойств готовятся с комплексным применением минеральных питательных веществ, ферментных препаратов и аэрации.

СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОЙ ЖИДКОЙ ЗАКВАСКИ ЛЕНИНГРАДСКАЯ-4

Приготовление пшеничной жидкой закваски ПшЖЗ по этой схеме (Л-4) производится в основном следующим образом.

В разведочном цикле в питательную среду, состоящую из осахаренной мучной заварки (53%), воды (29,5%), муки (17%) и препарата смеси минеральных солей (0,5%), вносят предварительно размноженные чистые культуры дрожжей и нетермофильных (мезофильных) кислотообразующих бактерий.

За 5,5–7 ч брожения при 29 °С в этой смеси накапливается достаточное количество указанных бродильных микроорганизмов.

После этого одну четверть готовой ПшЖЗ отбирают для приготовления опары и теста, а в оставшееся количество добавляют питательную среду, состоящую из осахаренной заварки (43%), воды (43%), муки (13,5%) и смеси минеральных солей (0,5%).

Через 1,75–2,5 ч брожения при 29 °С ПшЖЗ опять готова к употреблению. Снова производится отбор 25 % и пополнение таким же количеством питательной смеси и т. д. Таким образом, полное обновление массы ПшЖЗ происходит за 7–10 ч.

Для этой схемы приготовления ПшЖЗ характерно, что одновременно вносятся и размножаются чистые культуры дрожжей и нетермофильных кислотообразующих бактерий (процесс приготовления жидкой закваски ведется при 28–30 °С).

ПшЖЗ, приготовленные по этой схеме, содержат в бродильноактивном состоянии не только дрожжевые клетки, но и кислотообразующие бактерии, выращенные при 28–30 °С, т. е. в температурных услови-

ях, обычных для опары и теста. Поэтому такие ПшЖЗ являются активными возбудителями в тесте не только спиртового, но и кислотного брожения. Это является положительным фактором при приготовлении на ПшЖЗ теста из пшеничной обойной муки, требующего высокой конечной кислотности. При приготовлении же теста из пшеничной сортовой муки, особенно муки высшего и I сортов, высокая кислотообразующая способность ПшЖЗ, приготовленной по схеме Л-4, является уже недостатком.

ДЖАМБУЛСКАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОЙ ЖИДКОЙ ЗАКВАСКИ

В Казахстане была разработана так называемая Джамбульская схема приготовления пшеничной жидкой закваски. Эта схема предусматривает выведение закваски на чистых культурах шести штаммов дрожжей вида *Sacch. cerevisiae*, названных Джамбулскими дрожжами Д-1.

Культуры молочнокислых бактерий (МКБ) при выведении закваски не вносятся, и молочнокислое брожение происходит в ней спонтанно, за счет МКБ, внесенных с мукой.

ПшЖЗ, готовящиеся по Джамбульской схеме, используются в Казахстане при приготовлении пшеничного теста.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА НА ЖИДКИХ ДРОЖЖАХ И ПШЕНИЧНЫХ ЖИДКИХ ЗАКВАСКАХ

Пшеничное тесто можно готовить на жидких дрожжах и ПшЖЗ как опарным, так и безопарным способом.

Количество потребных для приготовления теста жидких дрожжей и ПшЖЗ зависит от их качества (подъемной силы), сорта муки, из которой готовится тесто, и способа приготовления теста. Чем лучше по подъемной силе дрожжи и закваски и чем выше сорт (меньше выход) муки, тем меньше потребное их количество.

При приготовлении теста опарным способом количество употребляемых жидких дрожжей и ПшЖЗ (обычно 15–25% от массы всей муки, идущей на приготовление данной порции теста) меньше того количества, которое употребляется при безопарном способе.

Дрожжи, приготовляемые на заварке заквашенной термофильными молочнокислыми бактериями Дельбрюка, целесообразно применять для приготовления теста из пшеничной муки высшего, I и II сортов, так как их применение гарантирует от нежелательного для хлеба из муки этих сортов повышения кислотности.

ПшЖЗ, приготовленные по схемам, не предусматривающим заквашивание заварки термофильными молочнокислыми бактериями (например, по схеме Л-4), более подходят для приготовления теста из обойной муки.

Следует отметить, что при приготовлении из сортовой пшеничной муки иногда жидкие дрожжи и ПшЖЗ применяют в сочетании с пресованными. При этом соответственно уменьшается дозировка и тех и других.

Более детально вопросы приготовления жидких дрожжей и заквасок для приготовления пшеничного теста изложены в справочниках и руководствах (см. список дополнительной литературы). Разработка технологии приготовления хлебобулочных изделий с применением жидких дрожжей и заквасок в течение многих лет проводилась в ГосНИИХП Полаидовой Р. Д. и Богатыревой Т. Г. Результаты этой работы изложены в научно-технической литературе, в том числе в работе Богатыревой Т. Г., Полаидовой Р. Д. (Новое в производстве пшеничного хлеба на заквасках. — ЦНИИТЭИхлебопродуктов, 1994. — 45 с.)

Авторами разработаны новые виды пшеничных заквасок с направленным культивированием микроорганизмов: комплексная, ацидофильная, дрожжевая и пропионовокислая.

Характеристика этих заквасок приведена также Т. Б. Цыгановой в учебнике «Технология хлебопекарного производства» (М., 2001. — 428 с.).

РАЗРЫХЛЕНИЕ ТЕСТА ХИМИЧЕСКИМ ПУТЕМ

При разрыхлении теста химическим путем разрыхляющие газы (обычно CO_2 или NH_3 или смесь того и другого) выделяются в результате либо реакции химических соединений или их смесей с водой теста, либо реакций отдельных составных частей этих соединений между собой или под действием тепла в печи.

Этот путь разрыхления теста находит практическое применение только при приготовлении мучных кондитерских изделий.

РАЗРЫХЛЕНИЕ ТЕСТА ФИЗИЧЕСКИМ ПУТЕМ

Еще в 1856 г. в Англии для разрыхления теста был предложен способ непосредственного насыщения теста диоксидом углерода (углекислым газом) под давлением с применением тестомесильной машины специальной конструкции с герметически закрывающейся месильной

камерой, соединенной с трубопроводом, по которому под давлением подводится углекислый газ (диоксид углерода), и снабженной клапаном для выпуска замешенного теста.

Этот способ применялся только для пшеничного теста и для хлеба крупного развеса и не нашел широкого распространения.

Отличен от предыдущего способ механического разрыхления теста взбиванием части его. Этот способ, описанный в литературе, состоит в следующем: часть теста (в относительно жидком и холодном состоянии) в течение 5 мин взбивается в специальной взбивальной машине достаточно прочной и тяжелой конструкции. После некоторого перерыва взбитая масса спускается в обычную месильную машину, в которой замешивается тесто, поступающее потом на разделку и выпечку.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗНЫХ СПОСОБОВ РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕСТА

Из изложенного выше видно, что для получения хлебобулочных изделий с пористым, хорошо разрыхленным мякишем возможно использование разных способов разрыхления теста.

Для хлебобулочных изделий основным способом является разрыхление теста путем брожения.

Главным преимуществом данного метода является возможность получения хлеба не только хорошо разрыхленного, но обладающего и специфическим приятным вкусом и ароматом. В образовании вкуса и аромата хлеба существенную роль играют основные и побочные продукты спиртового и молочнокислого брожения теста и вещества, получающиеся при их взаимодействии.

Разрыхление теста химическим, физическим и механическим способами также может привести к получению хорошо разрыхленного хлеба. Однако такой хлеб не будет иметь вкуса и аромата, свойственных хлебу из хорошо выброженного теста.

Поэтому при приготовлении хлебобулочных изделий основным способом разрыхления теста является брожение. Вместе с тем разрыхление теста брожением имеет ряд существенных недостатков:

1) процесс брожения теста, особенно приготовленного обычным опарным способом, длителен (4–5 ч) и связан с потерей определенного количества сухих веществ муки, сбраживаемых бродильной микрофлорой теста;

2) при значительных количествах жиров и сахара в тесте брожение в нем протекает весьма замедленно, а при известных концентрациях сахара и жиров практически вообще невозможно.

Именно поэтому при приготовлении ряда мучных кондитерских изделий, содержащих весьма большие количества сахара и жиров, разрыхление теста ведут с применением химических разрыхлителей или механического разрыхления сбиванием яичных белков.

При рассмотрении процессов, приводящих к созреванию теста в период его брожения до разделки, был отмечен ряд возможных путей его форсирования. Отдельные из этих путей (усиленное механическое воздействие на тесто при его замесе, добавление улучшителей окислительного действия, поверхностно-активных веществ, органических кислот и др.), позволяющие резко сократить или даже устранить период между замесом теста и пуском его на разделку, нашли производственное применение в ряде новых способов приготовления теста. Однако ни один из этих способов не устраняет внесения в тесто дрожжей. Многие же из этих способов требуют даже увеличения количества дрожжей, вносимых в тесто.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ АКТИВАЦИЯ ПРЕССОВАННЫХ ДРОЖЖЕЙ

Экономичность опарного и безопарного способов приготовления пшеничного теста на прессованных дрожжах может быть повышена путем предварительной активации дрожжей.

При производстве прессованных дрожжей дрожжевые клетки выращивают в условиях усиленной аэрации питательной среды. В связи с этим внутренняя структура и связанный с ней ферментный комплекс дрожжей приспособлены в основном к аэробным условиям культивирования. Брожение в этих условиях почти не происходит. В опаре или тесте дрожжи попадают в условия, близкие к анаэробным, и поэтому переключаются с дыхания на брожение. Внутренняя структура дрожевой клетки при этом существенно перестраивается. Ферментный комплекс клетки также изменяется, приспособляясь к новым условиям существования. Процесс переключения дрожжевых клеток дыхательного типа на бродильный требует определенного времени и соответствующих условий.

В целях ускорения брожения опары или теста такое переключение целесообразно проводить предварительно в небольшом количестве питательной среды, оптимальной по составу для данного процесса. В этой предварительной фазе, предшествующей приготовлению опары или безопарного теста, происходит активация прессованных дрожжей с точки зрения их способности вызывать брожение.

Дрожжи при этом из состояния покоя переходят в активное состояние, переключаются с дыхательного на бродительный способ обмена, повышается их мальтазная активность.

Вопросы, связанные с предварительной активацией прессованных дрожжей, изучались и разрабатывались на кафедре технологии хлебопечения МТИППа А. Г. Гинзбургом. В содружестве с работниками Московского хлебозавода № 4 была разработана технология проведения активации прессованных дрожжей и создана необходимая для этого процесса опытная установка.

Процесс активации прессованных дрожжей включает приготовление питательной среды для активации дрожжей, равномерное распределение в этой среде прессованных дрожжей и выдерживание дрожжей в «фазе активации»¹ при температуре 30–32 °С в течение 1–2 ч.

Приготовление питательной среды состоит в получении заварки из пшеничной муки и воды, внесении в горячую (50–60 °С) заварку белого активного солода, дополнительного количества пшеничной муки и небольшого количества соевой муки, промешивании этой смеси и последующем охлаждении до 30–32 °С внесением при непрерывном размешивании соответствующего количества холодной воды. В эту питательную смесь при непрерывном перемешивании вносят предварительно измельченные прессованные дрожжи.

При этом на каждые 100 кг муки в тесте расходуется:

На приготовление заварки

Муки пшеничной, кг	1,3–2,0
Горячей воды (95–98 °С), л	4,0–6,0
Белого солода, кг	0,2

На приготовление «фазы активации»

Заварки, кг	5,5–8,2
Холодной воды, л	5,5–5,7
Муки пшеничной, кг	1,3–2,0
Муки соевой, кг	0,5
Дрожжей прессованных — все количество по рецептуре	

Как показал опыт ряда хлебозаводов, применение предварительно активированных дрожжей позволяет снизить расход прессованных дрожжей на 25–40% при одновременном сокращении длительности брожения опары примерно на 30 мин.

Было установлено, что в фазе активации размножение дрожжей не происходит.

Чем меньше по рецептуре количество прессованных дрожжей по отношению к массе муки в тесте и чем ниже их подъемная сила, тем значительнее эффект активации. При безопасном способе приготовления

¹ Под «фазой активации» следует понимать питательную среду с внесенными в нее для активации прессованными дрожжами.

теста эффект активации прессованных дрожжей еще значительнее, чем при опарном.

Установлено, что бродильная активность прессованных дрожжей в тесте может быть повышена и путем обработки водой их суспензии на установке с гидродинамическим вибратором звуковой и ультразвуковой частоты или пропуском через скоростную ротационную машину при частоте вращения 2800 об/мин. Причина повышения бродильной активности при этом лежит в лучшем диспергировании их в суспензии и дезагрегации конгломератов их клеток, имеющих в обычной водно-дрожжевой суспензии.

ЗАВАРКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Крахмал муки в клейстеризованном состоянии очень легко и быстро осахаривается амилалитическими ферментами. Поэтому в хлебопечении находят применение заварки, представляющие собой водно-мучную смесь, в которой крахмал муки в значительной степени клейстеризован. Заварки используются в хлебопечении как питательная среда для размножения дрожжей и кислотообразующих бактерий при приготовлении жидких дрожжей или ПшЖЗ. Используются заварки путем добавления в опару или тесто и в качестве улучшителя качества хлеба, особенно в случае нереработки муки с пониженной сахарообразующей способностью. Отдельные сорта хлеба предусматривают обязательное применение заварки независимо от свойств муки.

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАВАРОК

Для приготовления заварок применяют муку и воду обычно в соотношениях от 1 : 3 до 1 : 2.

В случае применения заварки в качестве улучшителя качества хлеба для этой цели берут 3–5% (максимум 10%) от общего количества муки, идущей на приготовление теста.

С целью механизации приготовления заварки механическая лаборатория ВНИИХПа разработала машину ХЗМ-300 [3, с. 106 и 107].

В этой машине смешивание муки и воды, заваривание смеси и последующее ее охлаждение производится в горизонтальной цилиндрической камере, в которой расположен горизонтальный вал со смешивающими винтовыми лопастями. Эта камера вместимостью 300 л имеет водяную рубашку. Для прогрева завариваемой массы в камеру через ее крышку введены четыре барботера, по которым может подаваться пар. Производительность машины около 200 кг/ч.

Прогрев завариваемой массы обеспечивается смешиванием муки с горячей водой и дополнительным барботированием паром. Температура заварки контролируется по термометру. Охлаждается заварка перемешиванием ее путем пропуска охлаждающей воды через водяную рубашку смесительной камеры.

Процесс приготовления одной порции заварки длится 90 мин. Из этого времени на охлаждение заварки затрачивается 50–60 мин. На охлаждение одной порции заварки расходуется 580 л воды (15 °С). Мощность электродвигателя – 2,2 кВт.

Для приготовления заварки на крупных хлебозаводах применяют и заварочные баки с вертикальными мешалками и водяной рубашкой, имеющие вместимость 1000 л.

Приготовление и охлаждение порции заварки в таких баках длится около 120 мин, при этом на процесс охлаждения заваренной массы затрачивается 90 мин времени и 1500 л воды (15 °С).

В МТИППе совместно с московским хлебозаводом № 5 имени В. П. Зотова в 1960 г. была разработана и успешно внедрена в производство автоматизированная установка для приготовления заварки с электроконтактным ее прогревом [3, с. 106–108].

Применение такой установки позволяет готовить заварки из более густой водно-мучной смеси (с отношением муки и воды 1 : 1,3) с электроконтактным ее прогревом в течение 22–25 мин и быстрым охлаждением заваренной массы перемешиванием с дополнительным количеством холодной воды. Весь цикл процесса приготовления порции заварки, включая и ее охлаждение, длится 35–36 мин.

Исследования, проведенные на московском хлебозаводе № 5, показали, что заквашиваемые термофильными бактериями Дельбрюка заварки, приготовленные с применением электроконтактного нагрева, отличались от тех, которые готовились на обычной заварке, более высоким содержанием водорастворимого азота и более интенсивным кислотонакоплением. Жидкие дрожжи, готовившиеся с применением заварок электроконтактного нагрева, отличались высоким и стабильным качеством.

ВИДЫ ЗАВАРОК

Различают следующие виды заварок: 1) осахаренные заварки, 2) неосахаренные заварки, 3) соленые заварки, 4) сброженные, или заквашенные, заварки. В нашей хлебопекарной промышленности наиболее распространены заварки осахаренные и неосахаренные.

Осахаренные заварки получают в результате амилолиза клейстеризованного крахмала содержащейся в них муки. Различают заварки самоосахаривающиеся, в которых амилолиз крахмала вызывается действием амилитических ферментов завариваемой муки, и заварки, в которые для форсирования амилолиза вносится после заваривания известное количество ферментативно-активного белого солода или амилитических ферментных препаратов.

При современных способах приготовления заварки осахаривание ее ведется в емкостях, в которых в этот период осахаривания (от 2 до 4 ч) поддерживается оптимальная температура заварки (62–65 °С). Форсируемое охлаждение заварки производится лишь после завершения периода ее осахаривания.

Прежде осахариванию подвергались не только заварки, применяемые в качестве питательной среды при приготовлении жидких дрожжей и заквасок, но и заварки, применявшиеся в качестве улучшителя качества хлеба и вносившиеся в опару или в тесто. Работы, проведенные в технологической лаборатории ВНИИХПа (Н. И. Смолина и др., 1947), позволяют считать излишним осахаривание заварки, применяемой для этой цели.

Диаграмма, приведенная на рис. 22, достаточно убедительно свидетельствует о том, что количество сахаров в хлебе, приготовленном на заварке неосахаренной и осахаривавшейся в течение разного времени, практически одинаково. Объясняется это тем, что клейстеризованный крахмал заваренной муки достаточно легко будет осахарен амилазами муки в тесте при его брожении и выпечке и без осахаривания в заварке.

Неосахаренная заварка для улучшения качества хлеба готовится из 3–10% муки от общего ее количества в тесте. Воды для приготовления заварки берут обычно в 2,5–3 раза больше завариваемого количества муки.

Как показали опыты, проведенные во ВНИИХПе, температура заваренной массы должна доходить при заваривании пшеничной сортовой муки до 63–65 °С, а пшеничной обойной муки до 70–73 °С.

Заваренную и тщательно промешанную массу заварки сразу же после заваривания охлаждают примерно до 35 °С, после чего ее можно использовать при приготовлении опары или теста. Стадия осахаривания заварки (т. е. выдерживание заварки в течение нескольких часов при температуре, оптимальной для осахаривания) здесь исключена как излишняя.

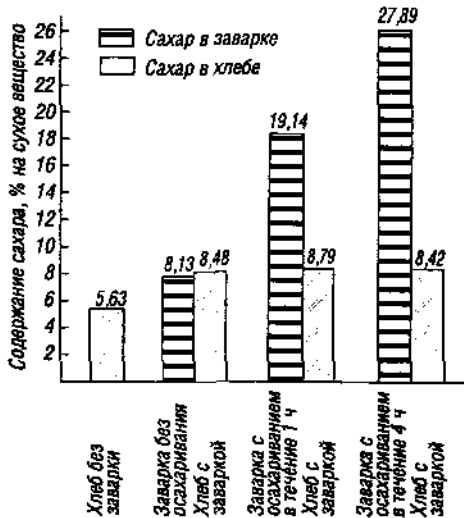


Рис. 22. Влияние осахаривания заварки на содержание сахаров в заварке и хлебе

Соленые заварки отличаются от обычных тем, что при их приготовлении муку заваривают не водой, а нагретым до кипения раствором соли, который готовят из всей соли, предназначенной для данного количества теста.

Сброженные и заквашенные заварки различаются между собой тем, что заварку после ее охлаждения сброживают прессованными или жидкими дрожжами или заквашивают молочнокислыми бактериями и затем выбраживают в течение нескольких часов.

Эти виды заварок можно рассматривать скорее как приготовление своего рода промежуточных фаз приготовления теста — жидких дрожжей или молочнокислой закваски.

Исходя из исследований, проведенных во ВНИИХПе, а также в Институте питания АМН СССР, можно сделать следующие заключения об эффективности применения заварок при выработке пшеничного хлеба.

1. Заварки являются необходимым компонентом (питательной средой) при приготовлении жидких дрожжей и ПшЖЗ, предназначенных для приготовления на них пшеничного теста.

2. Применение заварок, как осахаренных, так и неосахаренных, вносимых в тесто, повышает содержание в хлебе сахаров, делая его более сладким на вкус, и повышает образование в корке хлеба меланоидинов, усиливающих степень ее окрашенности и комплекс ощущений вкуса и аромата хлеба. Для этого достаточно применения при приготовлении теста заварки из 5–10% муки от общего ее количества в тесте. Применение большего количества заварки может иметь результатом некоторую заминаемость и липкость мякиша хлеба и снижение его объема, т. е. ухудшение качества хлеба по этим показателям.

3. Применение заварок в тестоприготовлении несколько продлевает период сохранения хлебом его свежести.

4. Выход хлеба от применения заварок обычно может повышаться лишь в случае применения их в количествах или вариантах, снижающих качество хлеба, его объем. Применение заквашенных и сброженных заварок, повышающих объем хлеба и улучшающих его вкус и аромат, в то же время увеличивает потери на утрату и усушку, а также затраты сухих питательных веществ на сброживание и заквашивание заварок.

Возможны и случаи повышения выхода хлеба, связанные с некоторым улучшением реологических свойств теста, позволяющим повысить в нем содержание влаги. Эти случаи могут иметь место лишь в условиях, когда влажность теста без заварки приходится занижать по сравнению с уровнем, допустимым, исходя из норм влажности данного сорта хлеба или булочного изделия.

5. Предполагали, что применение заварок может привести к повышению усвояемости пищевых веществ хлеба. Однако физиологические опыты на людях, питавшихся пшеничным хлебом, готовившимся

без заварки, с обычной неосахаренной заваркой и с заквашенной заваркой, этого не подтвердили. Существенного изменения усвояемости хлеба с заварками не происходило и проявлялась даже тенденция к некоторому снижению усвояемости белков хлеба.

Из сказанного следует, что заварки при приготовлении пшеничного хлеба следует применять в вариантах, позволяющих получить хлеб лучшего качества, чем без их применения.

СПОСОБЫ И АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА¹

Еще сравнительно недавно пшеничное тесто в хлебопекарной промышленности готовилось только порционно с применением либо опарного, либо безопарного способа. Замес теста производился в большинстве стран на сравнительно «тихоходных» тестомесильных машинах периодического действия, а брожение опары и теста — в подкатных дежах. В хлебопечении нашей страны пшеничное тесто из сортовой муки готовилось, как правило, опарным способом с применением прессованных или жидких дрожжей (или тех и других).

Процесс опарного приготовления теста длился от 4,5 до 6 ч и требовал большого количества дежей для опары и теста и соответственно большой площади тестоприготовительных цехов. Перемещение дежей с опарой и тестом, за исключением единичных хлебозаводов (системы Г. П. Марсакова и некоторых других), производилось вручную.

Еще в 1927 г. Г. П. Марсаков предложил тестоприготовительный агрегат на жестком кольцевом конвейере с полной механизацией всех процессов порционного двухфазного (опара-тесто) приготовления теста, включая и перемещение дежей. Эти агрегаты успешно работают и ныне на ряде хлебозаводов системы Марсакова в Москве и Санкт-Петербурге.

Был предложен и ряд других технических решений для механизации перемещения дежей с тестом и другими полуфабрикатами.

Однако все эти решения сохраняли порционное приготовление теста и выбраживание его в дежах.

Приготовление теста в бункерных агрегатах с месильными машинами периодического действия, созданных Н. Ф. Гатилиным, хотя и сохранило на первом этапе порционность его приготовления, но полно-

¹ В учебнике по технологии мы имеем возможность привести лишь самые сжатые характеристики ряда основных способов и вариантов аппаратурного оформления процесса приготовления теста. Детальное их описание приводится в специальной литературе [3, 4, 5, 20, 29, 30, 40 и др.].

стью устранило применение для этой цели дежей, а следовательно, и проблему их перемещения.

Одним из основных направлений технического прогресса в области осуществления технологических процессов различных отраслей производства является проведение этих процессов непрерывно-поточными способами при полной механизации всех операций, в том числе и тех, которые ранее осуществлялись вручную.

Непрерывно-поточное комплексно-механизированное осуществление технологических процессов стабилизирует их, облегчает автоматизацию управления ими, резко повышает производительность труда и при стабильности хлебопекарных свойств муки, правильно подобранных способах и параметрах проведения процесса обеспечивает и стабильно высокое качество готовой продукции.

АППАРАТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ БЕЗДЕЖЕВОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Пионерами в области разработки непрерывного тестоприготовления в нашей стране были А. А. Воронков (1929), И. Д. и А. И. Беяковы (1933), Н. В. Молодых (1931–1936 и позднее) и В. А. Проворихин (1934).

Предлагавшиеся и разрабатывавшиеся ими варианты тестоприготовительных установок и агрегатов непрерывного действия не были доведены до осуществления в производственных масштабах и внедрения в промышленности, но, несомненно, сыграли свою роль в дальнейших работах этого направления.

Бункерные тестоприготовительные агрегаты

Широкое применение на наших хлебозаводах нашли бункерные тестоприготовительные агрегаты, впервые предложенные и разработанные Н. Ф. Гатилиным.

В 1946 г. были созданы и внедрены крупногабаритные бункерные агрегаты, предназначенные для приготовления ржаного теста на густой закваске (головке) на хлебозаводах, оборудованных печами АЦХ. Эти агрегаты были рассчитаны на производительность до 100 т хлеба в сутки.

На Свердловском хлебозаводе эти агрегаты были приспособлены и для приготовления теста из пшеничной муки обойной (на заквасках) и II сорта (на опаре).

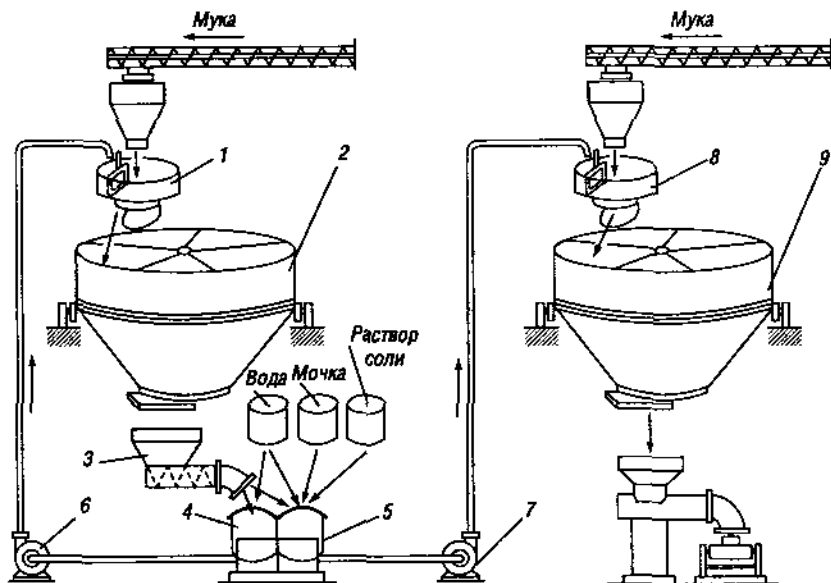


Рис. 23. Схема бункерного тестоприготовительного агрегата Н. Ф. Гатилина

Принцип действия бункеров тестоприготовительных агрегатов системы Н. Ф. Гатилина показан на схеме, приведенной на рис. 23.

В тестомесильной машине 1 с вращающейся чашей дежи, имеющей выпускной клапан в днище, замешивается ржаная закваска (головка) или пшеничная опара. Замешенный полуфабрикат через выпускное отверстие дежи поступает в один из пяти отсеков бункера 2. После заполнения одного отсека последовательно замешенными порциями полуфабриката бункер поворачивается настолько, чтобы под выпускным отверстием дежи тестомесильной машины расположился соседний пустой отсек. Когда таким образом заполнены все отсеки бункера, полуфабрикат в первом отсеке уже выброшен и через выпускное отверстие в его днище поступает в приемную воронку дозатора 3. Освободившийся отсек после поворота бункера вновь заполняется замесиваемым полуфабрикатом.

При приготовлении ржаного теста часть густой закваски (головки) поступает в смеситель 4, а основная часть в смеситель 5. Закваска в смесителе 4 разжижается перемешиванием ее с водой и затем насосом 6 перекачивается в дежу тестомесильной машины 1. Основная часть закваски в смесителе 5 разжижается перемешиванием с водой, мочкой (измельченным в воде хлебом прошлого приготовления) и раствором соли и перекачивается насосом 7 в дежу тестомесильной машины 8.

При приготовлении пшеничного теста опара поступает в смеситель 5, в котором смешивается с водой и раствором соли и насосом 7 подается в дежу тестомесильной машины 8. Отсеки бункера 9 последовательно заполняются порциями замесиваемого теста. Готовое тесто из выпускного отверстия соответствующего отсека поступает в промежуточный тестоспуск или непосредственно в приемную воронку тестоделителя.

За годы, прошедшие с создания первых бункерных тестопрigотовительных агрегатов Н. Ф. Гагиллина, разработан и внедрен целый ряд новых агрегатов этого типа для приготовления пшеничного теста на больших густых опарах, на жидких опарах и безопасным способом.

Для комплексной механизации непрерывного приготовления пшеничного теста на большой густой опаре созданы и используются агрегаты, имеющие различные марки: И8-ХАГ-6; МТИПП-РМК-7; Л4-ХАГ-13; И8-ХТА-6, И8-ХТА-12 и др.

Большие густые опары, как предусмотрено технологической инструкцией по приготовлению пшеничного теста на большой густой опаре в бункерных агрегатах непрерывного действия готовятся с внесением в опару 65–70% муки от общего ее количества с влажностью 41–44%.

Мука, вода и дрожжевая суспензия непрерывно дозируются в машину для замеса опары. Замешенная опара шнековым питателем или лопастным нагнетателем (в агрегатах И8-ХТА-6 и И8-ХТА-12) перемещается в соответствующий отсек бункера для брожения опары.

В агрегатах И8-ХТА-6 и И8-ХТА-12 опара поступает в бункер для брожения сверху, а в агрегатах И8-ХАГ-6, МТИПП-РМК-7 и Л4-ХАГ-13 – снизу. В трех последних агрегатах температура опары в процессах ее замеса, перемещения шнековым питателем по трубопроводу в нижнюю часть отсека бункера и последующего брожения в нем в течение 4–4,5 ч может повышаться на 5–7°С. Поэтому начальная температура большой густой опары не должна превышать 24°С.

В этих агрегатах в тестомесильную машину шнековым питателем подается выброженная опара и соответствующими дозаторами – необходимые количества муки, воды, раствора соли и других предусмотренных рецептурой ингредиентов. Замешенное тесто должно иметь температуру 30–32°С. Шнековым нагнетателем оно подается в смесль для брожения в течение 20–25 мин (иногда и до 40).

Бункерные секционные агрегаты могут быть использованы и при приготовлении пшеничного теста на жидкой опаре или безопасным способом.

Жидкие опары обычно готовятся из 25–30% общего количества муки и имеют влажность 65–70%.

Для замеса жидкой опары используют типовую установку для приготовления заварки марки ХЗМ-300.

Замешенная опара поступает в приемный чан и из нее перскачивается насосом в соответствующие емкости для брожения опары (цилиндрические или прямоугольные баки). Из этих емкостей опара после 3–3,5 ч брожения поступает вместе с другими необходимыми компонентами в тестомесильную машину непрерывного действия Х-26А. Замешенное тесто из тестомесильной машины поступает в отсек секционного бункера, где выбраживается в течение 1–1,5 ч.

Анализ применяемых способов и аппаратурных схем приготовления теста, проведенный ГосНИИХП в РФ и приведенных в различных сборниках технологических инструкций производства хлебобулочных изделий (1989–2000 гг.) показал, что тесто из пшеничной муки с использованием тестопрigотовительных бункерных агрегатов И8ХТА-6, И8ХТА-12, И8ХАГ-6, МТИППМК-7 и др. готовится традиционным

опарным способом, на большой густой опаре, безопасным и ускоренным способами.

Тестоприготовительные агрегаты ХТР

В 1946 г. И. Л. Рабинович предложил тестомесильную машину, а в 1949 г. тестоприготовительный агрегат ХТР для непрерывно-поточного приготовления пшеничного теста однофазным безопасным способом.

Безопасное приготовление пшеничного теста на агрегате ХТР производится чаще всего с применением около 1,5% прессованных и 5–20% жидких дрожжей или 50–60% одних жидких дрожжей. При температуре теста 27–29°C длительность брожения доходит до 4,5–5 ч.

Опыт эксплуатации агрегата ХТР при безопасном приготовлении теста показал, однако, что вырабатываемые таким способом хлебобулочные изделия уступали по качеству изделиям, вырабатываемым из теста, приготовленного опарным способом. Особенно заметно это проявлялось при переработке пшеничной муки с пониженным хлебопекарным достоинством.

В связи с этим во ВНИИХПе и на предприятиях хлебопекарной промышленности был разработан ряд вариантов агрегата ХТР для приготовления теста опарным способом.

На рис. 24 приведена схема опарнотестового агрегата ХТР системы И. Л. Рабиновича.

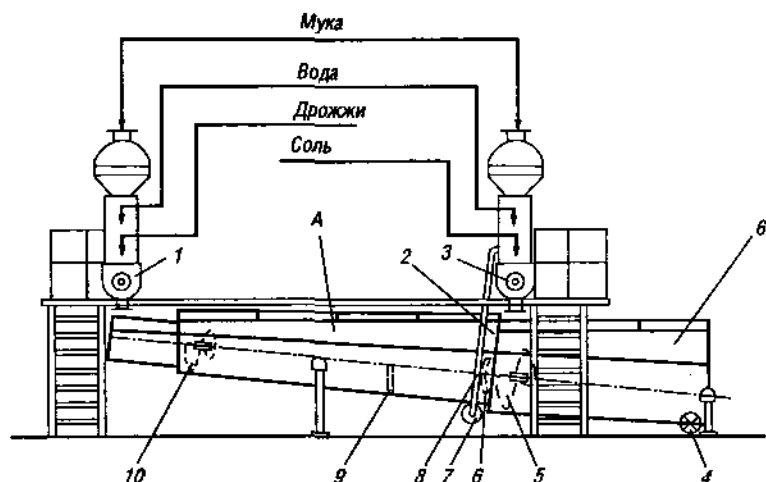


Рис. 24. Схема опарнотестового агрегата ХТР:

А — отсек для брожения опары; Б — отсек для брожения теста

На этом агрегате опара замешивается в тестомесильной машине 1, из которой поступает для брожения в отсек А корытообразного бродильного аппарата, отделенный глухой перегородкой 2 от отсека Б, предназначенного для брожения теста. В отсеке А имеется невысокая съёмная перегородка 9 и в конце его — закреплённые на центральном валу бродильного агрегата лопасти 6, обеспечивающие перемешивание выброженной опары. Перемещение опары в отсеке А обеспечивается как наклоном днища бродильного аппарата, так и винтовым побудителем 10, закреплённым на центральном валу в начальной части отсека. Выброженная опара из выпускного отверстия отсека А поступает в шнековый насос-дозатор 7, которым по трубе 8 подается в тестомесильную машину 3. Замешенное тесто поступает для брожения в отсек Б, в котором перемещается побудителем 5. Готовое выброженное тесто выходит из этого отсека через выпускное отверстие в нижнем его конце, перекрываемое задвижкой, положение которой регулируется штурвалом 4.

Агрегаты ХТР этого типа рассчитаны на приготовление опарным способом теста для выработки примерно 25 т хлебобулочных изделий в сутки.

СПОСОБЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

В нашей стране за последние десятилетия разработан целый ряд способов и агрегатов, интенсифицирующих процесс приготовления теста. Здесь будут кратко охарактеризованы отдельные из этих способов и агрегатов.

Агрегат РЗ-ХТН разработан во ВНИИХПе (в настоящее время ГосНИИХП) для приготовления теста из сортовой пшеничной муки на жидкой опаре с интенсивной механической обработкой его при замесе.

На этом агрегате жидкая опара готовится из 30–35% общего количества муки в тесте.

Опара замешивается в смесителе непрерывного действия, в который из соответствующих дозаторов непрерывно поступают необходимые количества муки, воды и водной суспензии дрожжей. Из этого смесителя замешенная жидкая опара для ее брожения поступает в горизонтальный аппарат, разделенный на последовательные отсеки и снабженный устройством для перемешивания опары, в процессе ее 3,5–4-часового брожения. В этот аппарат замешенная опара поступает непрерывно, а сброженная опара в тех же количествах непрерывно отбирается и специальным насосом перекачивается в дозатор непрерывного действия для отдельных жидких компонентов. Этот же дозатор непрерывно дозирует и необходимые количества других компонентов, предназначенных для замеса теста. Мука дозируется непрерывно действующим дозатором.

Все эти непрерывно дозируемые компоненты поступают на замес теста в тестомесильную машину непрерывного действия, по конструкции обеспечивающую интенсивное механическое воздействие на тесто. Замешенное тесто подается для брожения в течение 30 мин на наклонный транспортер, перемещающий тесто в приемную воронку тестоделителя.

За период брожения в тесте происходит и релаксация напряжений, создавшихся в тесте в результате его интенсивного замеса.

Агрегат РЗ-ХТН предназначен для применения при выработке в основном массовых сортов хлебобулочных изделий из пшеничной сортовой муки. Агрегат РЗ-ХТП разработан ГосНИИХП для порционного приготовления теста для булочных изделий из пшеничной сортовой муки на концентрированной молочнокислой закваске (далее сокращенно обозначаемой КМКЗ).

КМКЗ в разводочном цикле ее приготовления выводят на чистой культуре молочнокислых бактерий, продуцирующих в основном молочную кислоту, которая более приятно и менее резко ощущается во вкусе, по сравнению с уксусной кислотой. В настоящее время чистые культуры этих молочнокислых бактерий производственные лаборатории могут получать из ГосНИИХПа или его Санкт-Петербургского отделения.

Аппаратурно-технологическая схема агрегата РЗ-ХТП, разработанная во ВНИИХПе, приведена на рис. 26.

В производственном цикле КМКЗ имеет влажность 65–68%, выбраживается при 36–38 °С в течение 8–10 ч до достижения кислотности 16–20 град в аппарате 2, имеющем водяную рубашку и мешалку. Половину выброженной КМКЗ насосом 4 перскачивают в расходный бак 5, из которого она будет направляться на замес теста.

К половине КМКЗ, оставшейся в смкости 2, для ее освежения добавляют питательную смесь из муки и воды, подготавливаемую в смесителе 2 в количестве, соответствующем массе половины КМКЗ, отобранной в расходный бак 5 для последующего приготовления теста.

Через 8–10 ч выбраживания при 36–38°С освеженная КМКЗ достигает кислотности 16–20 град, и производится очередной отбор половины ее в расходный бак 5.

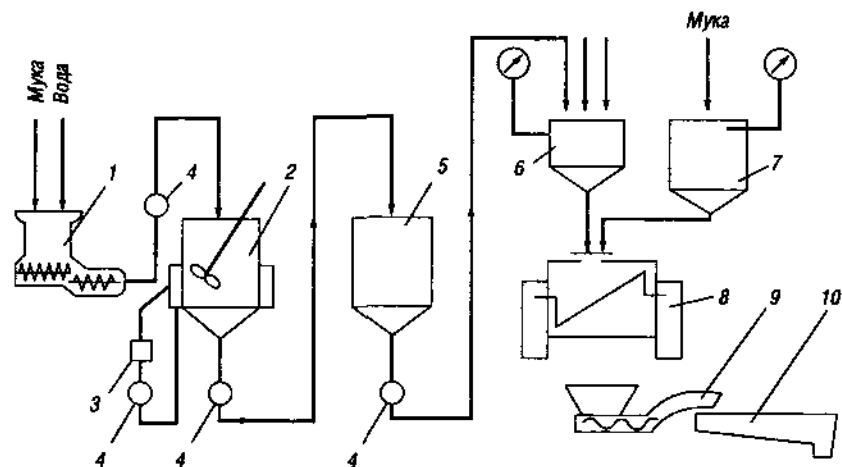


Рис. 26. Схема тестоприготовительного агрегата РЗ-ХТП:

1 — аппарат для приготовления питательной смеси (смеситель); 2 — аппарат для брожения КМКЗ; 3 — система термостатирования; 4 — насос; 5 — расходный бак; 6 — дозатор жидких компонентов; 7 — дозатор муки; 8 — тестомесильная машина; 9 — нагнетатель-экструдер; 10 — емкость для брожения теста

Готовая выброженная КМКЗ высокостабильна и сохраняется при 36–38 °С в течение 20 ч, а при снижении температуры КМКЗ до 12–15 °С -- в течение суток и более.

Для замеса теста насосом 4 через дозатор 6 направляется соответствующее количество КМКЗ и других жидких компонентов, а через дозатор 7 — мука.

Замес теста на КМКЗ производится порционно на тестомесильной машине интенсивного действия. Замес теста длится в течение 3–4 мин.

На приготовление КМКЗ расходуется 3–5%, а на замес теста — остальные 95–97% муки.

Замешенное тесто нагнетателем-экструдером перемещается в емкость 10 для брожения в течение 40–60 мин. За это время в тесте происходит и релаксация напряжений, возникших в тесте при прохождении его через нагнетатель-экструдер.

Дальнейшие этапы процесса — разделка и выпечка — проводятся, как обычно.

Ускоренный способ порционного приготовления пшеничного теста на молочной сыворотке

Технологическая инструкция включает описание и аппаратурно-технологическую схему данного способа. При производстве хлебобулочных изделий из муки I и высшего сортов сыворотку рекомендуется добавлять в количестве 10–20% от массы муки.

Предусмотрено проведение замеса на тестомесильной машине интенсивного действия, применение для хранения сыворотки специальных емкостей — баков из нержавеющей стали с водяными рубашками и мешалками. Остальные операции осуществляются с применением имеющегося на предприятии серийно производимого оборудования.

Следует учитывать, что молочная сыворотка содержит 95% воды и 5% сухих веществ и перед ее внесением в тесто должна иметь кислотность не более 75°Т.

Разработаны и применяются в хлебопекарной промышленности и многие другие варианты ускоренного приготовления пшеничного теста, два из которых мы кратко опишем.

Ускоренный способ приготовления пшеничного теста на диспергированной фазе

Этот способ разработан специалистами хлебопекарной промышленности Эстонии и нашел применение на хлебопекарных предприятиях Прибалтики.

Диспергированная фаза готовится в скоростном смесителе, имеет влажность около 60% и на ее приготовление идет 30% общего количества муки, сахар, жир, молочные продукты и 3% прессованных дрожжей. Диспергированная фаза представляет собой сметанообразную массу и вырабатывается в течение 30 мин. Затем на диспергированной массе производится замес теста.

После примерно 30 мин брожения тесто направляется на разделку. Отмечено хорошее качество продукции из приготовленного этим способом теста, а также и то,

что его применение облегчает перевод производства на двухсменную работу с единым выходным днем.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖИДКОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ФАЗЫ

В 1963 г. в МТИППе был предложен (Л. Я. Ауэрман, В. Л. Кретович, Р. Д. Поландова) способ улучшения качества пшеничного хлеба¹, предусматривающий включение в процесс приготовления теста из сортовой пшеничной муки предварительной жидкой окислительной фазы (далее сокращенно — ЖОФ), в которой роль окислителя играет фермент *липоксигеназа* соевой (или гороховой) муки.

Процесс приготовления ЖОФ отработывался сначала в лабораторных условиях в МТИППе, затем в производственных условиях на опытном хлебозаводе ВНИИХПа и московском хлебозаводе № 4 при порционном (в дежах) приготовлении теста.

С учетом результатов этих работ на Орехово-Зуевском хлебозаводе была создана производственная установка для приготовления ЖОФ, включенная в линию непрерывно-поточного опарного приготовления теста на агрегате ХТР.

Схема этой установки приведена на рис. 27.

Для приготовления ЖОФ применяются: вода (50–75% от общего ее количества в тесте; при опарном способе приготовления теста — вся вода, предназначенная для приготовления опары); свежесмолотая, необезжиренная соевая мука как носитель активной липоксигеназы (в количестве 0,3% к массе муки в тесте); эмульсия растительного масла в воде с применением фосфатидного концентрата (ФК) в качестве эмульгатора и пшеничная мука (20–25% от общего количества ее в тесте). Эмульсия вносится в ЖОФ в качестве жирового субстрата для действия липоксигеназы и готовится на установках с гидродинамическим вибратором; в состав 10%-ной эмульсии входит 90% воды, 5% растительного масла и 5% ФК. В ЖОФ эмульсия вносится из расчета содержания в ней растительного масла и ФК по 0,05% к массе всей муки в тесте.

На установке (см. рис. 27) ЖОФ готовится порционно. Приготовленная ЖОФ перекачивается в сборник б, вмещающий до двух ее порций, из которого затем расходуются на приготовление опары, других жидких полуфабрикатов или безопарного теста.

Расходование ЖОФ может быть либо также порционным, либо непрерывным, в зависимости от способа приготовления опары или теста. Установка рассчитана на приготовление ЖОФ для производства 15–18 т хлебобулочных изделий в сутки.

Основным элементом установки является высокоскоростной смеситель 4, в котором и осуществляется процесс приготовления ЖОФ. Бак этого смесителя конической формы с вертикальными ребрами на внутренней поверхности имеет вместимость 200 л. Вал смесителя установлен с наклоном 10°, снабжен тремя пропеллерными мешалками и делает около 1400 об/мин. Этим обеспечивается не только интенсивное перемешивание содержимого бака, но и насыщение смешиваемой массы пузырьками захватываемого воздуха, кислород которого нужен для окислительного действия липоксигеназы в ЖОФ.

¹ А. с. 164860 (СССР). — Б. И., 1964, № 17.

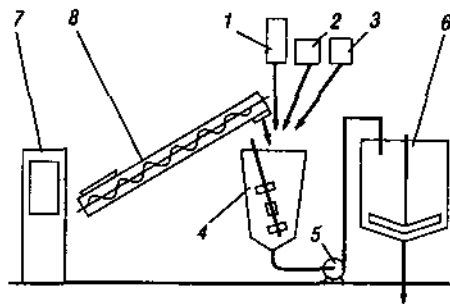


Рис. 27. Схема установки для приготовления жидкой окислительной фазы:

1 — водосмеситель-дозатор АВБ-100; 2 — дозатор соевой муки; 3 — дозатор эмульсии; 4 — быстроходный смеситель для приготовления ЖОФ; 5 — насос; 6 — сборник готовой ЖОФ; 7 — пульт управления; 8 — шнек-дозатор пшеничной муки

Ингредиенты, из которых готовится ЖОФ, поступают в бак смесителя 4 через соответствующие дозаторы: вода — через дозатор 1 (АВБ-100), соевая мука — через дозатор 2, эмульсия — через дозатор 3. Пшеничная мука может либо подаваться в бак смесителя шнеком-дозатором 8, как это осуществлено на Орехово-Зуевском хлебозаводе, либо предварительно отвешиваться на автомукосмере МД-100. Для автоматизированного управления всеми механизмами установки предусмотрен пульт управления 7.

При суточной выработке на одной линии 17,3 т нарезных батон из пшеничной муки I сорта необходимо готовить две порции ЖОФ в час. Для приготовления

каждой порции ЖОФ идет: воды 87,6 л, соевой муки 0,8 кг, 10%-ной эмульсии 2,65 кг и пшеничной муки 52,1 кг.

В связи с малым расходом эмульсии ее следует готовить на установке с гидродинамическим вибратором сразу на смену (или большее время) и перекачивать в сборник, из которого она через дозатор 3 будет расходоваться на приготовление ЖОФ.

ЖОФ готовится в следующем порядке.

На первом этапе в бак смесителя из АВБ-100 подается вода (температура воды не выше 35 °С), включается электродвигатель смесителя и через дозатор 2 засыпается необходимое количество соевой муки. Смесь воды и соевой муки перемешивается в течение 1 мин для перехода липоксигеназы соевой муки в раствор. Затем в бак смесителя через дозатор 3 сливается необходимое количество эмульсии и продолжается перемешивание смеси. При этом полиненасыщенные жирные кислоты растительного масла и фосфатидного концентрата под действием липоксигеназы окисляются кислородом воздуха, захваченного перемешиваемой смесью. В результате образуются пероксидные соединения (в основном гидропероксиды) указанных жирных кислот, являющиеся активными окислителями. Образование этих перекисных соединений и является основной целью первого этапа приготовления ЖОФ.

На втором этапе после окончания слива эмульсии в бак смесителя постепенно (в течение 2 мин) подается соответствующее количество пшеничной муки. Затем в течение еще 4 мин продолжается перемешивание ЖОФ. На этом собственно приготовление ЖОФ и заканчивается. На втором этапе ее приготовления перекисные соединения жирных кислот окисляют сульфгидрильные группы компонентов белково-протеиназного комплекса пшеничной муки, внесенной в ЖОФ. В результате этого улучшаются структурно-механические свойства теста, приготовленного на ЖОФ, и как следствие улучшаются газо- и формоудерживающая способность теста, объем и форма хлеба, разрыхленность и реологические свойства мякиша хлеба.

Перекисными соединениями жирных кислот окисляются и обесцвечиваются каротиноидные пигменты муки, поэтому мякиш хлеба становится заметно более светлым.

Приготовленная порция ЖОФ перскачивается в сборник 6, откуда и расходуется на приготовление опары (жидкого полуфабриката) или безопарного теста.

Существенно отметить, что применение ЖОФ заметно улучшает реологические свойства теста, что позволяет доводить влажность теста для булочных изделий до уровня, соответствующего установленным нормам влажности их мякиша.

Улучшение реологических свойств теста делает целесообразным и некоторое увеличение длительности расстойки тестовых заготовок. Несколько ускоряется процесс созревания теста, в частности кислото-накопление в нем.

Для практики применения этого способа на хлебопекарных предприятиях существенно и то, что применение ЖОФ позволяет в случае необходимости получать из свежесмолотой или имевшей недостаточную отлежку пшеничной муки хлеб, даже лучший по качеству по сравнению с хлебом, полученным обычным способом из этой же муки после 1–2 мес ее созревания после помола.

Из этого не следует, однако, делать вывод о ненужности отлежки муки после помола в случае применения ЖОФ. И при применении ЖОФ отлежка и созревание муки дополнительно улучшают качество хлеба.

Дальнейшими работами, проводившимися в МТИППе (Г. Г. Дубцов, М. П. Попов и др.), было показано, что применение ЖОФ улучшает качество пшеничного хлеба и в том случае, если вследствие недостаточности соевой муки используют значительно меньшую липоксигеназную активность пшеничной муки, вносимой в ЖОФ.

В последующих работах, проводившихся в МТИППе с участием и ВНИИХПа, установлено, что в качестве источника липоксигеназы при приготовлении ЖОФ можно с достаточной эффективностью использовать клеточный сок картофеля, являющийся отходом на картофельных крахмальных заводах, как в его нативном виде, так и консервированного 15 % поваренной соли, а также концентрата, получаемого из консервированного сока в виде осадка после 1 ч его прогрева при 50 °С.

Эти вносимые в ЖОФ добавки содержат активную липоксигеназу, а также и ингибиторы протеолиза, дополнительно улучшающие структурно-механические свойства теста, а также объем и форму хлеба, цвет и текстуру мякиша. Улучшается также вкус и аромат хлеба, и увеличивается период сохранения его свежести.

Перечень публикаций по применению в нашей стране липоксигеназно-активных пищевых добавок для улучшения качества пшеничного хлеба приведен в статье по этому вопросу.

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА ЗА РУБЕЖОМ

Над сокращением продолжительности процесса приготовления теста работают многие исследователи у нас в стране и за рубежом. Предложено много способов, позволяющих интенсифицировать протекающие при приготовлении теста процессы: физические, коллоидные, микробиологические, биохимические и др. Не все предложенные способы находят применение на предприятиях. У нас в стране нашли применение способы с использованием соответствующих приемов и аппаратов, интенсифицирующих замес теста, специальных добавок (подкислителей, активаторов микроорганизмов, улучшителей и др.), повышенного содержания дрожжей.

К числу таких способов относятся: ускоренный способ приготовления теста с использованием молочной сыворотки, ускоренный способ приготовления теста с использованием концентрированной молочной-кислой закваски (КМКЗ), ускоренный способ приготовления теста на жидкой диспергирующей фазе (ЖДФ), приготовление теста по интенсивной (холодной) технологии и др.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

В последние годы за рубежом и у нас в стране большое распространение находит применение способов приготовления хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов тестовых заготовок (ТЗ). В результате исследований, проведенных в МГУПП, ГосНИИхлебом и др., разработаны теоретические основы приготовления изделий из замороженных полуфабрикатов.

Установлена целесообразность замораживания тестовых заготовок после формования и разделки, после неполной расстойки, после неполной выпечки. Для реализации этого способа технологический процесс приготовления теста отличается от традиционных способов. Для обеспечения оптимальных реологических свойств теста после замеса конечная температура теста должна быть 18–21 °С, используется охлажденная вода или инжектирование льда при замесе. Продолжительность отлежки (брожения) и разделки теста до замораживания не более 40–45 минут.

Замораживание тестовых заготовок осуществляется при температуре (-35) – (-38) °С в течение времени, необходимого для достижения температуры центра заготовки (-7) – (-10) °С. Продолжительность замораживания ТЗ зависит от массы, формы, рецептуры, скорости движения воздуха и других факторов. Хранение замороженных полуфабрикатов осуществляется при температуре (-18) – (-14) °С в течение 4–18 недель; размораживание (дефростация) ТЗ при температуре 0–3 °С в течение 10–12 ч, при температуре 18–20 °С в течение 60–90 мин; расстойка — при температуре 35–38 °С с увеличением на 250–300% продолжительности по сравнению с традиционной.

Условия замораживания–хранения–размораживания ТЗ влияют на реологические свойства теста, газоудерживающую способность ТЗ, свойства клейковины и качество выпеченных изделий.

Мука для приготовления изделий с использованием замороженных ТЗ должна содержать 28–30% сырой клейковины, по качеству — не ниже 1-й группы. Дрожжи должны быть устойчивыми к низким температурам брожения. Это — штаммы и расы, выращенные в оптимальной среде для культивирования, с высоким содержанием трегалозы, определенным составом жирных кислот в мембране дрожжевых клеток, с высоким содержанием фосфолипидов и стероидов, с высоким содержанием сухих веществ и белка. Дрожжи используются в повышенных количествах (4–8%).

Разработаны способы стабилизации свойств теста и качества готовых изделий, приготовленный с использованием замороженных полуфабрикатов, путем применения сухой пшеничной клейковины, отдельных хлебопекарных улучшителей, добавок для криопротекторной защиты дрожжей.

Применение технологии замороженных ТЗ осуществляется в соответствии с технологической инструкцией на процесс приготовления быстрозамороженных полуфабрикатов для хлебобулочных изделий (изменения ГосНИИХП к «Сборнику технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий», М., 1989).

* * *

Завершить изложение данной главы целесообразно напоминанием о том, что хлеб, получаемый при любых интенсифицированных способах приготовления теста, должен быть не только хорошо разрыхлен, иметь хорошую форму, большой объем и толкостенную, мелкую и равномерную пористость, но и быть полноценным по вкусу и аромату, не уступая в этом отношении хлебу из теста, приготовленного лучшим в этом отношении из ранее известных способов.

Глава VI

Приготовление ржаного теста

Ржаная мука имеет некоторые особенности, влияющие на ее хлебопекарные свойства. Крахмал ржаной муки более атакуем амилолитическими ферментами, чем крахмал пшеничной муки. В ржаной муке всегда имеется некоторое количество α -амилазы в активном состоянии, тогда как в пшеничной муке из непроросшего зерна находится практически только активная β -амилаза. Клейстеризация ржаного крахмала происходит при более низких температурах, чем пшеничного. В ржаной муке содержится 2–3% весьма сильно набухающих высокомолекулярных пептозанов — слизи. Белково-протеиназный комплекс ржаной муки также специфичен. Белковые вещества ржаной муки в тесте способны в значительной части пептизироваться, переходя в вязкий коллоидный раствор.

ОТЛИЧИЯ В СВОЙСТВАХ И СПОСОБАХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Отмеченные выше особенности ржаной муки обуславливают и существенные различия в свойствах и способах приготовления ржаного и пшеничного теста.

Структура и реологические свойства ржаного теста характерны отсутствием в нем губчатого клейковинного каркаса, придающего пшеничному тесту свойства упругости и эластичности. Значительная часть белков ржаной муки в тесте неограниченно набухает, пептизируется и переходит в состояние вязкого коллоидного раствора, составляющего основу жидкой фазы ржаного теста. В жидкой фазе ржаного теста находятся также пептизированные слизи, растворимые декстрины, сахара, соли и другие водорастворимые вещества муки.

Кроме того, в жидкой фазе распределены такие элементы твердой фазы ржаного теста, как зерна крахмала, ограниченно набухшая часть белков и отрубистые частицы муки.

Реологические свойства ржаного теста в значительной мере определяются свойствами его весьма вязкой жидкой фазы. Для ржаного теста характерны высокая вязкость, пластичность и малая способность к растяжению, низкая упругость.

Довольно значительное влияние на реологические свойства ржаного теста оказывает соотношение в нем пептизированных и ограниченно набухших белковых веществ.

Следует отметить, что кислотность и в первую очередь содержание в ржаном тесте молочной кислоты существенно влияет на степень пептизации белков. Повышение кислотности теста до определенного предела (до рН 4,4–4,2) способствует пептизации белков и одновременно набуханию и улучшению реологических свойств ограниченно набухшей части белков. Дальнейшее повышение кислотности может привести к уменьшению пептизации белков ржаного теста.

Поэтому повышенная кислотность ржаного теста, особенно содержание в нем молочной кислоты, благоприятно влияет на реологические свойства ржаного теста. В частности, большое значение приобретает повышенная кислотность ржаного теста при приготовлении его из ржаной муки с низким содержанием белковых веществ. При недостаточно высокой кислотности в таком тесте не был бы обеспечен переход в жидкую фазу значительного количества пептизованного белка.

Однако и слишком большая пептизация белковых веществ в ржаном тесте нежелательна, так как это может привести к чрезмерному разжижению теста и снижению его способности удерживать форму при расстойке и выпечке подовых видов хлеба.

Внесение соли в ржаное тесто повышает температуру клейстеризации его крахмала в процессе выпечки, что вследствие повышенной атакуемости ржаного крахмала и наличия в ржаной муке α -амилазы может способствовать улучшению реологических свойств мякиша хлеба.

Значительно более высокая кислотность ржаного теста необходима не только для достижения достаточной пептизации его белков, но и для торможения действия присутствующей в ржаной муке α -амилазы. Как уже указывалось, повышение кислотности ржаного теста резко снижает температуру инактивации α -амилазы. В связи с этим при выпечке ржаного хлеба сокращается длительность периода, в котором β -амилаза уже инактивирована, а α -амилаза, действуя на частично клейстеризованный крахмал, еще продолжает образовывать декстрины. Накопление же в мякише хлеба декстринов придает ему повышенную липкость. Поэтому при недостаточной кислотности ржаного теста мякиш хлеба из него имеет повышенную липкость и заминаемость. Такой мякиш по состоянию напоминает мякиш непрочеченного хлеба или хлеба из муки, смолотой из проросшего зерна. В связи с этим кислот-

ность готового выброженного теста из ржаной обойной муки (перед его разделкой) доводят примерно до 12 град.

Для достижения такой кислотности ржаного теста необходимы специфические микроорганизмы. В пшеничном тесте из сортовой муки основными микроорганизмами являются дрожжи, наряду с которыми известную роль играют и кислотообразующие бактерии, обуславливающие кислотонакопление в тесте. При этом задача технолога сводится к предотвращению чрезмерного повышения кислотности теста, которое могло бы с точки зрения вкуса вызвать недопустимо высокую кислотность хлеба.

При приготовлении же ржаного теста задачей технолога является обеспечение достаточно быстрого и высокого кислотонакопления. Поэтому в ржаных заквасках и тесте должны быть созданы условия, при которых количество кислотообразующих бактерий во много (обычно в 60–80) раз превышало бы количество дрожжевых клеток.

Такое соотношение в ржаном тесте дрожжей и кислотообразующих бактерий может быть получено и при приготовлении его из муки и воды путем так называемого *спонтанного брожения*.

Если замесить ржаную муку с водой и оставить тесто при температуре, обычной для ведения теста (25–30 °С), то через некоторое время в нем появляются признаки брожения, выражающиеся в выделении мелких пузырьков газа и в появлении характерного вкуса и запаха кислого теста. Микроскопическое исследование теста, подвергшегося самопроизвольному брожению, показывает, что тесто послужило питательной средой для ряда микроорганизмов, попавших в него из окружающего пространства и из муки; жизнедеятельность этих микроорганизмов и вызывает описанные выше явления (газо- и кислотообразование).

В результате изучения микроорганизмов теста, в котором началось самопроизвольное брожение, установлено, что основными возбудителями этого брожения являются *Bact. coli aerogenes* и *Bac. levans*. Эти бактерии образуют в тесте уксусную и молочную кислоту, спирт, углекислый газ (диоксид углерода), водород и в меньших количествах — азот.

Наряду с основной массой бактерий этого типа в тесте, в котором началось спонтанное брожение, встречаются в очень небольшом количестве и отдельные дрожжевые клетки (попавшие в тесто из воздуха). Однако роль их в первой стадии спонтанного брожения чрезвычайно мала и практически незаметна.

Если кусок теста, в котором началось спонтанное брожение, оставить в помещении с сухим воздухом, то тесто со временем высохнет и жизнедеятельность микроорганизмов в нем прекратится. Если же кусок теста будет лежать во влажном помещении, то он с течением времени покроется плесенью, следовательно, с точки зрения хлебопечения этот кусок теста испортится и сделается непригодным для употребления.

Совершенно другая картина будет, если тесто, которое подвергалось спонтанному брожению, через некоторое время (через 7–8 ч) освежить или «размолодить», прибавив к нему новую порцию муки и воды, дать ему некоторое время вновь бродить, затем опять размолодить и т. д. в течение нескольких (например, четырех) дней. В этот период можно произвести от шести до восьми размолждений теста. В те-

сте, подвергшемся повторному спонтанному брожению, чередовавшемуся с размораживанием, микрофлора будет совершенно иная.

Если в первой стадии спонтанного брожения теста микроорганизмы последнего в основном составляли бактерии типа *Vac. levans* и лишь в совершенно незначительной доле — дрожжевые грибы, то в тесте, подвергшемся повторному размораживанию, бактерии типа *Vac. levans* почти или совершенно исчезают, а вместо них появляются типичные для ржаного теста кислотообразующие бактерии. Одновременно отмечается наличие значительного количества дрожжевых клеток. Соотношение в таком тесте дрожжей и кислотообразующих бактерий близко к обычному для ржаных заквасок и теста.

Разница в составе микроорганизмов первоначально замешенного теста и теста после пяти освежений отражается и на качестве хлеба. Хлеб из теста начальной стадии спонтанного брожения плохо разрыхлен и имеет трещины как в корке, так и в мякише. Хлеб из спонтанно забродившего теста после 5–6 последовательных разморожений хорошо разрыхлен, имеет нормальный по строению мякиш и хороший внешний вид. Вкус и аромат такого хлеба обычные для ржаного хлеба.

Однако приготовление ржаного теста таким путем было бы чрезвычайно длительным и в значительной мере зависело бы от микрофлоры муки, которая может резко колебаться как по количеству, так и по соотношению представленных в ней микроорганизмов. Поэтому при приготовлении ржаного теста следует в начале процесса вносить в том или ином виде специфические кислотообразующие бактерии и дрожжи.

Наиболее простым было бы однофазное приготовление ржаного теста с внесением при замесе в качестве возбудителей брожения дрожжей и соответствующих кислотообразующих бактерий в необходимом соотношении. Для этого наряду с прессованными дрожжами нужно иметь прессованные (или сухие) кислотообразующие бактерии соответствующих видов и рас.

В ржаном тесте указанное соотношение дрожжей и кислотообразующих бактерий достигается на большинстве хлебопекарных предприятий приготовлением теста на заквасках.

В технологии промышленного приготовления ржаного теста закваской можно называть непрерывно расходуемую по частям и вновь возобновляемую фазу, используемую для приготовления теста. Закваски применяются *густые, менее густые* или *жидкие*. Часть такой закваски применяется при замесе теста в качестве продукта, содержащего активную специфическую бродильную микрофлору ржаного теста и значительное количество кислот. На остальной (меньшей) части закваски с добавлением определенного количества муки и воды готовится новая порция закваски. После определенного времени брожения закваска восстанавливает свою кислотность и состав бродильной микрофлоры и опять может быть частично использована для приготовления очной или нескольких порций теста. На меньшей части вновь возобновляется новая порция закваски и т. д.

Работа по такому сравнительно простому двухфазному циклу (закваска — тесто) с непрерывным возобновлением закваски носит название работы по *сокращенному производственному циклу* приготовления ржаного теста.

Сокращенный производственный цикл приготовления ржаного теста на заквасках может быть и трехфазным. На отдельных порциях непрерывно возобновляемой закваски можно готовить сначала опару. После того как опара выбродит, на ней готовится тесто.

Однако для того чтобы начать работу по двух- или трехфазному производственному циклу, нужно иметь готовую закваску в необходимом количестве. Приготовление (или, как говорят на производстве, разведение) заново производственной закваски обычно включает три фазы.

В первой фазе *разводочного цикла* небольшое количество муки и воды замешивают с небольшим количеством производственной закваски предыдущего приготовления или взятой с другого хлебопекарного предприятия. Иногда при этом добавляют небольшое количество прессованных дрожжей. После нескольких часов брожения этой первой закваски ее освежают и увеличивают внесением дополнительного, уже большего, количества муки. Полученная таким образом вторая закваска после нескольких часов брожения освежается и пополняется добавлением еще большего количества муки и воды. Эта третья закваска после нескольких часов брожения представляет собой производственную закваску, готовую для использования в производственном цикле. Таким образом, в нашем примере в разводочном цикле приготовление ржаного теста включает 4 фазы: первая закваска — вторая закваска — третья закваска (она же в дальнейшем — производственная закваска) — тесто.

При выведении производственной закваски не только увеличивается ее количество, но в ней накапливаются в необходимых соотношениях дрожжевые клетки и кислотообразующие бактерии, а также значительное количество кислот. Кислотность производственной закваски обычно даже несколько выше требуемой конечной кислотности теста. После получения необходимого количества производственной закваски работу ведут в течение определенного времени по сокращенному производственному циклу, обычно двухфазному: закваска — тесто.

Если качество производственной закваски ухудшается (снижается скорость кислотонакопления или подъемная сила) или ухудшается вкус и другие свойства хлеба, приготовление теста по производственному циклу прекращают и производственные закваски готовят заново по полному разводочному циклу.

Опыт показывает, что ржаное тесто по сокращенному производственному циклу можно готовить месяцами, прибегая к полному обновлению заквасок путем применения разведочного цикла только при ухудшении их качества.

В разведочном цикле при приготовлении первой фазы — первой закваски можно вместо порции производственной закваски предыдущего приготовления и прессованных дрожжей вносить соответствующее количество размноженных в лаборатории чистых культур соответствующих рас дрожжей и кислотообразующих бактерий. Такой метод применяется на ряде хлебозаводов.

При разведении производственной закваски заново и при возобновлении ее в производственном цикле стремятся создавать условия (консистенцию, температуру, длительность брожения), наиболее благоприятные для оптимального состава и состояния ее бродильной микрофлоры.

МИКРООРГАНИЗМЫ РЖАНЫХ ЗАКВАСОК И ТЕСТА

В ржаных заквасках представлены дрожжи и кислотообразующие бактерии. Дрожжи в ржаных заквасках обычно встречаются даже тогда, когда их не вносят в первую фазу разведочного цикла приготовления закваски. Это дрожжи, попавшие в закваску с мукой, водой или из воздуха и размножившиеся в закваске, представляющей собой благоприятную питательную среду.

Изучением дрожжевых микроорганизмов ржаных заквасок занимался ряд исследователей. Наряду с дрожжами *Sacch. cerevisiae* и некоторым количеством отдельных разновидностей диких дрожжей в ржаных заквасках встречаются и дрожжи *Sacch. pinog.* Это значительно более мелкие, круглые или несколько овальные дрожжи, имеющие оптимум размножения при 25°C и кислотности 9–12 град. Они сбраживают глюкозу, фруктозу, сахарозу, но не сбраживают мальтозу. Хотя некоторые исследователи рассматривают этот вид дрожжей как специфический для ржаного теста, ставший таким в результате длительного естественного отбора, однако по распространенности, скорости размножения и интенсивности брожения в ржаных заквасках и тесте основную роль играют все же крупноклеточные овальные дрожжи *Sacch. cerevisiae*, адаптированные к повышенной кислотности теста и его кислотообразующим микроорганизмам.

Исследователями, изучавшими микроорганизмы ржаных заквасок и теста, из этих объектов выделено значительное количество различных представителей кислотообразующих бактерий.

Можно считать установленной значительную изменчивость как морфологических признаков, так и физиологических и биохимических свойств кислотообразующих бактерий заквасок и теста. Эти признаки и свойства кислотообразующих бактерий существенно изменяются в зависимости от состава и условий ведения заквасок, от методов выделения, состава сред, условий, применявшихся при культивировании и исследовании выделенных бактерий, и возраста культуры.

Различием в этих факторах наряду с отличиями отдельных штаммов кислотообразующих бактерий следует объяснить то, что большинству исследователей, изучавших кислотообразующие бактерии заквасок, при характеристике морфологических признаков и биохимических свойств выделенных бактерий не удавалось получить данных, точно совпадающих с данными предшествовавших исследователей. Поэтому в ряде случаев выделенные бактерии рассматривались как вновь открытые; они получали новые произвольные наименования, присваиваемые им без какой-либо терминологической системы.

Следует также отметить, что в непрерывно освежаемых ржаных заквасках наряду со специфическими кислотообразующими микроорганизмами, устанавливающимися при данном режиме ведения закваски, всегда присутствует известное количество весьма разнообразных бактерий, вносимых в закваску с мукой при освежении. Однако значительная часть этих бактерий затем подавляется специфическими для закваски кислотообразующими бактериями, поэтому для закваски эти бактерии являются временными и случайными.

Попытки классифицировать кислотообразующие бактерии ржаных заквасок и теста были предприняты многими исследователями, в том числе Кнудсенom, Селибером, Шпихером и др.

Для правильного понимания роли кислотообразующих бактерий ржаных заквасок и теста в технологическом процессе их приготовления важно отметить следующее.

Специфические для ржаных заквасок и теста кислотообразующие бактерии состоят из бактерий, относящихся к двум группам.

1. *Гомоферментативные*, молочнокислые бактерии, образующие в качестве основного продукта молочную кислоту.

Однако наряду с молочной кислотой бактерии этой группы образуют незначительное количество летучих кислот (в основном уксусную кислоту). Эти бактерии не обладают способностью газообразования.

Бактерии этой группы могут быть подразделены на две подгруппы. К первой относятся мезофильные бактерии, имеющие температурный оптимум в пределах 25–35°C, — это *Lactobacillus plantarum*.

Ко второй подгруппе молочнокислых бактерий можно отнести термофильные бактерии с температурным оптимумом, лежащим в пределах 40–55°C. К этим бактериям относятся бактерии Дельбрюка.

Эти бактерии в заквасках и тесте играют роль только кислотообразователей. В разрыхлении теста они не участвуют, так как не образуют газа.

2. *Гетероферментативные*, молочнокислые бактерии, образующие наряду с молочной кислотой значительные количества летучих кислот (в основном уксусную кислоту) и газа (в основном диоксида углерода) и незначительное количество спирта.

Температурный оптимум бактерий этой группы лежит в пределах 30–35 °С. Эти бактерии в заквасках и тесте являются не только кислотообразователями, но и энергичными газообразователями, играющими существенную роль в разрыхлении ржаного теста.

Основное количество уксусной кислоты, накапливающейся в ржаных заквасках и тесте, образуется именно этими бактериями.

Наряду с кислотообразующими бактериями этих двух групп в ржаных заквасках и тесте всегда содержится некоторое количество бактерий других групп, также образующих наряду с молочной кислотой весьма значительное количество летучих кислот и газов (водорода, азота и диоксида углерода).

Однако эти бактерии, вносимые в закваски при освежении и в тесто при его замесе с мукой, не являются специфичными для заквасок. При непрерывном ведении заквасок они подавляются и вытесняются бактериями первых двух групп.

В отношении роли отдельных видов микроорганизмов ржаных заквасок и теста, в состав которой входят дрожжи и кислотообразующие бактерии, целесообразно также отметить некоторые общие вопросы.

Какую роль в разрыхлении ржаного теста, приготовленного на заквасках, играют дрожжи и гетероферментативные молочнокислые бактерии?

Некоторые исследователи (например, Холлигер и В. А. Николаев) отрицают сколько-нибудь значительную роль кислотообразующих бактерий ржаного теста в его разрыхлении. Разрыхление ржаного теста, по их мнению, целиком обеспечивается углекислым газом, выделяемым в тесте дрожжами.

Большинство исследователей, не отрицая большой роли дрожжей в разрыхлении ржаного теста, отмечают и существенную роль в этом процессе кислото- и газообразующих бактерий.

Действительно, в ржаных заквасках и ржаном тесте, готовящихся при обычной температуре (не выше 30 °С), в состав микроорганизмов всегда входят наряду с дрожжами и неистинные молочнокислые бактерии, являющиеся энергичными газообразователями. Число этих бактерий во много раз превышает число дрожжевых клеток.

Еще М. Ф. Понов (1884), В. Л. Омелянский (1924), Г. Л. Селибер и его сотрудники показали в лабораторных условиях, что ржаное тесто может быть удовлетворительно разрыхлено и в результате приготовления на культурах одних кислото- и газообразующих бактерий. Работы в этом направлении велись не только в лабораторных, но и в производственных условиях Е. А. Гладковой и П. М. Плотниковым, М. И. Княгиничевым и З. И. Шмидт.

Следует отметить, что этими исследователями и закваски, и тесто готовились при повышенной температуре: Гладковой при 33–34 °С, Плотниковым, Княгиничевым и Шмидт — при 35–37 °С.

Существенным является также вопрос о соотношении в ржаных заквасках молочной и летучих кислот (в основном уксусной). Вкус хлеба в значительной мере зависит не только от общего количества в нем молочной, уксусной и других кислот, но и от их соотношения. Чем выше доля уксусной кислоты в общем содержании кислот в хлебе, тем резче выражен его кислый вкус. Однако и при слишком низком содержании уксусной кислоты вкус ржаного хлеба, особенно из обойной муки, не является полноценным. Доля уксусной кислоты в общей кислотности ржаного хлеба колеблется обычно от 20 до 40%.

Можно считать, что если более 30% общего содержания кислот ржаного хлеба приходится на долю летучих кислот, то вкус хлеба будет резко кислым даже при нормальном уровне общей титруемой кислотности.

Во вкусе ржаного хлеба не выяснена еще роль янтарной, яблочной, вицной и лимонной кислот, доля которых в общей кислотности ржаного хлеба может доходить до 8%.

Молочная кислота, как уже отмечалось, благоприятно влияет на реологические свойства ржаного теста и на пептизацию его белков. Поэтому практически важен вопрос о методах, которые при приготовлении ржаного теста могут быть использованы для регулирования соотношения в нем молочной и уксусной кислот.

Казалось бы, что наиболее эффективным путем достижения желаемого соотношения в тесте и хлебе молочной и уксусной кислот является приготовление (в разводочном цикле) заквасок на чистых культурах истинных и неистинных молочнокислых бактерий, взятых в определенных соотношениях. В течение первых нескольких дней работы по производственному циклу на таких заквасках в тесте действительно сохранялась преобладающая роль и заданное соотношение внесенных культур кислотообразующих бактерий.

Но уже через 3–4 дня состав кислотообразующих микроорганизмов и соотношение молочной и уксусной кислот в тесте приближались

к обычным, устанавливающимся спонтанно при данном режиме приготовления заквасок.

Поэтому более эффективным и устойчивым во времени способом регулирования состава микроорганизмов и соотношения кислот в заквасках является изменение режима приготовления заквасок. Так, например, меняя соотношение в закваске муки и воды, можно влиять на соотношение в ней молочной и уксусной кислот. Чем меньше в закваске воды по отношению к муке, чем «крепче» она по консистенции, тем выше скорость общего кислотонакопления и доля уксусной кислоты в общей кислотности.

Внесение в закваску дрожжей, особенно кислотоустойчивых заквасочных, как уже отмечалось, также форсирует общее кислотонакопление и, наоборот, снижает долю уксусной кислоты. Это связано, очевидно, с образованием из диоксида углерода и накоплением в заквасках угольной кислоты.

Весьма эффективным способом изменения состава и свойств микроорганизмов ржаных заквасок, а следовательно, и соотношения в них различных продуктов брожения является изменение температуры. Установлено, что повышение температуры заквасок от 25 до 40 °С форсирует кислотонакопление в заквасках, одновременно повышая долю молочной кислоты в общей кислотности теста.

Наиболее вероятное объяснение этого явления в том, что повышение температуры заквасок создает благоприятные условия для развития и жизнедеятельности термофильных молочнокислых бактерий.

Следует отметить, что повышение температуры заквасок вызывает существенные изменения и их дрожжевой флоры. Размеры клеток уменьшаются, активность снижается, число дрожжевых клеток в определенном объеме закваски также изменяется.

Повышение температуры жидкой закваски до 34 °С при одновременном сокращении до 50–60 мин периода времени между отборами части готовой закваски и внесением соответствующего количества питательной среды приводило, по данным Е. А. Гладковой, к почти полному исчезновению в закваске дрожжевых клеток.

Следует, однако, отметить, что другие экспериментаторы, изучавшие микроорганизмы производственных заквасок, приготовленных при этом режиме, устанавливали наличие в них значительного количества дрожжевых клеток.

Повышение температуры закваски и теста (до 35–37 °С) было использовано также Плотиным, Клягиничевым и Шмидт при разработке технологии приготовления заквасок без дрожжей.

Весьма интересен, но, к сожалению, недостаточно изучен вопрос о биологических взаимоотношениях и взаимном влиянии в заквасках

и тесте различных видов и разновидностей бродильных микроорганизмов.

Выше уже отмечалось влияние дрожжей на кислотообразование в заквасках и тесте и влияние кислотообразующих бактерий в закваске на уменьшение размеров дрожжевых клеток при повышенных температурах.

Селибер, рассматривая вопрос о взаимодействии различных видов микроорганизмов заквасок, отмечает, что влияние совместного культивирования дрожжей и кислотообразующих бактерий группы В может быть различным при разных количествах и соотношениях этих микроорганизмов в питательной среде. При одних соотношениях совместное культивирование этих микроорганизмов снижает коэффициент размножения дрожжей, при других нет.

Коэффициент размножения кислотообразующих бактерий отдельных групп во всех случаях снижался при совместном культивировании их с дрожжами. В этой работе Селибер указывает на возможность прямого паразитирования молочнокислых бактерий на дрожжевых клетках с разрушением последних, особенно при повышенных температурах.

Селибер констатировал, что при определенных соотношениях совместное культивирование дрожжей и кислотообразующих бактерий хотя и снижало коэффициент размножения дрожжей и бактерий, но одновременно форсировало кислотонакопление в питательной среде.

Это указывает на то, что совместная жизнедеятельность дрожжей и бактерий целесообразна не в заквасках, в которых большое значение имеет скорость размножения бродильных микроорганизмов, а в последней фазе — в тесте, где их размножение не имеет уже практического значения.

Несомненно то, что специфичные для ржаного теста кислотообразующие бактерии при более или менее длительном культивировании почти полностью вытесняют неспецифические микроорганизмы муки. Основным фактором здесь, очевидно, является высокое содержание молочной кислоты в заквасках.

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Известен ряд способов приготовления ржаного теста, различающихся по числу фаз в разводочном и производственном циклах, а также по рецепту и технологическому режиму приготовления отдельных фаз.

Детальное описание этих способов применительно к отдельным видам и сортам ржаного и ржано-пшеничного хлеба содержится в сбор-

нике технологических инструкций [35] и в технологическом справочнике [30]. Поэтому здесь приводится весьма краткое описание в качестве примера лишь нескольких основных способов приготовления ржаного теста.

Тесто для ржаного хлеба из обойной муки готовится: на *густых заквасках* (головках), имеющих влажность около 50%; на *менее густых заквасках* (квасах) с влажностью до примерно 60% и на *жидких заквасках* с влажностью от 70 до 80%.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА НА ГУСТЫХ ЗАКВАСКАХ

Выведение закваски запово осуществляется по полному разведочному циклу, включающему приготовление следующих заквасок;

1) дрожжевой, 2) промежуточной, 3) основной, а на ней затем и производственной закваски.

Рецептуры (в кг на 100 кг муки в производственной густой закваске) и параметры режима приготовления отдельных заквасок разведочного цикла приведены в табл. 17.

Таблица 17

Рецептура и режим	Закваска			
	дрожжевая	промежуточная	основная	производственная
Производственная закваска прошлого приготовления	1,0	—	—	—
Дрожжевая закваска	—	6,5	—	—
Промежуточная закваска	—	—	18,0	—
Основная закваска	—	—	—	56,0
Мука	2,8	6,5	22,2	68
Вода	2,6	5,0	15,8	45,5—46
Дрожжи прессованные	0,1	—	—	—
Начальная температура, °С	25—26	26—27	27—28	28—30
Длительность брожения, ч	3,5—4,5	4—4,5	4—4,5	3,5—4
Конечная кислотность, град	9—11	11—13	13—15	13—16

Влажность производственной густой закваски равна примерно 50%. Сокращенный производственный цикл приготовления теста включает две фазы: производственную густую закваску (головку) и тесто.

Производственная густая закваска ведется непрерывно. Часть готовой закваски используется для ее возобновления, а на остальной части готовится тесто.

При порционном приготовлении ржаного теста в дежах густую закваску обычно делят на 3 (или 4) части. На 1/3 (или 1/4) готовят новую порцию закваски с до-

бавлением соответствующего количества муки и воды. На остальных двух (или трех) частях готовят 2 (или 3) дежи теста.

Рецептура (в кг на 100 кг муки в тесте) и режим производственного цикла приготовления теста на густой закваске приводятся в табл. 18.

Таблица 18

Рецептура и режим	Производственная закваска	Тесто
Производственная густая закваска, кг	15	46
Мука, кг	18	74
Вода, кг	13	По расчету
Соль, кг	—	1,5
Начальная температура, °С	28–29	3–31
Длительность брожения, ч	3,5–4,0	1,5–1,75
Конечная кислотность, град	13–16	10–12

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА НА МЕНЕЕ ГУСТЫХ ЗАКВАСКАХ

В разведочный цикл выведения менее густой закваски (кваса) входит приготовление следующих заквасок: 1-я — дрожжевая, 2-я — полуквас и 3-я — производственная менее густая закваски (квас).

Рецептура (в кг на 100 кг муки в производственной менее густой закваске) и параметры режима приготовления отдельных заквасок разведочного цикла приведены в табл. 19.

Таблица 19

Рецептура и режим	Закваски разведочного цикла		
	1-я (дрожжевая)	2-я (полуквас)	3-я (квас)
Производственная закваска (квас) прошлого приготовления, кг	2,0	—	—
1-я закваска (дрожжевая), кг	—	15,0	—
2-я закваска (полуквас), кг	—	—	50,0
Мука, кг	7,0	20,0	72,0
Вода, кг	6,0	15,0	54,0
Дрожжи прессованные, кг	0,15	—	—
Начальная температура, °С	27–28	27–28	28–29
Длительность брожения, ч	4–4,5	3,5–4	3,0–3,5
Конечная кислотность, град	10	10–11	11–12

В производственном цикле 2/3 производственной закваски (кваса) обычно расходуется на приготовление теста, а 1/3 — на приготовление новой ее порции.

Рецептура (в кг на 100 кг муки в тесте) и режим производственного цикла приготовления теста на менее густой закваске приведены в табл. 20.

Таблица 20

Рецептура и режим	Производственная закваска (квас)	Тесто
Производственная закваска, кг	20,0	76,0
Мука, кг	32,0	56,0
Вода, кг	24,0	По расчету
Соль, кг	—	1,5
Начальная температура, °С	28–29	28–30
Длительность брожения, ч	3–3,5	0,8–1,2
Конечная кислотность, град	11–12	9–12

Указанные в приведенных выше таблицах количества густой закваски и теста, а также менее густой закваски и теста в производственной практике в известной степени изменяются с учетом таких условий, как время года и температура в тестоприготовительном цехе, бродильная активность закваски, необходимость форсирования или замедления процесса брожения теста.

На ряде предприятий ржаное тесто готовят, как отмечено выше, на более текучих и легко транспортируемых по трубопроводу жидких заквасках.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЖИДКИХ ЗАКВАСОК НА ЛЕНИНГРАДСКИХ ШТАММАХ БРОДИЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ

Около полувека назад в центральной лаборатории Ленинградского треста хлебопечения были начаты исследования микробиологии и биохимии микроорганизмов ржаных заквасок с целью совершенствования технологии их приготовления. Эти исследования продолжались и после превращения этой центральной лаборатории в Ленинградское отделение ВНИИХП и продолжают в Санкт-Петербургском отделении ГосНИИХП.

На основе этих исследований выделялись наиболее перспективные разновидности и штаммы МКБ и дрожжей, чистые культуры которых использовались для выведения на них ржаных заквасок, предназначенных для приготовления ржаного и ржано-пшеничного теста и хлеба.

Отрабатывались, проверялись, испытывались и внедрялись в производство оптимальные способы и параметры приготовления заквасок и теста для этих видов хлеба.

Активными участниками и руководителями этих работ были в начальном их периоде П. М. Плотников, М. И. Княгиничев, З. И. Шмидт, Л. Н. Казанская.

На основе анализа и обобщения результатов этих многолетних исследований была разработана унифицированная технологическая инструкция по приготовлению ржаного хлеба с применением ленинградских штаммов на густых и жидких заквасках.

Инструкция включает описание, рецептуры и технологические параметры всех этапов разведочного и производственного цикла приготовления теста для хлеба *ржаного* (из обойной и обдирной муки) и *ржано-пшеничного* (из тех же сортов ржаной муки и пшеничной муки обойной и II сорта). Детально описаны четыре способа приготовления теста: 1) на густой закваске, готовящейся без заварки; 2) на жидкой закваске без заварки; 3) на жидкой закваске с применением самоосахаренной заварки и 4) на жидкой закваске, приготовляемой без заварки, с приготовлением на ней опары, а на опаре — теста. При приготовлении теста для ржано-пшеничного хлеба закваски готовятся только из ржаной муки.

Закваски как для ржаного, так и для ржано-пшеничного хлеба в разведочном цикле выводятся на чистых культурах гомо- и гетероферментативных МКБ и дрожжей¹.

При всех четырех способах разведочный цикл приготовления закваски включает три стадии, последняя из которых уже производственная закваска. Производственный цикл приготовления теста при способах 1, 2 и 3 — двухфазный (закваска — тесто), а при способе 4 — трехфазный (закваска — опара — тесто).

Способ 2 применяется не только в нашей хлебопекарной промышленности, но уже ряд лет по соответствующей лицензии используется в Финляндии.

ЛО ВНИИХП совместно с Горьковским НИИ эпидемиологии и микробиологии создан для применения при производстве хлебных заквасок препарат *сухой лактобактерин* (а. с. № 730334, опубликовано в Б. И., 1980, № 16).

Этот препарат получают высушиванием чистых культур МКБ ленинградских штаммов, сочетания которых различны в препаратах для приготовления заквасок: густых, жидких и термофильных (для заквашивания заварки).

Препарат производится в виде таблеток, способных сохраняться до 12 мес при температуре от 4 до 6–10 °С.

¹ Разновидности и их штаммы, рекомендуемые при разных способах приготовления теста, см. в Инструкции.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖИДКОЙ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ МОЛОЧНОКИСЛОЙ ЗАКВАСКИ

На основе проведенных работ был разработан способ приготовления хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки с применением жидкой концентрированной молочнокислой закваски (КМКЗ) и пресованных или жидких дрожжей.

Приготовление теста осуществляется в две фазы (КМКЗ плюс дрожжи — тесто) и в три фазы (КМКЗ плюс дрожжи — опара — тесто). При этом трехфазный вариант приготовления теста по сравнению с двухфазным требует меньшего расхода КМКЗ и дрожжей и в то же время обеспечивает получение хлеба лучшего качества по состоянию пористости, вкусу и аромату.

Данная технология тестоприготовления рекомендуется в первую очередь для хлебопекарных предприятий с двухсменным режимом работы при общем выходном дне, так как КМКЗ в нерабочее время благодаря ее высокой кислотности (18–22 град) «самоконсервируется».

АППАРАТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Еще несколько десятков лет тому назад ржаное и ржано-пшеничное тесто, как и пшеничное тесто, готовилось порционно в подкатных, вручную перемещаемых дежах с применением дозирующей аппаратуры и тестомесильных машин периодического действия.

За последние годы разработаны и все шире применяются бездежевые комплексно-механизированные агрегаты для порционного и непрерывно-поточного приготовления как ржаных заквасок, так и теста на них.

На хлебопекарных предприятиях нашей страны в настоящее время тесто для хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки готовят на густой закваске, на жидкой закваске без заварки, на жидкой закваске с заваркой, на концентрированной бездрожжевой молочнокислой закваске. На предприятиях малой и средней мощности (до 30 т/сут) тесто на густой закваске готовится порционным и непрерывным способами в агрегатах И8-ХТА-6/2, на предприятиях большой мощности (75–100 т/сут) в агрегатах И8-ХТА-12/2. На жидкой закваске наибольшее распространение в промышленности получила аппаратная схема с порционным брожением жидкой закваски в отдельностоящих чанах и с непрерывным замесом теста. Закваска готовится с применением запаривания части муки и без него.

Санкт-Петербургским отделением (СПО) ГосНИИХП приготовление густых и жидких заквасок рекомендуется производить с приме-

нением в разводном цикле чистых культур смеси ленинградских штаммов молочнокислых бактерий или с применением сухого лактобактерина и чистых культур дрожжей.

Для предприятий с двухсменным режимом работы или с перерывами выработки хлеба и использованием ржаной муки рекомендуется готовить тесто на концентрированной бездрожжевой молочнокислой закваске (КМКЗ) по схеме СПО ГосНИИХП. На некоторых предприятиях малой производительности (пекарнях) для приготовления хлеба с использованием ржаной муки вместо заквасок применяются специальные добавки-подкислители. В состав этих добавок входят пищевые органические кислоты. Применение таких добавок позволяет готовить тесто необходимой кислотности. Тесто с такими добавками готовится с добавлением прессованных дрожжей и продолжительностью брожения 40–90 мин. На предприятиях нашей страны применяются подкисляющие добавки, вырабатываемые у нас в стране и за рубежом: Форшрит (Германия), Бакзауэр (Германия), Ибис (Франция), ВАЗ (Австрия), Цитросол (ГосНИИХП, РФ), Биоэкс (МГУПП, РФ), Поли-мол (ГосНИИХП, РФ), Экстра-Р (Нива-хлеб, РФ) и др.

Глава VII

Разделка теста

При производстве пшеничного хлеба и хлебобулочных изделий разделка теста включает: деление теста на куски, округление этих кусков, предварительную, или промежуточную, расстойку, окончательное формование изделий и окончательную расстойку тестовых заготовок.

Разделка ржаного теста включает деление его на куски, формование кусков теста и одну (окончательную) расстойку тестовых заготовок.

ДЕЛЕНИЕ ТЕСТА НА КУСКИ

На хлебозаводах деление теста на куски, как правило, производится на тестоделительных машинах.

Масса куска теста устанавливается исходя из заданной массы штуки хлеба или хлебобулочного изделия. При этом учитывают потери в массе куска теста при его выпечке (упек) и штуки хлеба при остывании и хранении (усыхание). Отклонения массы отдельных кусков теста от установленной должны быть минимальными. Значительные отклонения недопустимы даже при выработке хлеба, продаваемого не штука-ми, а по массе. Резко различающиеся по массе куски теста будут расстаиваться и выпекаться с различной скоростью, что неминуемо вызовет и заметные различия в качестве хлеба. Точность работы тестоделительных машин приобретает особое значение при выработке штучного хлеба и хлебобулочных изделий, колебания в массе которых не должны превышать $\pm 2,5\%$ от установленной величины.

Из этого не следует, что тестоделительные машины для выработки штучного хлеба и хлебных изделий, дающие отклонения в массе отдельных кусков теста не более $\pm 2,5\%$, являются удовлетворительными по точности деления.

На отклонения в массе штучного хлеба, помимо отклонения в массе кусков теста, влияют еще и такие факторы, как неравномерность упека при выпечке хлеба и усыхания его при хранении. Поэтому тестоделительные машины, предназначенные для выработки штучного хлеба, должны давать куски теста, отклонения в массе которых не будут превышать $\pm 1,5\%$.

ОКРУГЛЕНИЕ КУСКОВ ТЕСТА

Округление кусков теста, т. е. придание им шарообразной формы, обычно осуществляется сразу же после деления теста на куски. Эта операция при выпечке круглых подовых изделий является операцией окончательного формования кусков теста, после которой они поступают на окончательную и в данном случае единственную расстойку. Так обстоит дело при производстве круглых булочек и круглого подового хлеба.

При производстве многих видов изделий из пшеничной муки высшего, I и II сортов (батоннов, булок, плетеных и витых изделий, розанчиков, рожков, подковок и т. п.) округление является лишь первой, промежуточной стадией формования изделия, за которой следует предварительная расстойка округленных кусков теста.

В этом случае цель операции округления (при ручном осуществлении носящая название подкатки) — улучшение структуры теста, способствующее получению изделий с более мелкой и равномерной пористостью мякиша.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАССТОЙКА

Между операциями округления и окончательного формования кусков ишеничного теста должна иметь место предварительная или промежуточная расстойка. Округленные куски теста должны находиться в состоянии покоя в течение 5—8 мин.

В результате механических воздействий, оказываемых на тесто в процессе деления на куски и последующего округления, в нем возникают внутренние напряжения и частично разрушаются отдельные звенья клейковинного структурного каркаса.

Если округленные куски теста сразу же передать на закаточную машину, которая оказывает весьма интенсивное механическое воздействие на тесто, то реологические свойства его могут ухудшаться. В процессе предварительной расстойки внутренние напряжения в тесте расслаиваются (явление релаксации), а разрушенные звенья структуры теста частично восстанавливаются (явление тиксотропии).

В итоге реологические свойства теста, его структура и газоудерживающая способность улучшаются. Это приводит к некоторому увеличению объема готовых изделий и улучшению структуры и характера пористости мякиша.

Наблюдения, проведенные на ряде хлебозаводов, показали, что применение предварительной расстойки кусков теста заметно увеличивает объем батонов.

Брожение в округленных кусках теста в период их предварительной расстойки не играет практически значимой роли. Поэтому для этой стадии технологического процесса не нужно создавать особых температурных условий. Не требуется также и увлажнения воздуха. Некоторое подсыхание поверхности кусков теста при предварительной расстойке даже желательно, так как облегчает последующее прохождение их через закаточную машину.

На тесторазделочных поточных линиях предварительная расстойка производится в ленточных или цепных люлечных шкафах для расстойки непрерывного действия. Иногда первая расстойка осуществляется на длинных ленточных транспортерах, передающих куски теста от округлителя к закаточной машине.

ПРИДАНИЕ КУСКАМ ТЕСТА ТРЕБУЕМОЙ ФОРМЫ

После предварительной расстойки округленным кускам теста придают форму, характерную для готовых изделий. Так, например, для по-

лучения обычных батонов из круглого куска теста необходимо сформовать цилиндрический кусок теста с тупыми округлыми концами. Для городских булок необходимо получить более короткие куски теста, цилиндрические в средней части и с заостренными концами.

Куски теста цилиндрической формы обычно получают на закаточных машинах.

Для формования уже округленных кусков пшеничного теста после их предварительной расстойки применяются закаточные машины ряда марок, в которых кусок теста сначала раскатывается валками в продолговатый блин, затем свертывается в трубку, которая позже подвергается раскатке. Прямое раскатывание округленных кусков пшеничного теста до приобретения ими формы батонов без предварительной раскатки куска теста в блин и свертывания его в трубку не обеспечивает достаточной проработки теста. Такие батоны имеют заметно худшую, менее однородную и неравномерную пористость.

Для получения тестовых заготовок цилиндрической формы из ржаного теста применяются ленточные закаточные машины, в которых кусок теста раскатывается между транспортными лентами, движущимися в разные стороны с различной скоростью.

Для окончательного формования тестовых заготовок для рожков (рогличков) и розанчиков созданы специальные машины.

ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РАССТОЙКА

В процессе формования кусков теста из них почти полностью вытесняется углекислый газ (диоксид углерода). Если сформованный кусок теста сразу же посадить в печь, то хлеб выйдет с плотным, очень плохо разрыхленным мякишем, с разрывами и трещинами на корке. Для получения хлеба с хорошо разрыхленным мякишем сформованные куски теста подвергаются расстойке.

Для кусков пшеничного теста, уже прошедших предварительную расстойку, это будет вторая, окончательная, расстойка. Для тестовых заготовок из ржаного теста это будет первая и одновременно окончательная расстойка.

Во время окончательной расстойки в куске теста происходит брожение. Выделившийся при этом диоксид углерода разрыхляет тесто, увеличивая его объем. При расстойке кусков теста для подовых изделий на досках или листах одновременно с увеличением объема кусков изменяется и их форма: они в большей или меньшей мере расплываются.

В отличие от предварительной расстойки окончательная расстойка должна проводиться в атмосфере воздуха определенной температуры (в пределах 35–40 °С) и относительной влажности (в пределах 75–85%). Повышенная температура воздуха ускоряет брожение в расстаивающихся кусках теста. Достаточно высокая относительная влажность необходима для предотвращения образования на поверхности кусков теста высохшей пленки — корочки.

Высохшая пленка (корочка) в процессе расстойки или выпечки обычно разрывается вследствие увеличения объема теста, что приводит к образованию на поверхности хлеба разрывов и трещин.

Готовность кусков теста в процессе расстойки обычно устанавливается органолептически, на основании изменения объема, формы и реологических свойств расстаивающихся кусков теста. Умение правильно определять готовность кусков теста в расстойке требует опыта и практического навыка. К сожалению, еще не разработаны достаточно проверенные объективные методы этого определения.

Как недостаточная, так и избыточная расстойка отрицательно сказывается на качестве хлеба.

Если посадить в печь три батона из пшеничной муки, из которых один имел явно недостаточную, другой нормальную, а третий избыточную расстойку, то после выпечки эти батоны будут резко отличаться один от другого.

Батон с недостаточной расстойкой будет иметь в разрезе почти круглую форму, батон с нормальной расстойкой — слегка овальную, переходящую в округлую от нижней корки к бокам, а батон с избыточной расстойкой будет сильно расплывшимся и плоским. Кроме того, хлеб с недостаточной расстойкой обычно имеет трещины, через которые иногда выпирает мякиш.

Формовой хлеб при недостаточной расстойке имеет сильно округлую верхнюю корку, обычно подорванную вдоль боковой или боковых стенок; при чрезмерной расстойке, наоборот, верхняя корка посередине вогнута. Кроме того, при крутом тесте (как в подовом, так и в формовом хлебе) недостаточная расстойка может вызвать появление разрывов внутри мякиша.

Длительность расстойки сформованных кусков теста колеблется в весьма широких пределах (от 25 до 120 мин) в зависимости от массы кусков, условий расстойки, рецептуры теста, свойств муки и ряда других факторов.

Опытами, проведенными под руководством Н. Н. Журавлева, было показано, что температура и относительная влажность воздуха весьма значительно влияют на длительность расстойки.

Повышение температуры воздуха с 30 до 45 °С при относительной его влажности 80–85% сокращало длительность расстойки на 23–30%.

Повышение относительной влажности воздуха с 65 до 85% при температуре 35 °С вызывало ускорение расстойки примерно на 20%. Наибольшее ускорение расстойки наблюдалось при повышении температуры воздуха до 45 °С и относительной влажности до 90%. Однако относительную влажность воздуха не следует поддерживать выше 85%, так как это может привести к прилипанию кусков теста к доскам или карманам люлек, в которых идет расстойка.

Установлено также, что чем выше температура воздуха в камере для расстойки, тем соответственно ниже может быть относительная влажность воздуха. Скорость воздуха в расстойных камерах не должна быть слишком большой.

В работах, проведенных в МТИППе и ВНИИХПе, изучались факторы, обуславливающие формоудерживающую способность тестовых заготовок, от которой при производстве подовых изделий зависит длительность расстойки и форма (Н : D) готовых изделий. Было установлено, что формоудерживающая способность тестовой заготовки связана с численными значениями коэффициента поверхностного натяжения на границах: тесто — воздух и плоскость — тесто.

В работах ВНИИХПа было исследовано также и разрыхление тестовых заготовок, связанное с коэффициентом газопроницаемости и толщиной в тесте межпоровых «стенок».

Было изучено влияние на величины указанных показателей механической обработки теста. Усиленная обработка увеличивала прочность, понижала газопроницаемость межпоровых стенок и в связи с этим при увеличении длительности расстойки приводила к повышению разрыхленности и увеличению объема изделий.

Изучалось влияние добавок поверхностно-активных веществ (они снижали величины коэффициента поверхностного натяжения), жироводных эмульсий, влажности теста, параметров воздуха и др. факторов.

На основе производственной практики и проведенных исследований можно отметить, что длительность расстойки тестовых заготовок увеличивается при применении сильной муки, при понижении влажности и температуры теста, при внесении в тесто значительных количеств жира и сахара, уже тормозящих процесс брожения, при усилении механической обработки теста, при применении улучшителей окислительного действия, при уменьшении массы тестовых заготовок и при снижении температуры и влажности воздуха для расстойки.

На современных тесторазделочных поточных линиях окончательная расстойка производится в конвейерных шкафах для расстойки. Раз-

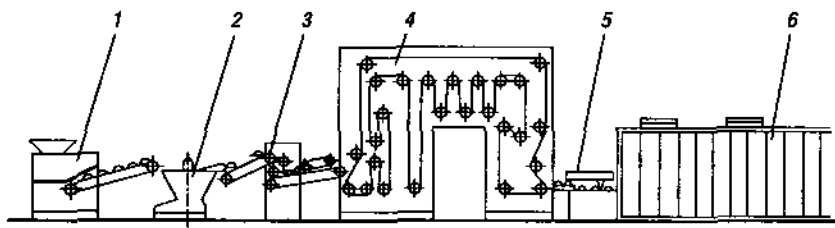


Рис. 28. Тесторазделочная часть механизированной линии ВНИИХП для производства пшеничных батонов:

1 – тестоделительная машина А2-ХТ1Н; 2 – тестоокруглительная машина Т1-ХТ2-3; 3 – тестозакаточная машина Т1-ХТ2-3; 4 – конвейер для расстойки Ш2-ХРБ; 5 – надрезчик; 6 – тоннельная печь ПХС-25М

работаны, производятся и применяются конвейерные шкафы для окончательной расстойки тестовых заготовок для различных видов хлеба и хлебных изделий, различных типов, конфигураций и типоразмеров. На ряде предприятий окончательная расстойка тестовых заготовок производится на вагонетках в специальных камерах для расстойки.

Как в конвейерных шкафах, так и в камерах для окончательной расстойки параметры воздуха (температура и относительная влажность) должны быть оптимальными для протекания процесса расстойки и качества готовых изделий. Для автоматического поддержания параметров воздуха в шкафах и камерах для расстойки лабораторией кондиционирования воздуха ВНИИХПа созданы специальные технологические кондиционеры.

АППАРАТУРНЫЕ СХЕМЫ РАЗДЕЛКИ ТЕСТА

Существует целый ряд аппаратурных схем процесса разделки теста для производства формового или подового хлеба, пшеничных батонов, мелкоштучных и других хлебобулочных изделий.

На рис. 28 в качестве примера приведена схема тесторазделочного агрегата ВНИИХПа с ленточной печью тушельного типа, предназначенного для выработки пшеничных батонов (0,4–0,5 кг) из пшеничной сортовой муки. Для производства батонов применяются и тесторазделочные агрегаты ВНИИХПа с люлечно-подиковыми печами ФТЛ-2, снабженные автоматическими посадчиками и надрезчиками расстойшихся тестовых заготовок.

Глава VIII

Выпечка

Выпечка — это процесс прогрева расстойшихся тестовых заготовок, при котором происходит их переход из состояния теста в состояние хлеба.

Для выпечки хлебобулочных изделий обычно применяются печи, в которых теплота передается выпекаемой тестовой заготовке¹ термоизлучением и конвекцией при температуре теплоотдающих поверхностей 300–400 °С и паровоздушной среды пекарной камеры 200–250 °С.

Часть теплоты ВТЗ воспринимает и прямой теплопроводностью (кондукцией) от нагретого пода (подика), на который помещается расстойшаяся тестовая заготовка.

В современных конструкциях хлебопекарных печей под (или подики — в люлечных печах), так же как и ВТЗ, прогревается термоизлучением и конвекцией. При этом интенсивность лучистой теплопередачи в 2–3,5 раза больше интенсивности теплопередачи конвективности. Поэтому выпечку в обычных хлебопекарных печах можно рассматривать как в основном радиационно-конвективный процесс прогрева ВТЗ.

Типы, конструкции и методы расчета хлебопекарных печей описываются в специальной литературе [3, 5, 8, 15, 20, 28, 33 и др.].

Поэтому в настоящей главе рассматривается лишь сущность процессов, происходящих при выпечке хлеба.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ ПРИ ВЫПЕЧКЕ

Если судить о процессе выпечки по внешним, зрительно воспринимаемым изменениям, которые претерпевает ВТЗ в пекарной камере, то

¹ В литературе по выпечке хлеба, да и в прошлых изданиях учебника, сформованная тестовая заготовка с момента ее поступления в пекарную камеру до момента выхода из нее условно называлась «тесто — хлеб».

Нам представляется, что логичнее и точнее говорить и писать о «выпекаемой тестовой заготовке», сокращенно обозначив ее заглавными буквами — ВТЗ.

можно отметить, что сразу же после помещения в пекарную камеру она начинает быстро увеличиваться в объеме. Спустя определенное время прирост ее объема резко замедляется и затем прекращается. Достигнутые к этому моменту объем и форма ВТЗ сохраняются практически неизменными до конца выпечки.

Поверхность ВТЗ вскоре после помещения ее в пекарную камеру покрывается тонкой высохшей пленкой, постепенно переходящей во все более утолщающуюся корку. Окраска корки ВТЗ в процессе выпечки непрерывно изменяется, становясь все темнее.

Если через разные промежутки времени разрезать (или разламывать) ВТЗ, помещенные в пекарную камеру, то можно отметить постепенное утолщение и затвердевание корочки, приобретающей в разрезе все более темную окраску.

Под корочкой по мере протекания процесса выпечки будет наблюдаться образование из теста все более и более утолщающегося слоя сравнительно упругого, способного стойко сохранять структуру и сравнительно сухого на ощупь мякиша.

В центре ВТЗ будет оставаться уменьшающееся по мере утолщения слоя мякиша количество теста. Незадолго до конца выпечки вся центральная часть ВТЗ переходит из состояния теста в состояние мякиша.

В процессе выпечки хлеба эластичность, прочность структуры и сухость его мякиша на ощупь повышаются сначала в слоях, прилегающих к корке, а затем постепенно и в центре хлеба.

Этим, пожалуй, и ограничивается перечень того, что внимательный наблюдатель может органолептически установить в изменениях ВТЗ при ее выпечке.

Все эти изменения, характеризующие переход тестовой заготовки в процессе ее выпечки в хлеб, являются результатом целого комплекса процессов — физических, микробиологических, коллоидно-химических и биохимических.

ПРОГРЕВ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПЕЧКИ

Основным процессом, являющимся, по существу, первопричиной всех остальных процессов и изменений, происходящих при выпечке хлеба, является прогрев ВТЗ, помещенной в пекарную камеру, в результате теплообмена с теплоотдающими элементами пекарной камеры и паровоздушной смесью, заполняющей ее.

Рассматривая прогрев ВТЗ при выпечке, мы остановимся на способах передачи ей теплоты, на изменении во времени и пространственном

распределении температуры в ней и на факторах, обуславливающих скорость ее прогрета.

Способы передачи теплоты выпекаемой тестовой заготовке

Как было отмечено выше, теплота передается ВТЗ излучением, конвекцией и кондукцией (прямой теплопроводностью) непосредственно от пода или подика.

Относительная роль передачи теплоты ВТЗ каждым из перечисленных выше способов зависит от конструктивных особенностей и режима работы пекарной камеры. Основная роль, однако, во всех случаях остается за передачей теплоты излучением.

При температуре теплоотдающих поверхностей порядка 300–400 °С длина волны излучения абсолютно черного тела, соответствующая максимуму энергии излучения, находится в пределах 5–4,3 мкм. Эти величины длины волны электромагнитных колебаний лежат в области невидимого глазом инфракрасного излучения, которая охватывает колебания с длиной волны от 0,77 до 340 мкм.

Наименьшей, практически мало существенной является доля теплоты, передаваемой в процессе выпечки ВТЗ путем конвективного теплообмена с газовой средой пекарной камеры. Роль этого вида передачи теплоты может возрасти в печах с побудительной циркуляцией газов в пекарной камере.

Существенное значение в передаче теплоты ВТЗ в первый период ее выпечки может иметь теплота конденсации паров паровоздушной смеси пекарной камеры на поверхности и в поверхностном слое ВТЗ, посаженной в печь.

Изменение температуры тестовой заготовки в процессе выпечки

Изменение температуры различных слоев ВТЗ в процессе выпечки вызывает и обуславливает протекание в этих слоях ВТЗ тех процессов, которые приводят к образованию из куска теста готового хлеба. Именно поэтому изучение изменения температуры разных слоев ВТЗ издавна привлекало внимание исследователей и нашло отражение во многих работах.

Исходя из данных экспериментальных работ последних лет, их анализа и принятых нами представлений о механизме процесса выпеч-

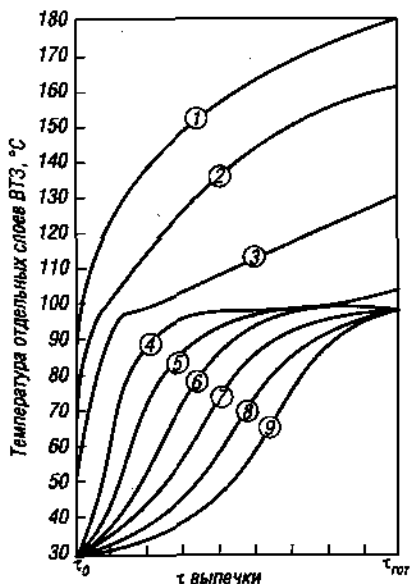


Рис. 29. Примерный график изменения в процессе выпечки температуры отдельных слоев ВТЗ:

кривые температуры: 1 — поверхности ВТЗ; 2, 3 и 4 — слоев ВТЗ, при $\tau_{\text{гот}}$ отделенных от ее поверхности на 1, 2 и 3 четверти толщины корки; 5 — слоя, при $\tau_{\text{гот}}$ пограничного между коркой и мякишем; 6, 7 и 8 — слоев ВТЗ, при $\tau_{\text{гот}}$ расположенных на 1, 2 и 3 четверти расстояния от корки до центра мякиша; 9 — точки, при $\tau_{\text{гот}}$ расположенной в центре мякиша

1. К концу выпечки температура любого слоя ВТЗ, превращенного в мякиш (кривые 6, 7, 8, 9), до окончания выпечки не превышает 100°C , приближаясь к этому значению в центральной части ВТЗ лишь к самому концу выпечки.

2. Температура поверхности ВТЗ (кривая 1) очень быстро достигает 100°C и, не задерживаясь на этом уровне, продолжает возрастать и на примерном графике к концу выпечки достигает $\sim 180^{\circ}\text{C}$.

Для температурных кривых поверхностных слоев ВТЗ (кривые 2, 3 и 4), в процессе выпечки превращающихся в корку, характерным является прогрев до уровня 100°C , некоторая задержка на этом уровне и после нее дальнейшее повышение температуры.

ки, мы представили в виде графика (рис. 29) изменения в процессе выпечки температуры отдельных слоев ВТЗ.

На этом графике, составленном для иллюстрации выпечки при постоянной температуре (250°C) в неувлажненной пекарной камере, на оси абсцисс отложено время выпечки (τ_0 — значение времени в момент начала выпечки; $\tau_{\text{гот}}$ — значение времени в момент готовности хлеба). На оси ординат отложены значения температуры (в $^{\circ}\text{C}$) отдельных слоев ВТЗ в процессе ее выпечки.

Характер кривых этого графика наглядно свидетельствует о том, что температурное поле¹ ВТЗ в процессе выпечки непрерывно меняется, что является признаком нестационарного режима процесса прогрева.

Рассмотрение температурных кривых отдельных слоев ВТЗ в процессе выпечки приводит к следующим выводам.

¹ Под полем какой-либо физической величины понимают совокупность мгновенных численных значений этой физической величины во всех точках изучаемого пространства.

Чем ближе слой ВТЗ к ее поверхности, тем короче задержка на уровне $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и тем относительно выше конечная температура слоя в момент $\tau_{\text{гор}}$.

3. Температура слоя ВТЗ, расположенного на границе корки и мякиша, достигает $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и остается на этом уровне до конца процесса выпечки.

4. Разность между температурой внешних и внутренних слоев корки в процессе выпечки возрастает, достигая наибольшего значения к концу выпечки.

5. Разность между температурой внешних (прилегающих к корке) и центральных слоев ВТЗ возрастает в первой части процесса выпечки, достигает наибольшего значения примерно к середине процесса выпечки и затем резко снижается, доходя к концу выпечки почти до нуля.

Характер изменения температурного поля ВТЗ в процессе выпечки и в первую очередь тот факт, что температура мякиша не превышает $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как температура корки выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, не могут быть объяснены без увязки процесса прогрева с процессом перемещения и испарения влаги из ВТЗ, с процессом образования корки.

Рассматривая принятый нами при составлении графика простейший случай выпечки хлеба в неувлажненной атмосфере пекарной камеры (при постоянной температуре), мы можем представить себе процесс образования корки следующим образом.

В неувлажненной атмосфере пекарной камеры, температурой $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, поверхностный слой ВТЗ начинает интенсивно прогреваться, быстро теряя влагу. По истечении 1–2 мин поверхностный слой теста теряет почти всю влагу и достигает равновесной влажности, которая зависит от относительной влажности и температуры среды пекарной камеры.

Достижение поверхностным слоем ВТЗ равновесной влажности и, следовательно, прекращение испарения влаги в этом слое позволяют ему быстро прогреться выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, не задерживаясь на этой температуре, что и видно на графике (кривая 1).

Ввиду сравнительно низкой теплопроводности теста и большой разности температур поверхностных и расположенных ближе к центру слоев выпекаемого теста, обуславливающей явление термогазопроводности (перемещение влаги в центральную часть ВТЗ), подвод влаги к ее поверхности отстает от интенсивности обезвоживания поверхностного слоя, и поверхность (точнее зона) испарения начинает постепенно углубляться внутрь хлеба. Превращение воды в пар в этой зоне (в слое между уже образовавшейся обезвоженной корочкой и глубже располо-

женными слоями теста, позднее мякиша) происходит при 100 °С (при нормальном давлении).

Пары воды, образующиеся в зоне испарения, в основном проходят через поры (скважины) обезвоженной корочки в пекарную камеру, оставаясь в состоянии паров, а частично, как будет показано ниже, устремляются в поры и скважины слоев теста (позднее мякиша), примыкающих к корке.

Пористая структура теста (позднее мякиша хлеба), примыкающего к уже обезвоженной корочке, является причиной того, что в выпекаемом хлебе имеет место не поверхность испарения, не «зеркало испарения», как при испарении с поверхности воды, а зона испарения, распространяющаяся в слой теста (мякиша) определенной толщины (порядка 1–3 мм¹), непосредственно граничащий с коркой.

Зона испарения, в пределах которой температура равна примерно 100 °С, по мере прогрева ВТЗ постепенно углубляется. Внешние слои теста этой зоны испарения будут обезвоживаться и достигать величины равновесной влажности, т. е. переходить в корку. С внутренней же стороны, обращенной к центру хлеба, толщина зоны испарения будет увеличиваться в результате распространения испарения на ближайшие прилегающие к ней соли мякиша.

Таким образом, влага в хлебе испаряется при температуре около 100 °С только в зоне испарения, расположенной между коркой и мякишем; корка представляет собой практически обезвоженный внешний слой хлеба, через который влага из центральных слоев хлеба проходит в виде пара.

Из такого представления о механизме испарения влаги и образования корки при выпечке вытекает, что температура мякиша, окруженного зоной испарения, не может превысить 100 °С, как бы долго ни длился процесс выпечки.

Температура внутренней поверхности корки, примыкающей к зоне испарения, естественно, также будет равна 100 °С. Температура же внешней поверхности корки может быть намного выше и будет зависеть от температуры пекарной камеры и толщины корки. Чем толще корка и чем выше температура пекарной камеры, тем выше будет температура поверхности корки.

Однако температура поверхности корки значительно ниже температуры пекарной камеры, так как часть тепла, воспринимаемого коркой извне, расходуется на перегревание паров воды, проходящих из зоны испарения через поры корки в пекарную камеру. На графике (см. рис. 29) конечная температура поверхности корки принята равной

¹ Толщина слоя, являющегося в выпекаемом хлебе зоной испарения, в основном определяется размерами пор и скважистостью структуры мякиша.

180 °С, однако в отдельных случаях (при очень высокой температуре в камере и очень толстой корке) она может достигать до 200 °С.

Естественно, что промежуточные слои корки имеют соответственно промежуточные значения температуры, а среднюю температуру корки ($t_{к,ср}$) для технических расчетов можно принять равной (в °С)

$$t_{к,ср} = (100 + t_{п,к})/2,$$

где $t_{п,к}$ — температура поверхности корки, °С.

Задержка температурных кривых тех слоев ВТЗ, из которых образуется корка, на уровне 100 °С может быть объяснена тем, что эти слои до превращения в корку известное время являются зоной испарения.

Обезвоживание поверхностных слоев ВТЗ идет так быстро, что кривая 1 температуры поверхности хлеба вообще не задерживается на уровне 100 °С, а кривая 2 слоя, расположенного ближе к поверхности, еле заметно приостанавливается. Чем дальше слой от поверхности корки, тем более заметна и длительна приостановка кривой температуры на уровне 100 °С. Кривая 5 характеризует изменение температуры слоя, который перед концом выпечки вошел в зону испарения и остался в ней до самого конца выпечки, сохранив поэтому до конца выпечки температуру 100 °С.

Имеющиеся экспериментальные данные по изменению температуры в отдельных слоях и точках выпекаемого хлеба позволяют говорить о том, что в ВТЗ в процессе выпечки точки, имеющие одинаковую температуру, расположены по изотермическим поверхностям (практически по изотермическим слоям) параллельно поверхности хлеба с некоторым смещением изотерм в сторону нижней корки.

Факторы, обуславливающие прогрев выпекаемой тестовой заготовки

На прогрев ВТЗ в процессе выпечки могут влиять теплофизические параметры пекарной камеры (температура теплоотдающих поверхностей, температура, относительная влажность и скорость перемещения паровоздушной среды), а также масса, форма, влажность, пористость и другие характеристики ВТЗ.

Влияние температуры паровоздушной среды пекарной камеры на прогрев ВТЗ изучалось в ряде работ. В качестве иллюстрации приводим примерный график (рис. 30) прогрева в точке 9 центральной части ВТЗ, выпекавшейся при неизменной в течение всего процесса выпечки температуре среды пекарной камеры 250, 230 и 210 °С (соответственно кривые I, II и III).

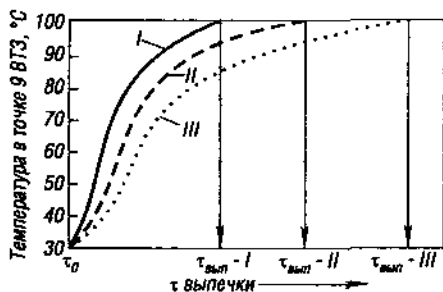


Рис. 30. Примерный график изменения температуры в точке 9 (см. текст под рис. 29) ВТЗ при различной температуре в пекарной камере: кривые: I — при 250°C; II — при 230°C; III — при 210°C

Как и следовало ожидать, чем выше температура выпечки, тем скорее идет прогрев центральной части ВТЗ.

В производственных хлебопечкарных печах выпечка хлеба практически ведется в условиях постепенно снижающейся температуры среды пекарной камеры. Исходя из этого, в отдельных работах изучалось температурное поле ВТЗ в процессе выпечки при снижающейся температуре среды пекарной камеры.

Примерный график изменения температурного поля ВТЗ, выпекаемой при равномерно снижающейся в период выпечки температуре среды пекарной камеры (с 280 до 180 °C), приводится на рис. 31.

Цифровые обозначения отдельных температурных кривых на этом графике такие же, как и на графике, приведенном на рис. 29.

Сопоставление температурных кривых отдельных слоев ВТЗ, приведенных на рис. 31, с кривыми для тех же слоев на рис. 29 позволяет отметить следующее. При выпечке в условиях снижения температуры в пекарной камере больше всего изменяется характер кривой самого поверхностного слоя 1, в несколько меньшей степени — кривой слоя 2 и в еще меньшей степени — кривых слоев 3 и 4. Все эти слои ВТЗ к концу выпечки являются коркой выпеченного изделия. Кривые 1 и 2 достигают максимума температуры не в конце периода выпечки, как на рис. 29, а уже в конце примерно первой трети (кривая 1) или 40% (кривая 2) периода выпечки. Максимальная температура этих слоев заметно ниже уровня, показанного на рис. 29.

При снижении температуры в пекарной камере температура слоев 1 и 2 начинает снижаться, причем в наибольшей степени — поверхностного слоя 1. В слое 3 отмеченное выше наблюдается в очень незначительной степени, а в слое 4 практически отсутствует.

У кривых слоев ВТЗ 5, 6, 7 и 8, к концу выпечки превращающихся в мякиш изделия, существенных отличий от их характера на рис. 29 не установлено. Можно отметить лишь то, что скорость нарастания температуры этих слоев ВТЗ была несколько меньшей.

Влияние влажности паровоздушной среды пекарной камеры на прогрев ВТЗ также изучалось в ряде работ.

Значение этого фактора обусловлено тем, что атмосфера пекарной камеры любой производственной хлебопекарной печи всегда в той или иной степени насыщена парами воды в результате испарения влаги при выпечке из хлеба или благодаря дополнительному подводу пара в пекарную камеру.

Увлажнение атмосферы пекарной камеры в значительной мере обуславливает упек и прирост объема хлеба в печи, а также характер поверхности корки готового хлеба и даже его форму.

Когда в увлажненную и нагретую среду пекарной камеры поступает относительно холодная ВТЗ, ее поверхность имеет температуру 30–35 °С (ниже температуры точки росы) и на поверхности сразу же начинается конденсация пара. Ввиду пористой структуры теста сорбция и конденсация происходят не только на самой поверхности ВТЗ, но, как показали работы А. А. Михелева, А. С. Гишзбурга и др., и в поверхностном слое теста.

Естественно, что конденсация влаги будет происходить лишь до тех пор, пока температура поверхности ВТЗ не превысит температуры точки росы, соответствующей параметрам паровоздушной смеси, заполняющей пекарную камеру.

Помимо влияния конденсации паров на поверхности ВТЗ на качество хлеба, его объем, форму, характер поверхности корки (о чем речь будет ниже), существенным является влияние конденсирующегося пара на передачу теплоты ВТЗ, внесенной в печь, а следовательно, и на ее прогрев. Это обуславливается тем, что при конденсации пара выделяется удельная (скрытая) теплота парообразования.

Влияние увлажнения пекарной камеры на прогрев выпекаемой ВТЗ можно представить в виде примерного графика (рис. 32), из которого видно, что увлажнение ускоряет прогрев поверхности ВТЗ, корки и, что существенно, не только ускоряет прогрев слоя мякиша, примыкающего к корке, но и меняет характер кривой температуры этого слоя.

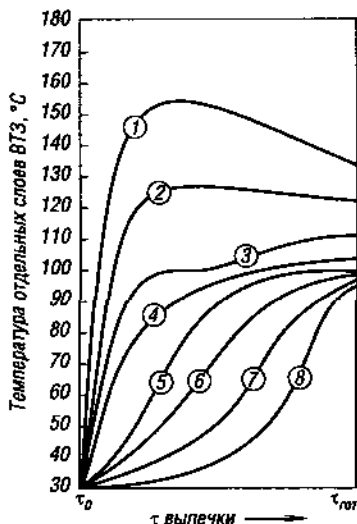


Рис. 31. Примерный график изменения температуры отдельных слоев ВТЗ при температуре в пекарной камере, снижающейся за период выпечки с 280 до 180 °С

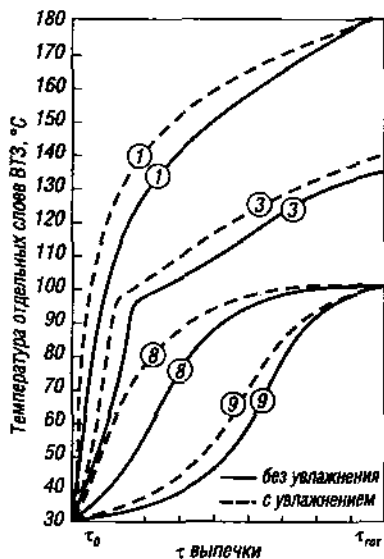


Рис. 32. Примерный график изменения температуры отдельных слоев ВТЗ, выпекаемой без увлажнения и с увлажнением в пекарной камере (обозначения отдельных кривых те же, что на рис. 29)

Удельная поверхность батона больше, чем круглого хлеба той же массы. Это также ускоряет прогрев ВТЗ батона, в том числе и за счет теплоты, выделенной конденсирующимся паром.

Влияние влажности теста на скорость прогрева ВТЗ иллюстрируется

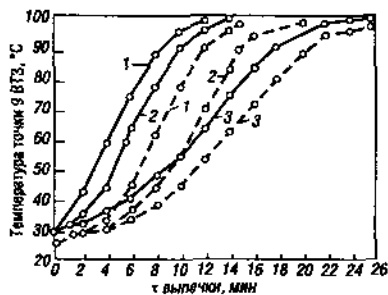


Рис. 33. Примерный график изменения температуры точки 9 (см. рис. 29) ВТЗ, выпекаемой в форме батона (сплошные линии) или круглого хлеба (пунктирные линии) при массе штуки: 1 — 100 г, 2 — 200 г, 3 — 300 г

Из сказанного следует, что, устанавливая значение увлажнения пекарной камеры, нельзя недооценивать роль этого фактора в передаче теплоты ВТЗ в процессе ее выпечки.

Влияние массы и формы ВТЗ на ее прогрев в процессе выпечки также значительно. Установлено, что чем больше масса ВТЗ, тем медленнее прогревается ее центральная часть и, естественно, тем длительнее процесс выпечки.

Влияние массы и формы ВТЗ на скорость ее прогрева при выпечке представлено на рис. 33. Из кривых прогрева видно, что центр мякиша пшеничного хлеба, выпеченного в виде батона, прогревался значительно быстрее центра мякиша круглого хлеба той же массы вследствие большего расстояния от поверхности до центра мякиша у круглого хлеба по сравнению с батоном.

Графиками, приведенными на рис. 34, которые показали, что повышение влажности теста ускоряет, а понижение замедляет прогрев теста при выпечке. Чем выше влажность теста, тем выше его теплопроводность. Ускорение прогрева при повышении влажности тем значительнее, чем ближе изучаемый слой теста к поверхности хлеба.

Из вышеизложенного, однако, не следует, что повышение влажности теста можно применять как способ ускорения прогрева ВТЗ.

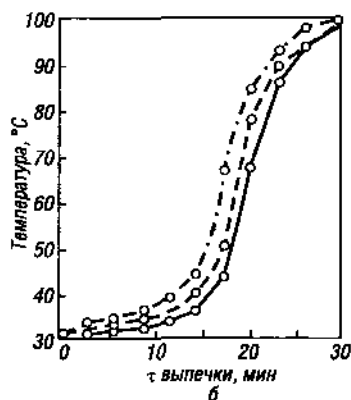
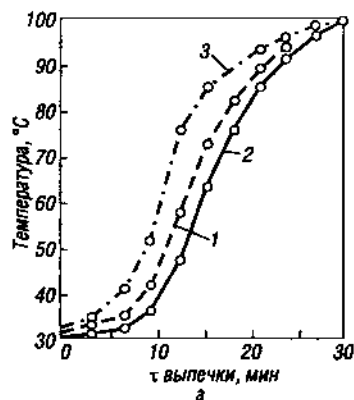


Рис. 34. Графики прогресса ВТЗ различной влажности:

а — в точке, отстоящей от поверхности ВТЗ на 2 см; б — в центре ВТЗ влажность: 1 — нормальная; 2 — -10%; 3 — +10%

Предельно допустимая влажность теста обусловлена нормативами влажности того хлебобулочного изделия, для которого оно готовится.

Характер пористости хлеба (размер пор, толщина стенок, скважность хлеба, возникающая при разрушении межпоровых стенок и соединений отдельных пор между собой каналами), бесспорно, должен играть существенную роль в перемещении влаги в глубь мякиша выпекаемого хлеба и поэтому тоже не может не влиять на скорость прогресса мякиша хлеба.

Толщина корки вследствие ее более низкой тепло- и влагопроводности, естественно, также не может не сказываться на скорости прогресса мякиша хлеба.

ВЛАГООБМЕН ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ С ПАРОВОЗДУШНОЙ СРЕДОЙ ПЕКАРНОЙ КАМЕРЫ И ВНУТРЕННЕЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВЛАГИ В НЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫПЕЧКИ

При выпечке хлеба происходит влагообмен между ВТЗ и газовой средой пекарной камеры и внутреннее перемещение влаги в ВТЗ. Эти процессы протекают одновременно и в известной мере взаимосвязанно.

Влагообмен выпекаемой тестовой заготовки с паровоздушной средой пекарной камеры

Влагообмен с увлажненной газовой средой пекарной камеры включает в самой начальной фазе выпечки *процесс поглощения влаги* из газо-

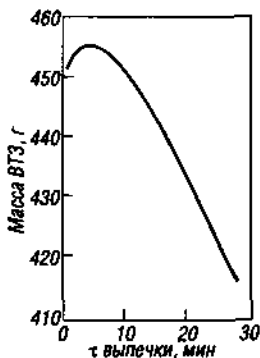


Рис. 35. График изменения массы ВТЗ при выпечке в пекарной камере, газовая среда которой интенсивно увлажнялась в начальном периоде выпечки

вой среды пекарной камеры в результате конденсации паров воды на поверхности и сорбции в поверхностных слоях ВТЗ.

При достаточном увлажнении газовой среды пекарной камеры поглощение влаги ВТЗ, помещенной в пекарную камеру, может быть зафиксировано количественно по увеличению ее массы.

Для иллюстрации этого положения на рис. 35 приведен график изменения массы ВТЗ при выпечке в пекарной камере с интенсивным увлажнением ее газовой среды в начальном периоде выпечки. Максимум прироста массы ВТЗ был в интервале между 3–5 мин выпечки и достигал величины 1,3% от начальной массы куска теста.

Конденсация влаги, как уже отмечалось, происходит не только на поверхности, но и в слоях ВТЗ, прилегающих к ней.

Интенсивность и длительность поглощения (сорбции) влаги, конденсируемой на поверхности и в поверхностных слоях ВТЗ, будет тем больше, чем выше влагосодержание газовой среды пекарной камеры, чем ниже температура этой среды и чем ниже температура поверхности и поверхностных слоев ВТЗ при поступлении в пекарную камеру.

Однако как только температура поверхности ВТЗ превысит температуру точки росы, конденсация влаги на ней прекращается и сразу же начинается процесс испарения влаги: сначала с поверхности, затем из тонкого слоя ВТЗ, прилегающего к поверхности, и, наконец, после достижения поверхностным слоем ВТЗ равновесной влажности (и, следовательно, после перехода этого слоя в состояние практически обезвоженной корки) — из зоны испарения, т. е. слоя, расположенного непосредственно под коркой.

Зона испарения, как уже отмечалось выше, по мере утолщения корки постепенно углубляется, отдаляясь от поверхности ВТЗ и оставаясь пограничной между коркой и мякишем.

Внутреннее перемещение влаги в выпекаемой тестовой заготовке

При выпечке влажность внутренней части ВТЗ изменяется.

Повышение влажности внешних слоев ВТЗ в начальной фазе выпечки при сильном увлажнении газовой среды пекарной камеры было уже отмечено выше.

Последующее понижение влажности поверхности слоя ВТЗ до равновесной влажности, происходящее по мере превращения этого слоя в корку, также было нами отмечено. При этом указано, что не вся влага, испаряющаяся в зоне испарения ВТЗ, проходит в виде пара через поры корки в пекарную камеру.

Корка значительно более уплотнена и значительно менее пориста, нежели мякиш. Размеры пор в корке, особенно в ее поверхностном слое, во много раз меньше размера пор в прилегающих к ней слоях мякиша. Вследствие этого корка представляет собой слой, оказывающий большое сопротивление пару, проходящему через него из зоны испарения в пекарную камеру. Часть пара, образовавшегося в зоне испарения, особенно над нижней коркой ВТЗ, может устремляться из корки через поры и скважины мякиша в слой мякиша, прилегающие изнутри к зоне испарения. Доходя до слоев, расположенных ближе к центру и менее нагретых, пары воды конденсируются, тем самым повышая влажность слоя, в котором произошла конденсация. Этот слой мякиша, представляющий собой как бы *зону внутренней конденсации* паров воды в выпекаемом хлебе, по расположению соответствует конфигурации изотермических поверхностей в ВТЗ.

Для внутреннего перемещения влаги во влажном материале должна иметь место разность потенциалов переноса. В ВТЗ для переноса влаги может быть две основных причины: разность концентрации влаги в различных участках объема ВТЗ и разность температуры в отдельных участках ВТЗ.

Разность концентрации влаги является побуждающим моментом для перемещения влаги в материале от участков с большей концентрацией влаги к участкам с меньшей ее концентрацией. Такое перемещение влаги назовем *концентрационным*.

Можно также обозначить это перемещение влаги, как концентрационную диффузию ее в материале или как концентрационную влагонепроводность.

Разность температуры в отдельных участках влажного материала, как показал А. В. Лыков, является причиной перемещения влаги от участков материала с более высокой температурой к участкам с меньшей температурой. Подобное перемещение влаги во влажном материале условимся полагать *тепловым*. Называют его также термодиффузией (в газах и растворах) или термовлагонепроводностью (во влажных твердых телах).

В ВТЗ одновременно наблюдаются и большая разность влагосодержаний корки и мякиша и значительная разность температуры между ее внешними и центральными слоями в течение первого периода процесса выпечки.

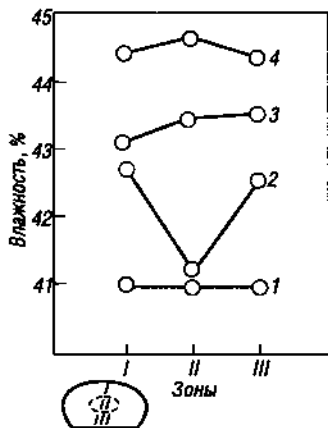


Рис. 36. Изменение влажности зон (I, II и III) ВТЗ при выпечке: 1 - 0; 2 - 5 мин; 3 - 10 мин и 4 - 23 мин

Как показали работы отечественных исследователей, при выпечке хлеба преобладает побуждающее действие разности температуры во внешних и внутренних слоях ВТЗ, поэтому влага в мякише в процессе выпечки перемещается от поверхности к центру.

Это подтверждается экспериментальными данными А. С. Гинзбурга, на основании которых составлен график изменения влажности разных слоев мякша в процессе выпечки (рис. 36).

График показывает, что влажность мякша хлеба в конце процесса выпечки по сравнению с исходной влажностью теста повышается примерно на 2%. Наиболее быстро влажность возрастает во внешних слоях мякша в начальный период процесса выпечки, что объясняется

большой ролью термовлагопроводности в этом периоде выпечки вследствие значительного градиента температуры в мякише.

Изменение влажности выпекаемой тестовой заготовки

Изучению изменения влажности ВТЗ в процессе выпечки посвящено много работ. На основании их данных, а также изложенных выше представлений о ходе и механизме изменения влажности отдельных слоев ВТЗ в процессе выпечки был построен примерный график (рис. 37) изменения влажности отдельных ее слоев в процессе выпечки при постоянной температуре и без увлажнения среды пекарной камеры.

Как видно из графика, влажность поверхностного слоя ВТЗ в процессе выпечки очень быстро падает и, как показывает кривая 1, очень быстро достигает уровня равновесной влажности (W_p), обусловленного температурой и относительной влажностью паровоздушной среды пекарной камеры.

Глубже расположенные и позднее превращающиеся в корку слои более замедленно, как это видно по кривым 2, 3 и 4, достигают той же величины равновесной влажности.

Существенно отметить, что влажность слоев корки, образовавшихся из слоев ВТЗ, обозначенных кривыми 2, 3 и 4, в первое время нахождения в пекарной камере несколько увеличивалась. Прирост этот (обо-

значим его ΔW) тем больше, чем глубже расположен слой теста, из которого образуется сначала мякиш, затем корка.

Кривая 5 характеризует изменение в процессе выпечки средней влажности слоя ВТЗ, являющегося к концу выпечки зоной испарения.

Конечная влажность внутренней поверхности этого слоя (прилегающей к мякишу) может быть принята примерно равной исходной влажности теста (W_0) плюс прирост за счет внутреннего перемещения влаги ($W_0 + \Delta W$), в то время как наружная поверхность этого слоя, прилегающая к корке, имеет влажность, равную равновесной влажности. Исходя из этого, на графике для данного слоя принято значение конечной влажности, среднее между значениями ($W_0 + \Delta W$) и W_p .

Влажность отдельных слоев мякиша, характеризуемых кривыми 6, 7, 8 и 9, также увеличивается в процессе выпечки, причем нарастание влажности происходит сначала во внешних слоях ВТЗ, а затем захватывает все более глубоко расположенные слои.

В результате теплового перемещения влаги (термовлагопроводности) влажность внешних слоев мякиша, ближе расположенных к зоне испарения, начинает даже несколько снижаться по сравнению с достигнутым максимумом. Однако конечная влажность этих слоев остается все же выше исходной влажности теста в момент начала выпечки. Влажность центра мякиша (см. кривую 9) нарастает медленнее всего, и его конечная влажность может быть несколько меньше конечной влажности слоев, прилегающих к центру мякиша.

Рядом экспериментов установлено, что к моменту завершения процесса выпечки влажность мякиша в целом повышается на 1,5–2,5%.

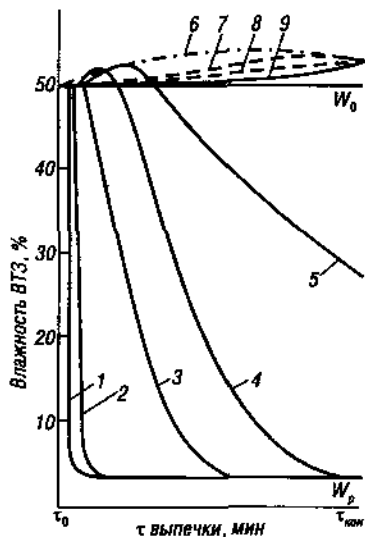


Рис. 37. Примерный график изменения влажности отдельных слоев ВТЗ в процессе ее выпечки (нумерация кривых та же, что на рис. 29)

ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БРОДИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ

Жизнедеятельность бродильных микроорганизмов теста (дрожжевых клеток и кислотообразующих бактерий) изменяется по мере прогревания ВТЗ в процессе выпечки.

Дрожжевые клетки при прогревании теста примерно до 35 °С ускоряют процесс брожения и газообразования до максимума. Примерно до 40 °С жизнедеятельность дрожжей в выпекаемом куске теста еще очень интенсивна. При прогревании теста до температуры свыше 45 °С газообразование, вызываемое дрожжами, резко снижается.

Ранее было принято считать, что при температуре теста около 50 °С дрожжи отмирают.

Жизнедеятельность кислотообразующей микрофлоры теста в зависимости от температурного оптимума (лежашего для психротрофных бактерий около 35 °С, а для термофильных около 48–54 °С) по мере прогревания теста сначала форсируется, а затем, после достижения температуры выше оптимальной для их жизнедеятельности, замедляется и позже совсем прекращается.

Считали, что при прогревании теста до 60 °С кислотообразующая микрофлора теста полностью отмирает.

Однако работа М. И. Ратнер и З. Ф. Фалушиной позволяет считать, что в мякише обычного ржаного хлеба из обойной муки сохраняются хотя и в ослабленном, но жизнеспособном состоянии отдельные клетки как дрожжей, так и кислотообразующих бактерий.

Из факта сохранения в мякише хлеба в процессе выпечки незначительной части жизнеспособной бродильных микроорганизмов теста не следует, что бродильные микроорганизмы теста могут при всех условиях выдерживать температуру 93–95 °С, которая достигается в центре ВТЗ при выпечке. В этой же работе было показано, что кипячение мякиса хлеба, растертого в избытке воды, убивало все виды бродильных микроорганизмов.

Очевидно, сохранение части бродильных микроорганизмов теста в мякише хлеба в жизнеспособном состоянии может быть объяснено как очень незначительным количеством свободной воды в мякише, так и очень кратковременным подъемом температуры его центральной части выше 90 °С.

Из этих данных следует, что и температурные оптимумы для бродильных микроорганизмов теста, определенные в условиях среды, по консистенции отличной от теста, могут оказаться заниженными по сравнению с оптимумами, действующими в условиях ВТЗ.

Очевидно, следует считать, что при прогревании слоев ВТЗ примерно до 60 °С жизнедеятельность в них дрожжей и психротрофных кислотообразующих бактерий теста практически приостанавливается.

Термофильные молочнокислые бактерии типа бактерий Дельбрюка могут находиться в бродильно-активном состоянии и при более высоких температурах (вероятно, до 75–80 °С).

Необходимо еще раз напомнить, что при обычном способе выпечки прогревание ВТЗ начинается с периферических слоев и лишь постепенно

но распространяется к ее центру. Поэтому и описанные выше изменения в жизнедеятельности бродильной микрофлоры ВТЗ будут происходить постепенно, по мере ее прогревания, распространяясь от поверхностных слоев к центру.

При анализе графика, приведенного на рис. 29, легко убедиться, что вскоре после начала процесса выпечки во внешних слоях ВТЗ прогревание вызовет полную приостановку жизнедеятельности бродильных микроорганизмов.

Одновременно в более глубоких слоях будут оптимальные температурные условия для жизнедеятельности этой микрофлоры, а в центральной части ВТЗ эти оптимальные условия даже не будут еще достигнуты.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ

В тесте ВТЗ, а затем и в мякише, образующемся из него, наблюдаются следующие биохимические процессы и изменения.

Брожение, вызываемое дрожжами и кислотообразующими бактериями, длится при выпечке до тех пор, пока температура отдельных слоев ВТЗ не достигнет уровня, при котором жизнедеятельность этих бродильных микроорганизмов прекращается. Поэтому в начальном периоде выпечки в тесте и мякише ВТЗ продолжают образовываться незначительные количества спирта, CO_2 , молочной и уксусной кислоты и других продуктов брожения.

При выпечке содержащийся в ВТЗ крахмал, прошедший первые стадии процесса клейстеризации, частично гидролизуются. В результате этого содержание крахмала в ВТЗ при выпечке в известной степени снижается.

До той поры, пока амилазы теста еще не инактивированы вследствие повышения температуры теста, они вызывают гидролиз крахмала. В ВТЗ атакуемость крахмала амилазами возрастает. Объясняется это тем, что крахмал даже в начальных стадиях его клейстеризации во много раз легче гидролизуются β -амилазой.

При рассмотрении свойств зерновых амилаз (см. главу III) отмечалось, что в пшеничном тесте из сортовой муки при относительно невысокой его кислотности инактивация амилаз происходит при температуре, значительно более высокой, чем полагали раньше. Так, β -амилаза полностью инактивируется примерно при 82–84 °С, а α -амилаза способна сохранять известную активность до 97–98 °С, т. е. в готовом хлебе. Поэтому при выпечке пшеничного хлеба из муки высшего, I и II сор-

тов гидролиз крахмала в тесте и мякише ВТЗ в основном (а возможно и целиком) обусловлен действием амилаз теста.

Иначе изменяется крахмал при выпечке хлеба из ржаной обойной муки. Ржаное тесто имеет кислотность, в 3–4 раза более высокую, чем тесто из пшеничной сортовой муки. Вследствие этого инактивация амилаз при прогреве ржаного теста происходит при более низких температурах.

Так, например, было установлено, что в процессе выпечки ржаного хлеба из обойной муки, из теста обычной для этого вида хлеба кислотности, β -амилаза полностью инактивируется при 60 °С, а α -амилаза — при 71 °С. В то же время было установлено, что накопление в мякише ржаного хлеба продуктов гидролитического распада крахмала продолжается до самого конца выпечки и даже в первые часы хранения еще горячего хлеба. Это значит, что в ржаном хлебе гидролиз крахмала продолжается и после инактивации амилаз.

Опытами по прогреву водных паст ржаного крахмала, подкисленных смесью молочной и уксусной кислот до уровня, обычного для ржаного теста, было установлено, что в этих условиях происходит кислотный гидролиз крахмала. Отсутствие в крахмальной пасте амилаз было предварительно проверено.

Исходя из этого, можно полагать, что в ржаной ВТЗ после инактивации ее амилаз происходит кислотный гидролиз крахмала. Вероятно, именно поэтому содержание водорастворимых веществ и углеводов и содержание декстринов в ржаном хлебе выше, чем в пшеничном, несмотря на значительно более раннюю инактивацию амилаз при прогреве ВТЗ из ржаного теста.

α -амилаза в процессе выпечки инактивируется при значительно более высокой температуре, чем β -амилаза. В интервале времени выпечки, когда β -амилаза уже инактивирована, а α -амилаза еще активна, в мякише хлеба накапливается значительное количество низкомолекулярных декстринов, придающих мякишу липкость и сыроватость на ощупь.

Этому способствует и то, что действие α -амилазы на крахмал понижает его водоудерживающую способность.

В связи с этим при выпечке хлеба из пшеничной муки, смолотой из проросшего зерна, следует повышать кислотность теста, снижающую температуру инактивации α -амилазы. Ржаная мука даже из непроросшего зерна содержит известное количество активной α -амилазы, поэтому ржаное тесто и готовится при более высокой кислотности.

Если выпекать хлеб из ржаного теста с кислотностью около 4 град, то α -амилаза также способна сохранять известную активность до конца

выпечки, т. е. до температуры выше 96 °С. Поэтому действие амилолитических ферментов в ВТЗ при выпечке существенно влияет на качество хлеба.

Сахара, образующиеся в ВТЗ в результате амилолиза крахмала, в первой части периода выпечки частично расходуются на брожение. Показано, что в процессе выпечки происходит также частичный гидролиз высокомолекулярных пентозанов ржаного теста, превращающихся в ВТЗ в водорастворимые, относительно низко молекулярные пептозаны.

Таким образом, в процессе выпечки хлеба резко увеличивается количество водорастворимых углеводов, в основном обуславливающее увеличение общего содержания в хлебе водорастворимых веществ.

Белково-протеиназный комплекс ВТЗ в процессе выпечки также претерпевает ряд изменений, связанных с ее прогревом.

В ВТЗ до определенной степени ее прогрева происходит протеолиз. Ранее принято было полагать, что протеиназа пшеничной муки имеет оптимум рН от 4 до 5,5 и температурный оптимум около 45 °С.

Однако исследованиями И. А. Попадич и З. Ф. Фалушиной было показано, что в условиях теста из пшеничной муки влажностью 48% и при рН, в конце брожения равном 5,85, температурный оптимум для накопления в тесте водорастворимого азота значительно выше. При длительности прогрева 30 мин он лежит около 60 °С, а при 15 мин прогрева — около 70 °С. Повышение влажности водно-мучной среды до 70% снижало этот оптимум до 50 °С.

Примечательно, что атакуемость белков того же теста протеолитическими ферментами препарата, полученного из *Asp. oryzae*, изменялась в зависимости от температуры теста совсем по-другому. Было установлено, что повышение температуры путем 15-минутного прогрева до 70 °С приводило к снижению атакуемости белков теста протеолитическими ферментами препарата *Asp. oryzae* примерно в 4 раза. Повышение же температуры прогрева до 80–90 °С приводило к известному возрастанию атакуемости белков теста по сравнению с атакуемостью их после прогрева при 70 °С. Одновременно было установлено, что протеолитические ферменты препарата *Asp. oryzae*, вносимые в тесто (с конечным рН 5,85 и влажностью 48%), сохраняли известную активность после 15 мин прогрева даже при 90–100 °С, в то время как прогрев водного раствора этих ферментов инактивировал их полностью уже при 60 °С. Этим еще раз подтверждается значение влажности водно-мучных полуфабрикатов или продуктов как фактора, от которого зависят температуры оптимума и инактивации в них ферментов.

Установлено, что растворимость водонерастворимых белков прогреваемого пшеничного теста в 0,1 н. растворе уксусной кислоты начи-

нает резко снижаться при температуре прогрева теста, равной 70 °С. Это свидетельствует о том, что, начиная с 70 °С, белки прогреваемого пшеничного теста подвергаются термической денатурации.

Было установлено, что в тесте влажностью 51% некоторая активность протеиназы сохранялась даже после 15 мин прогрева при 95 °С.

Следует также отметить, что температура инактивации ферментов в ВТЗ зависит от скорости ее прогрева: чем быстрее происходит прогрев, тем выше температура, при которой инактивируются ферменты.

Изучалось и изменение атакваемости белков теста протеолитическими ферментами в процессе прогрева ВТЗ. Было установлено, что атакваемость напайном белков пшеничного теста, имевшего влажность 48% и рН в конце брожения 5,85, при 15-минутной длительности прогрева значительно возрастала по мере повышения температуры прогрева с 50 до 80 °С.

Даже после прогрева при 90 °С атакваемость белков теста напайном хотя и была несколько ниже, чем после прогрева при 80 °С, но все же почти в 7 раз выше атакваемости белков непрогревавшегося теста.

Изучалось и влияние длительности выпечки тестовых заготовок из пшеничной и ржаной обойной муки на атакваемость белка выпеченного хлеба препаратами таких протеолитических ферментов, как пепсин и трипсин.

Было установлено, что атакваемость белков теста этими ферментами возрастала в ВТЗ и тем в большей степени, чем длительнее была выпечка.

В ряде работ было показано, что количество водорастворимых азотсодержащих веществ в результате выпечки существенно (на 50–70%) снижается по сравнению с их количеством в тесте перед выпечкой.

Потемнение мякиша ржаного хлеба по сравнению с цветом ржаного теста в основном вызвано действием полифенолоксидазы (тирозиназы) на тирозин. При длительной выпечке ржаного хлеба цвет его мякиша становится темнее. Возможно, что это в какой-то мере обусловлено и образованием меланоидинов — продуктов взаимодействия непосредственно восстанавливающих сахаров теста с продуктами распада белков.

Биохимические процессы, происходящие при выпечке хлеба в его корке, также весьма существенно влияют на качество хлеба. В корке содержится значительно больше водорастворимых веществ и декстринов. Следует, однако, отметить, что ферментативный гидролиз не играет в этом ведущей роли.

Корка и поверхностные слои ВТЗ, из которых она образуется, прогреваются очень быстро, в связи с чем и ферменты инактивируются очень скоро.

Накопление декстринов и вообще водорастворимых веществ в корке ВТЗ в значительной мере объясняется термическим изменением крахмала и, в частности, его термической декстринизацией (температура поверхности корки достигает 180 °С, а середины корки 130 °С).

Большое значение в оценке качества хлеба имеет окраска его корки.

Ранее окраску корки пшеничного хлеба связывали, и не без основания, с количеством остаточных, несброженных сахаров в тесте к моменту выпечки.

Как уже отмечалось, для нормальной окраски корки пшеничного хлеба в тесте перед выпечкой должно содержаться не менее 2–3% несброженных сахаров. Чем выше сахаро- и газообразующая способность муки, тем интенсивнее окраска корки пшеничного хлеба. Поэтому пекари-практики издавна называют муку с низкой сахаро- и газообразующей способностью мукой «крепкой на жар».

Принято было считать, что продуктами, обуславливающими окраску корки пшеничного хлеба, являются коричневатокрашенные продукты карамелизации или первичной дегидратации остаточных, несброженных к моменту выпечки сахаров теста. Карамелизацию и дегидратацию сахаров в корке объясняли ее высокой температурой. Некоторые исследователи считают, что существенную роль в окраске корки играют также окрашенные продукты термической декстринизации крахмала и термического изменения белковых веществ корки.

Однако изучение влияния режимов сушки зерна пшеницы на его хлебопекарные свойства (Л. Я. Ауэрман, В. Л. Кретович и др.) позволило установить несостоятельность изложенных выше взглядов на природу процессов, обуславливающих окраску корки пшеничного хлеба.

Зерно пшеницы Мильтурум 553 частично (проба 11) было высушено на воздухе, а другая его часть (проба 12) сушилась на сушилке «Кузбасс» при температуре теплоносителя 150 °С до влажности 11,7%. Конечная температура зерна при этом была равна 50 °С. Оба образца зерна были подвергнуты размолу с выходом муки 70%.

Данные анализа этих образцов муки и результаты пробных выпечек из них, приведенные в табл. 21, свидетельствуют о резком изменении белково-протеиназного комплекса муки из зерна, сушившегося при высокой температуре теплоносителя (проба 12). Снижилось количество водорастворимого азота, количество сырой клейковины, ее водопоглощительная способность, распыляемость и растяжимость. Существенно отметить практически полную инактивацию протеиназ в муке из этого образца зерна. Одновременно следует отметить весьма незначительное снижение сахаро- и газообразующей способности муки в результате сушки образца зерна при высокой температуре теплоносителя. Резкое снижение объема и пористости хлеба из муки пробы 12 легко объясняется ухудшающим влиянием перегрева зерна на его белково-протеиназный комплекс и на газодерживающую способность муки из такого зерна.

Однако необъяснимой с точки зрения изложенных выше представлений является совершенно бледная окраска корки хлеба из муки пробы 12.

Таблица 21

Показатели анализа муки и результаты пробной выпечки	Мука из зерна проб	
	11	12
Количество белковых веществ ($N \times 5,7$), %	12,71	12,53
Количество водорастворимого азота, % к общему количеству	15,24	12,27
Протолитическая активность (прирост водорастворимого азота за 4 ч автолиза), % к общему количеству азота	0,90	0,0
Количество клейковины, %:		
сырой	33,4	25,0
сухой	11,1	9,9
Водопоглощительная способность клейковины, % к сухому веществу клейковины	200	152
Органолептическая оценка качества клейковины	Удовлетворительная	Крошащаяся
Расплываемость шарика клейковины (прирост диаметра контура шарика за 3 ч в % к начальному диаметру)	50,0	0,0
Удельная растяжимость клейковины, см/мин	0,54	0,09
Сахарообразующая способность по методу Рамзей-ВНИИЗ), мг мальтозы	333	124
Газообразующая способность, мл CO_2 за 6 ч	1000	900
Объемный выход хлеба, мл на 100 г муки	410	268
Отношение высоты подовых хлебцев к диаметру	0,35	0,42
Пористость мякиша, %	79	61
Содержание сахаров в корке хлеба, %	1,85	1,89
Окраска корки хлеба по органолептической оценке	Нормально окрашенная	Совершенно бледная
Окраска корки хлеба в баллах (1-5)	3	1

Содержание сахаров в корке хлеба из муки проб 11 и 12 практически одинаково, хотя корка в одном случае нормально окрашена, а в другом — совершенно бледная. Из этого следует, что окраска корки пшеничного хлеба обуславливается не окрашенными продуктами термической карамелизации и первичной дегидратации сахаров, а окрашенными продуктами другой природы.

Участие остаточных сахаров теста в образовании этих продуктов несомненно, поскольку во всех случаях их недостаточности корка хлеба бледно окрашена.

Исходя из работ В. Л. Кретовича и сотрудников в области химизма процесса меланоидинообразования и выявления роли меланоидинов в образовании цвета и аромата красного ржаного солода и хлеба, а также из факта отсутствия активной протсинказы в пробе муки 12, было высказано предположение, что окраска корки хлеба обусловлена продуктами взаимодействия при образовании корки остаточных восстанавливающих сахаров теста и продуктов гидролитического распада белков (аминокислот, полипептидов и пептонов).

С этой точки зрения хорошо объясняется получение из пробы муки 12 хлеба с совершенно бледной коркой, несмотря на достаточное содержание в тесте и корке хлеба остаточных сахаров. Отсутствие в этой муке активной протсиназы приводит к отсутствию в тесте и продуктов протеолиза, которые могли бы в результате реакции с сахарами привести к образованию темноокрашенных меланоидинов, обуславливающих окраску корки хлеба.

Для экспериментального подтверждения правильности этого нового представления были проведены дополнительные опыты, заключающиеся в выпечке из этой же муки (пробы 12) хлебцев с добавлением в тесто различных сахаров и аминокислоты глицина. Интенсивность окраски корки этих хлебцев оценивалась по пятибалльной шкале. Результаты опытов приведены в табл. 22.

Таблица 22

Хлеб из пробы муки 12	Количество добавок, % к сухому веществу муки	Окраска корки, баллы
Без добавок	—	1,0
С добавками		
глицина	1	3,0
мальтозы	2	1,2
мальтозы + глицина	По 2	3,5
фруктозы	2	1,5
фруктозы + глицина	По 2	4,5
сахарозы	2	1,2
сахарозы + глицина	По 2	4,5

Данные табл. 22 подтверждают необоснованность прежних представлений о том, что решающая роль в образовании корки хлеба принадлежит продуктам термического изменения сахаров и крахмала. Дополнительное добавление 2% мальтозы и сахарозы почти не сказалось на окраске корки. Весьма незначительно, хотя и более заметно, сказалось и добавление 2% фруктозы.

При добавлении же глицина корка хлеба окрасилась нормально. Одновременное добавление глицина и мальтозы (или фруктозы или сахарозы) дополнительно увеличило интенсивность окраски корки.

Хотя сахара не образует с аминокислотами меланоидинов, окрашивание корки хлеба при одновременном добавлении ее с глицином легко объяснимо. Сахароза в тесте под действием сахарозы (β -фруктофуранозидазы) дрожжей инвертируется, а образующиеся при этом глюкоза и фруктоза могут участвовать в меланоидинообразовании.

Исходя из изложенного, можно считать, что интенсивность окраски корки пшеничного хлеба в основном обусловлена образованием в ней темноокрашенных продуктов окислительно-восстановительного взаимодействия остаточных, несброженных восстанавливающих сахаров теста и содержащихся в тесте продуктов протеолиза белков, т. е. меланоидинов.

Роль меланоидинообразования в окраске корки хлеба была подтверждена и в других работах.

Реакцию меланоидинообразования при взаимодействии аминокислот и восстанавливающих сахаров впервые еще в 1912 г. описал французский исследователь Майяр (Maillard L.), поэтому в специальной литературе ее часто именуют реакцией Майяра.

Образование меланоидинов представляет собой сложный окислительно-восстановительный процесс взаимодействия азотсодержащих веществ (преимущественно продуктов гидролиза белка, содержащих свободные аминные группы) с непосредственно восстанавливающими сахарами.

Этот процесс протекает с образованием ряда промежуточных продуктов, в том числе альдегидов, соответствующих аминокислотам, вступившим во взаимодействие, а также и фурфурола и оксиметилфурфурола.

Альдегидам, образующимся при выпечке в корке хлеба в процессе меланоидинообразования, принадлежит существенная роль в качестве летучих веществ, от которых в значительной степени зависит аромат хлеба. Меланоидины также играют роль не только в окрашивании корки, но и во вкусе и аромате хлеба.

Процесс меланоидинообразования при повышенных температурах протекает значительно быстрее. Поэтому именно корка и является при выпечке тем слоем ВТЗ, в котором происходит процесс образования меланоидинов, а также карбонильных соединений, главным образом альдегидов, являющихся промежуточными продуктами.

Значительно более высокое содержание ароматообразующих карбонильных соединений в корке хлеба по сравнению с их содержанием в мякише убедительно показано в ряде работ.

Установлено также, что часть ароматообразующих веществ, образовавшихся в корке при выпечке и после ее завершения, мигрирует в прилегающие к корке слои мякиша. В мякише хлеба из ржаной обойной муки процесс меланоидинообразования, обуславливающий придание ему буровато-коричневой окраски и соответствующего вкуса и аромата, начинает играть заметную роль лишь при длительной выпечке хлеба большой массы.

Еще большую роль меланоидинообразование играет во всей массе ВТЗ из ржаной муки (шрота), подвергавшейся многочасовой (в течение 12–24 ч) выпечке при низкой температуре в пекарной (или паровой) камере. Получаемый при этом продукт имеет темно-бурую окраску и специфический «солодовый» вкус и аромат, присущий хлебу с высокой добавкой красного ржаного солода. Такой хлеб, нарезанный на тонкие ломти и завернутый в специальную обертку, известен в ряде европейских стран под наименованием пумперникель. В нашем ассортименте хлебных изделий аналогичный продукт вырабатывается под наименованием хлеб московский любительский в целлофане.

Более подробно вопрос о природе вкусо- и ароматообразующих веществ хлеба, об образовании их на разных стадиях процесса производства хлеба будет изложен в главе XIV.

Рассматривая биохимические процессы, происходящие при выпечке ВТЗ, следует отметить и изменения, происходящие в содержании в белках хлеба отдельных аминокислот.

В. Л. Кротовичем и А. Н. Пономаревой (1961) было изучено изменение при выпечке пшеничного и ржаного хлеба содержания в нем свободных аминокислот (аспарагиновой, глутаминовой, серина, глицина, треонина, аланина, аминокислоты масляной, валина, лейцина+изолейцина, фенилаланина, метионина и глутамина).

Было доказано, что содержание в тесте свободных аминокислот (кроме серина) по сравнению с их содержанием в муке значительно возрастает.

Содержание свободных аминокислот в мякише или снижалось незначительно (аспарагиновая и глутаминовая кислоты) или несколько возрастало по сравнению с их содержанием в тесте.

Содержание же всех определявшихся свободных аминокислот в корке хлеба резко снижалось. Суммарное содержание 12 определявшихся свободных аминокислот в корке хлеба было примерно в 2 раза ниже, чем в тесте перед выпечкой.

Было установлено, что чем выше содержание в тесте восстанавливающих сахаров, тем больше снижается содержание в корке свободных аминокислот. Этим подтверждается, что в корке хлеба содержание свободных аминокислот снижается вследствие расщепления части их на процесс меланоидинообразования.

Было установлено, что в результате выпечки содержание лизина в белках хлеба существенно снижается, особенно в корке хлеба.

Е. Баум изучал (1968) кинетику снижения содержания лизина в хлебе при умышленно продленном процессе выпечки хлеба. Им было установлено, что основные потери в содержании лизина происходят в периоде выпечки, минимально необходимым для получения полностью выпеченного хлеба. При дальнейшей выпечке эти потери были уже значительно меньшими. Автор работы считает, что в целях улучшения качества хлеба выпечку его целесообразно удлинять на 5–10 мин против минимально необходимого времени, поскольку это уже не вызывает существенного снижения биологической ценности белков хлеба.

КОЛЛОИДНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ

Коллоидные процессы, протекающие в ВТЗ при ее прогревании, очень существенны, так как именно они и обуславливают переход теста в мякиш хлеба.

Изменение температуры теста резко влияет на ход коллоидных процессов, происходящих в нем. Клейковина теста, по данным А. Г. Кульмана, имеет максимум набухаемости примерно при 30 °С. Дальнейшее повышение температуры ведет к снижению ее способности набухать. Примерно при 60–70 °С белковые вещества теста (его клейковина) денатурируются и свертываются, освобождая при этом воду, поглощенную при набухании.

Крахмал муки по мере повышения температуры набухает все более и более энергично. Особенно интенсивно возрастает набухание при 40–60 °С. В этом же температурном интервале начинается и клейстеризация крахмала, сопровождающаяся его набуханием.

Однако процесс клейстеризации очень сложен. В. И. Назаров на основании анализа существующих представлений о процессе клейсте-

ризации и своих экспериментов пришел к выводу, что нельзя отождествлять клейстеризацию с набуханием. Если бы клейстеризация крахмала ограничивалась только набуханием, то тепловой эффект процесса клейстеризации был бы положительным. Однако, как показали исследования теплового эффекта клейстеризации, проведенные В. И. Назаровым с помощью регистрирующего пирометра Куриакова, клейстеризация крахмала происходит с явно выраженным эндотермическим эффектом, который, по Назарову, объясняется затратой тепла на разрушение внутренней мицеллярной структуры крахмального зерна и разделение более крупных мицеллярных агрегатов на отдельные составляющие их мицеллы или менее крупные группы мицелл.

Следствием этого является повышение осмотического давления внутри крахмального зерна, а вызываемый этим давлением интенсивный приток воды внутрь зерна приводит к разрыву оболочки крахмального зерна и полному ее разрушению.

В 1939 г. были сделаны подсчеты эндотермического эффекта процесса клейстеризации с учетом затрат тепла на плавление кристаллической части зерна крахмала и на его разрушение, а также количества тепла, выделившегося в результате процесса гидратации.

Чисто эндотермический эффект процесса клейстеризации 1 г сухого крахмала по этим подсчетам составляет 154 Дж. Использовать эту цифру для подсчета эндотермического эффекта клейстеризации крахмала в хлебе при выпечке не представляется возможным, так как в тесте не имеется того количества воды (примерно вдвое — втрое большего по сравнению с количеством крахмала), которое необходимо для полной клейстеризации крахмала.

Рентгенографические исследования изменений крахмала хлеба в процессе его выпечки и черствения, проводившиеся Катцем, четко показывают, что крахмал, клейстеризованный в присутствии двойного и более количества воды, дает рентгеноспектр, типичный для аморфных веществ.

Крахмал же хлеба, клейстеризованный при ограниченном количестве воды, дает рентгеноспектр кристаллического состояния, хотя и несколько отличный от рентгеноспектра кристаллического состояния крахмала муки. Это также было подтверждено микроскопическим исследованием хлеба.

Изучение микроструктуры хлеба с использованием методов микрофотографии также подтвердило, что зерна крахмала остаются в хлебе в полуклейстеризованном состоянии, сохраняя частично свою кристаллическую структуру.

В температурном интервале 50–70 °С одновременно протекают процессы термической коагуляции белков и клейстеризации крахмала.

Основная часть воды, впитанной белками теста при их набухании, переходит к клейстеризующемуся крахмалу.

Не менее важно и то, что процессы клейстеризации крахмала и коагуляции белков обуславливают переход теста ВТЗ в состояние мякиша, резко изменяя при этом реологические свойства теста и как бы фиксируя пористую структуру теста, которую оно имело к этому моменту.

Переход теста в мякиш происходит не одновременно по всей массе ВТЗ, а начинается с поверхностных ее слоев и по мере прогревания распространяется по направлению к центру. Если в середине процесса выпечки вынем ВТЗ из печи и разрежем ее, то увидим, что в центральной части сохранилось еще не изменившееся тесто, окруженное слоем уже образовавшегося мякиша. Границей между мякишем и тестом в пшеничной ВТЗ будет изотермическая поверхность, температура которой равна примерно 69 °С.

Изменение реологических свойств теста в температурном интервале 30–80 °С было изучено и при помощи фаринографа. Кривая на рис. 38 характеризует зависимость консистенции теста (выражаемой в условных единицах фаринографа) от его температуры.

Как видно из этого графика, консистенция теста по мере повышения температуры его сначала (в результате физических и ферментативных процессов) резко падает, достигая минимума около 57 °С. Дальнейшее нагревание в интервале 60–70 °С вызывает резкое изменение консистенции теста вследствие клейстеризации крахмала и коагуляции белков, приводящих тесто в состояние мякиша.

Не следует, однако, думать, что прогревание теста до 69 °С уже обеспечивает образование мякиша вполне нормального качества. Если мякиш при выпечке прогреет только до 69 °С, то он будет заминаться при легком надавливании и будет сыроватым на ощупь. Причина этого заключается в том, что клейстеризация крахмала (первая ее стадия) в условиях недостаточности влаги, которая наблюдается в хлебе, продолжается при значительно более высокой температуре (100 °С).

Исходя из этого для получения хлеба с сухим и эластичным мякишем надо, чтобы мякиш хлеба (либо во время выпечки, либо, как будет показано далее, после выемки хлеба из печи) был прогрет до температуры 92–98 °С.

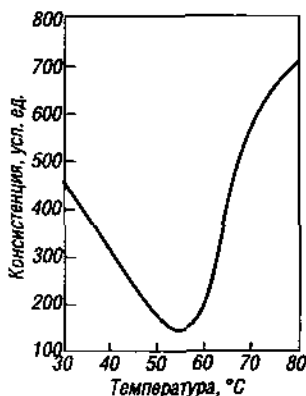


Рис. 38. Изменение консистенции теста, определяемой на фаринографе, в зависимости от температуры

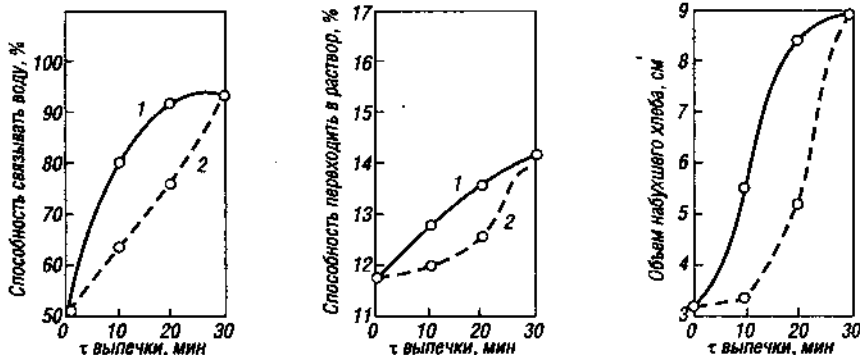


Рис. 39. Изменение показателей гидрофильных свойств ВТЗ в процессе выпечки: 1 — периферическая зона ВТЗ; 2 — центральная зона ВТЗ

А. Г. Кульман в работах, посвященных коллоидной характеристике процесса выпечки, показал, что гидрофильные свойства коллоидов ВТЗ в процессе выпечки резко изменяются по мере прогревания.

На рис. 39 приведены графики, построенные по данным работы Кульмана, свидетельствующие о резком увеличении в процессе выпечки гидрофильности коллоидов ВТЗ. Резко возросла способность мякиша хлеба связывать воду, набухать и в известной части переходить в раствор.

Как и следовало ожидать, кривые изменения этих показателей в процессы выпечки как по конфигурации, так и по соотношению кривых для периферических и центральных слоев мякиша очень близки к температурным кривым прогрева мякиша. Это лишний раз подчеркивает, что именно прогрев ВТЗ является первопричиной всех происходящих в ней при выпечке изменений.

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

ВТЗ, помещенная в печь, сразу же начинает быстро увеличиваться в объеме. Постепенно прирост объема ВТЗ замедляется и вскоре совсем прекращается. Достигнутые к этому моменту объем и форма ВТЗ сохраняются практически неизменными до конца процесса выпечки.

Быстрое увеличение ВТЗ в объеме в первый период выпечки и последующее замедление, а затем и прекращение изменения ее объема вызываются и обуславливаются протекающими в ВТЗ в результате ее прогревания физическими, микробиологическими и коллоидными процессами.

Изменение объема ВТЗ при выпечке очень существенно с технологической точки зрения, поскольку именно оно в значительной мере обуславливает разрыхленность и форму хлеба.

Форсированное увеличение объема ВТЗ в первый период ее нахождения в печи объясняется тем, что в это время в тесте дрожжи и другие виды газообразующей бродильной микрофлоры выделяют еще известное количество CO_2 . Увеличению объема ВТЗ значительно способствует и тепловое расширение пузырьков воздуха и CO_2 , находившихся уже в ВТЗ в момент ее посадки в печь, а также выделение (при нагревании теста) части CO_2 , находившегося в тесте в растворе.

При прогревании отдельных слоев ВТЗ примерно до 79°C начинается интенсивный переход спирта в парообразное состояние с последующим (при дальнейшем прогревании) термическим расширением выделившегося паров спирта, что является фактором, способствующим увеличению объема ВТЗ.

Перечисленные выше процессы увеличивают количество, а следовательно, и давление газообразных продуктов внутри ВТЗ. В результате этого часть газообразных продуктов, проходя сперва через тонкий обезвоженный поверхностный слой-пленку, а затем через все утолщающуюся корку, уходит в атмосферу пекарной камеры.

Кинетика изменения объема ВТЗ в процессе выпечки может быть в качестве примера охарактеризована графиком (рис. 40), из которого видно, что объем ВТЗ сначала возрастает очень форсированно, затем замедленно и, наконец, с момента, обозначенного τ_n , остается неизменным. Процесс выпечки в соответствии с этим делится на два периода: I — период переменного объема и II — период постоянного объема ВТЗ.

Характерно, что деление процесса выпечки на эти два периода увязывается также с кинетикой влагоотдачи в ходе выпечки.

Как установил А. С. Гинзбург, в I периоде скорость влагоотдачи переменна (она увеличивается), а во II периоде она остается постоянной.

Замедление и прекращение в момент τ_n прироста объема ВТЗ вызывается образованием на ее поверхности корки, а под коркой — все утолщающегося слоя мякиша. И корка, и мякиш по реологическим свойствам резко отличны от теста, из которого они образуются.

Корка в процессе выпечки очень быстро после начала ее образования начинает терять способность к растяжению, поэтому она является

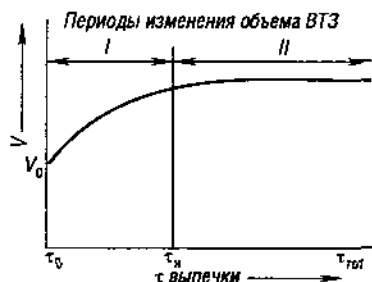


Рис. 40. Изменение объема ВТЗ в процессе выпечки

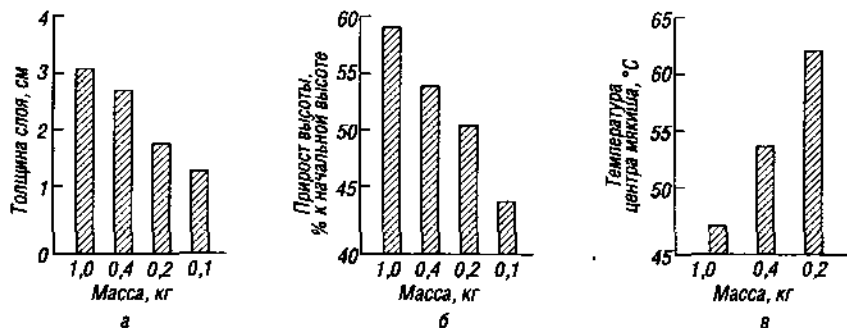


Рис. 41. Влияние массы штуки подового хлеба на показатели:

а — среднюю толщину слоя мякиша, уже образовавшегося при выпечке, в момент прекращения прироста объема хлеба; б — прирост высоты хлеба при выпечке; в — температуру центра мякиша в момент прекращения прироста объема хлеба при выпечке

возрастающим препятствием для дальнейшего увеличения объема ВТЗ.

Слой мякиша, образующийся при прогреве в результате клейстеризации крахмала и коагуляции белковой части теста, также в значительно меньшей мере, чем тесто, способен к изменению объема и структуры. Поэтому очевидно, что и толщина слоя уже образовавшегося мякиша является фактором, сначала замедляющим, а потом (вместе с образованием и утолщением корки) и прекращающим прирост объема ВТЗ.

Слишком быстрое прекращение изменения объема ВТЗ может привести либо к недостаточному объему хлеба, либо к разрывам и трещинам на его поверхности. Затянувшийся период переменного объема ВТЗ, замедленная фиксация ее объема и формы может быть причиной того, что резкое ухудшение в результате прогревания структурно-механических свойств теста (переход в фазу вязкого течения) вызовет расплывание подового хлеба при выпечке.

Изменение объема ВТЗ при выпечке связано с толщиной уже образовавшегося слоя мякиша. Установлено, что масса штуки подового хлеба в значительной мере влияет как на высоту подъема хлеба, так и на толщину слоя уже образовавшегося мякиша и температуру центра мякиша, при которой прекращается прирост объема ВТЗ.

Средние данные основных результатов опытов приведены в виде графиков на рис. 41. Эти графики свидетельствуют о том, что:

- толщина слоя мякиша, при которой прекращается прирост объема ВТЗ, тем больше, чем больше ее масса;
- относительная величина высоты подъема ВТЗ, а следовательно, и прирост объема ВТЗ тем больше, чем больше ее масса;

в) температура в центре хлеба в момент прекращения прироста объема ВТЗ при выпечке также зависит от ее массы. Чем больше масса ВТЗ, тем ниже эта температура.

Масса ВТЗ — не единственный фактор, влияющий на увеличение ее объема при выпечке. Установлено, например, что увлажнение среды пекарной камеры, замедляющее образование корки и уменьшающее ее толщину, приводит к увеличению высоты и объема хлеба.

Подтверждением этого являются приводимые в табл. 23 средние данные по объему формового хлеба и отношению высоты подового хлеба к его диаметру ($H : D$) при выпечке в условиях увлажняемой и неувлажняемой пекарной камеры. Масса штуки хлеба 400 г.

Таблица 23

Условия выпечки	Формовый пшеничный хлеб		Подовый пшеничный хлеб	
	Объем хлеба, см ³	Толщина верхней корки, мм	Отношение $H : D$	Толщина верхней корки, мм
Без увлажнения	1013	3,2	0,27	1,3
С увлажнением	1106	2,5	0,40	0,5

Не могут не влиять на изменение объема хлеба при выпечке и такие факторы, как температура среды пекарной камеры, газообразующая способность ВТЗ к моменту посадки в печь, сила муки, обуславливающая структурно-механические свойства теста, соотношение в тесте муки и воды и пр.

А. С. Гилзбург, анализируя подъем отдельных слоев ВТЗ в процессе выпечки, экспериментально установил, что в связи с различным гидростатическим давлением подъем отдельных слоев тем больше, чем выше расположен слой теста в куске. Поэтому пористость мякиша хлеба в верхнем его слое обычно заметно выше пористости мякиша в слое, смежном с нижней коркой.

УПЕК

Упеком называют разность между массой тестовой заготовки перед ее посадкой в печь и массой хлеба из нее в момент выхода из печи. Упек принято выражать в процентах к массе ВТЗ в момент посадки в печь. Упек обусловлен испарением из ВТЗ части воды и незначительных количеств спирта, углекислого газа, летучих кислот и других летучих веществ.

В. В. Щербатенко и Н. И. Гогоберидзе (ВНИИХП) установили, что при выпечке ржаного хлеба в состав веществ, обуславливающих упек, входило: воды 94,88%, спирта 1,46, CO_2 3,27, летучих кислот 0,31 и альдегидов 0,08%.

Упек при выпечке хлебобулочных изделий может колебаться в пределах 6–14% в зависимости от вида, формы и массы изделия и режима выпечки.

Упек является результатом обезвоживания поверхностного слоя ВТЗ, превращающегося при выпечке в корку. Однако не вся влага этого слоя испаряется в газовую среду пекарной камеры. Часть влаги перемещается в мякиш ВТЗ благодаря термовлагопроводности. В I периоде выпечки (см. выше) образование корки происходит в определенной мере вследствие термовлагопроводности и упек в связи с этим незначителен. При осуществлении начальной фазы выпечки в паровоздушной среде с высокой относительной влажностью в первые минуты выпечки наблюдается не потеря массы ВТЗ, а даже некоторое увеличение ее благодаря конденсации пара. В I периоде выпечки скорость влагоотдачи (в основном определяющая размер упека) постепенно нарастает. Во II периоде выпечки скорость влагоотдачи остается постоянной и равной максимуму скорости, достигнутому в конце I периода выпечки. Поэтому основная часть потери на упек приходится на II период выпечки, когда образование корки в основном происходит в результате испарения влаги в среду пекарной камеры.

Вследствие этого для снижения затраты на упек процесс выпечки целесообразно завершать при пониженной температуре среды пекарной камеры.

Упек — одна из основных технологических затрат при производстве хлеба. Поэтому естественно стремление свести его к минимуму. Однако при этом не следует забывать, что без упека невозможно образование корки хлеба.

Для каждого сорта хлеба существует оптимальная с точки зрения его качества толщина корок. Следовательно, нужно стремиться и упек сводить к численному его значению, оптимальному для данного сорта хлеба.

Упек зависит от ряда факторов. Чем больше масса ВТЗ, тем меньше упек. При равной массе ВТЗ упек тем выше, чем больше удельная поверхность хлеба (поверхность, отнесенная к массе или объему). Однако не вся поверхность хлеба равнозначна с точки зрения влияния на упек. Наибольшее значение имеет открытая, или активная, поверхность хлеба. Активной с точки зрения влагоотдачи является вся поверхность подового хлеба, за вычетом нижней поверхности, соприкасающейся с подом. У формового хлеба активной является поверхность, не соприкасающаяся с боковыми стенками и дном формы.

Корка открытой поверхности хлеба образуется в основном (примерно на 80–85%) в результате влагоотдачи в газовую среду пекарной камеры и только на 20–15% — вследствие термовлагопроводности, вызывающей перемещение влаги в мякиш хлеба.

Боковые и нижняя корки формового хлеба и нижняя корка подового хлеба, наоборот, образуются в значительной мере благодаря термовлагопроводности (перемещение влаги в мякиш хлеба). Поэтому при выпечке формового хлеба упек всегда ниже, чем при выпечке подового хлеба той же массы. В связи с этим конфигурация хлебных форм также может существенно влиять на упек.

Большое влияние на упек оказывает температура среды пекарной камеры во II ее периоде. Чем выше тепловые напряжения на поверхности ВТЗ в это время, тем больше упек. Во II периоде выпечки температура пекарной камеры, если она значительно выше температуры поверхности корки, лишь незначительно ускоряет прогрев мякиша. Поэтому выпечку следует завершать при температуре пекарной камеры, лишь немного превышающей температуру поверхности корки ВТЗ.

Повышение относительной влажности паровоздушной среды пекарной камеры также снижает упек.

Следует отметить, что чем больше удельный объем хлеба, тем больше при прочих равных условиях упек.

НАДРЕЗАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ПЕРЕД ВЫПЕЧКОЙ

На тестовые заготовки для городских и других булок, городских, парезных и других батонов и целого ряда других хлебобулочных изделий из пшеничного теста после окончания расстойки перед выпечкой наносят продольные, косые или поперечные надрезы. Количество и характер надрезов определяются видом изделия. Глубина надрезов зависит также от свойств теста, в первую очередь от степени его расстойки. Надрез должен производиться быстрым движением острого, слегка смоченного водой ножа или с помощью надрезающих механизмов.

Назначение надрезов — не только украсить поверхность изделия, но и предохранить ВТЗ от возникновения при выпечке трещин — разрывов корки. Поверхность надрезанного куска теста разрывается только по местам надрезов. Поверхность же ненадрезанного изделия может быть обезображена трещинами в любом месте корки.

Верхнюю поверхность некоторых видов изделий, преимущественно из ржаного теста, перед выпечкой вместо надрезов накальвают.

РОЛЬ УВЛАЖНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Чем выше содержание паров воды в газовой среде, в условиях которой происходит выпечка, тем интенсивнее и длительнее будет конденсация пара на поверхности ВТЗ в начальной фазе выпечки.

При конденсации пара на поверхности ВТЗ происходит интенсивная клейстеризация крахмала и растворение декстринов. Жидкий крахмальный клейстер, содержащий и растворенные декстрины, как бы «заливает» тонким слоем всю поверхность изделия, выравнивая поры и неровности, имеющиеся на ней. После прекращения конденсации слой жидкого клейстера очень быстро обезвоживается, образуя на поверхности корки хлеба пленку, которая после интенсивного теплового воздействия придает корке глянецвитость, ценную потребителем.

При недостаточном увлажнении газовой среды пекарной камеры в начале выпечки поверхность корки получается матовая и мучнистая.

Конденсация влаги на поверхности ВТЗ в начале выпечки способствует лучшему сохранению растяжимости и эластичности обезвоживаемой поверхностной пленки и замедляет образование нерастяжимой корки. Это влечет за собой увеличение длительности I периода выпечки, в пределах которого может происходить увеличение объема ВТЗ. Поэтому достаточное увлажнение в начальной фазе выпечки способствует увеличению объема хлеба и предотвращает возникновение на его поверхности разрывов и трещин. В этих условиях даже недостаточно расстоявшиеся тестовые заготовки могут дать хлеб нормальной формы и объема.

Влияние увлажнения газовой среды на прогрев и влагообмен ВТЗ в процессе выпечки было уже отмечено выше.

Увлажнение поверхности ВТЗ в начальной фазе ее выпечки может осуществляться несколькими способами:

1) повышением влагосодержания газовой среды в начальной фазе выпечки (подводом пара или испарением воды в испарителе, находящемся в пекарной камере);

2) опрыскиванием поверхности ВТЗ в момент поступления в пекарную камеру водой, распыляемой форсунками;

3) смазыванием или смачиванием поверхности ВТЗ перед выпечкой (водой или яичной болтушкой).

Смачивание поверхности ВТЗ водой практикуется при выпечке некоторых видов ржаного или ржано-пшеничного хлеба (рижского, минского и др.). Смазывание яичной болтушкой применяется при выпечке ряда сдобных хлебобулочных изделий (любительских и др.).

В этом случае начальная фаза выпечки должна протекать в неувлажненной атмосфере пекарной камеры.

При выпечке основных видов хлебобулочных изделий обычно применяется увлажнение (в начальной фазе выпечки) газовой среды пекарной камеры паром, имеющим давление 0,13–0,17 МПа. Расход пара на выпечку 1 т хлеба в зависимости от конструкции печи и увлажнительного устройства колеблется в пределах от 30 до 200 кг.

Экспериментами Н. В. Беликова и А. С. Гинзбурга установлено, что для получения глянца на корке необходимо обеспечить конденсацию на 1 см² поверхности изделия 0,012 г пара, что соответствует расходу пара в количестве около 30 кг на 1 т выпекаемых изделий. Практически же в ряде печей удельный расход пара значительно выше.

Распыление воды форсунками для увлажнения поверхности ВТЗ в начальной фазе выпечки хотя и практиковалось в печах отдельных конструкций, оказалось, однако, способом менее надежным и не обеспечивающим достаточно высокого качества изделий.

Этот способ увлажнения успешно применяется в ряде случаев для увлажнения поверхности ВТЗ незадолго до окончания выпечки или непосредственно перед выходом хлеба из печи. Глянцевитость корки в результате этого повышается.

ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ВЫПЕЧКИ

Оптимальный режим выпечки может быть установлен лишь с учетом типа и конструкции хлебопекарной печи и вида, сорта и массы выпекаемого изделия.

Однако результаты исследования процессов, происходящих при выпечке, позволяют сформулировать некоторые общие положения, характеризующие оптимальный режим радиационно-конвективного процесса выпечки хлеба и хлебных изделий в хлебопекарных печах обычного типа.

В процессе выпечки можно различать два периода: I период выпечки, происходящий при переменном (увеличивающемся) объеме ВТЗ, и II период, при котором объем ее остается неизменным.

I период выпечки пшеничного хлеба в начальной его фазе должен протекать при высокой относительной влажности (70–80%) и относительно низкой температуре (100–120 °С) паровоздушной среды пекарной камеры. Низкая температура паровоздушной среды по сравнению с более высокой повышает ее относительную влажность при том же содержании пара и интенсифицирует процесс конденсации пара на поверхности ВТЗ.

Назначением этой фазы, длящейся 1–3 мин, является максимальная конденсация паров воды на поверхности тестовых заготовок, поступающих в зону увлажне-

вия пекарной камеры. Хорошие результаты дает вынесение этой фазы выпечки в отдельную, расположенную перед основной печью, предварительную камеру. Остальная часть I периода выпечки, до достижения в центре ВТЗ температуры 50–60 °С, должна протекать в условиях относительно наибольшей передачи теплоты ВТЗ при относительно наиболее высокой (240–280 °С) температуре в пекарной камере. Этим обуславливается интенсивное образование корочки на поверхности ВТЗ при достаточно большом температурном градиенте, что вызывает перемещение влаги внутрь изделия вследствие термовлагопроводности и соответственно уменьшает улек в этом периоде. Своевременное образование в этом периоде выпечки корочки важно с точки зрения накопления в ней веществ, обуславливающих аромат и вкус хлеба, а также с точки зрения сохранения хорошей формы выпекаемого изделия (предотвращается чрезмерная расплываемость подовых изделий).

Во II периоде выпечки, когда объем и форма ВТЗ уже стабилизировались, интенсивность подвода к нему теплоты и температура в пекарной камере должны быть значительно снижены. Температурный градиент в ВТЗ уже значительно меньший, в связи с чем и роль термовлагопроводности намного меньшая; к концу процесса выпечки термовлагопроводность практически сходит на нет.

Повышение в этом периоде температуры среды пекарной камеры и увеличение подвода теплоты ВТЗ очень нежелательно ускоряло бы процесс прогрева центральных слоев ее мякиша. Скорость прогрева мякиша при этом обусловлена в основном температурой в зоне испарения (100 °С), практически не зависящей от температуры в пекарной камере. Слишком интенсивный подвод теплоты во II периоде выпечки приводил бы только к ускорению углубления зоны испарения, соответствующему утолщению корки и неоправданному увеличению затраты на упек. Может при этом происходить и перегрев поверхностных слоев корки, приводящий ее к чрезмерному окрашиванию и образованию в ней горьковатых на вкус соединений.

В I периоде целесообразно подводить к ВТЗ до 2/3, а во втором – лишь около 1/3 теплоты, затрачиваемой на процесс выпечки.

Некоторые виды хлебобулочных изделий предъявляют свои специфические требования к режиму процесса выпечки. Так, при выпечке городских булок особое внимание должно быть уделено начальной фазе I периода выпечки.

Как показали исследования А. С. Гинзбурга и Н. В. Беликова, относительная влажность паровоздушной среды при этом должна быть не ниже 70%, а под печи достаточно нагрет. В зоне увлажнения тестовые заготовки должны находиться около 3 мин.

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВЫПЕЧКИ

Длительность выпечки хлебобулочных изделий зависит от следующих факторов: 1) массы и формы изделия; 2) метода теплоподвода и теплового режима выпечки; 3) способа выпечки – в формах или на поду; 4) плотности посадки на поду и 5) свойств теста, из которого выпекается изделие.

Чем больше масса ВТЗ, тем длительнее выпечка и тем ниже должна быть температура выпечки.

При одинаковой массе ВТЗ их форма также может влиять на длительность выпечки. Чем меньше размеры ВТЗ, определяющие скорость ее прогрева, и чем

больше ее удельная поверхность, тем скорее идет выпечка. Поэтому батон выпекается быстрее, чем круглый хлеб той же массы, а тонкая лепешка такой же массы — еще быстрее.

Чем выше температура паровоздушной среды пекарной камеры, тем скорее происходит выпечка. Интенсивное увлажнение в начальной фазе также ускоряет процесс прогрева и, следовательно, сокращает длительность выпечки.

Подовый хлеб, как правило, выпекается быстрее формового хлеба той же массы. При выпечке формового хлеба большое значение имеет также конфигурация хлебных форм, обуславливающая не только длительность выпечки, но и размер упека.

Чем плотнее посадка кусков теста (или форм с тестом) на поду, тем медленнее при прочих равных условиях идет выпечка.

Длительность выпечки может колебаться в пределах от 8-12 мин для мелкоштучных изделий до 80 мин и более для крупного хлеба с массой штуки 2,5 кг и более.

Длительность выпечки хлебных изделий является фактором, обуславливающим в значительной мере производительность хлебопекарных печей.

От длительности выпечки зависит и упек, существенно влияющий на выход готовых изделий.

Исходя из этого, понятно стремление многих работников хлебопекарной промышленности свести длительность выпечки к наименьшей, при которой тестовые заготовки уже превратились в «выпеченное» изделие, покрытое корочкой и имеющее мякиш с минимально удовлетворительными структурно-механическими свойствами. Это привело к тому, что длительность выпечки ряда видов хлебобулочных изделий существенно сократилась. Нельзя, однако, забывать о влиянии длительности выпечки на показатели качества и пищевой ценности и хлебных изделий.

При рассмотрении биохимических изменений, происходящих в ВТЗ при выпечке, отмечалось, что повышение длительности выпечки хлеба из ржаной обойной муки существенно улучшает его качество. Проведенные во ВНИИХПе исследования влияния режима выпечки батонов из пшеничной муки на их качество показали, что и у этого вида изделий длительность выпечки существенно влияет на ряд показателей их качества. Было установлено, что удлинение выпечки улучшает реологические свойства мякиша и увеличивает содержание ароматообразующих веществ.

Установлено также, что удлинение процесса выпечки пшеничного хлеба резко повышает содержание ароматообразующих веществ в корке хлеба. В результате диффузии из корки увеличивается их содержание и в подкорковых слоях мякиша хлеба.

Увеличение толщины, а следовательно, и доля корки в хлебе повышает содержание в нем не только вкусо- и ароматообразующих веществ,

но и сухих питательных веществ. Однако, как уже отмечалось, чрезмерное удлинение выпечки нерационально.

Исходя из этого, рекомендуются оптимальные режимы выпечки хлебных изделий, предусматривающие и оптимальную длительность выпечки. Следует также отметить, что более длительная выпечка хлеба, как показывают практика и опыты с пшеничным хлебом, замедляет черствение хлеба.

В нашей стране продолжительность выпечки хлебобулочных изделий регламентируется технологическими инструкциями по их выработке.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОТОВНОСТИ ХЛЕБА

От правильности определения момента готовности хлеба (его пропеченности, недопеченности или перепеченности) зависит качество хлеба: толщина и окраска корки и свойства мякиша — его эластичность, сухость на ощупь.

Не менее важно и то, что каждая лишняя минута нахождения хлеба в печи увеличивает упек, а следовательно, уменьшается выход хлеба и увеличивается расход топлива.

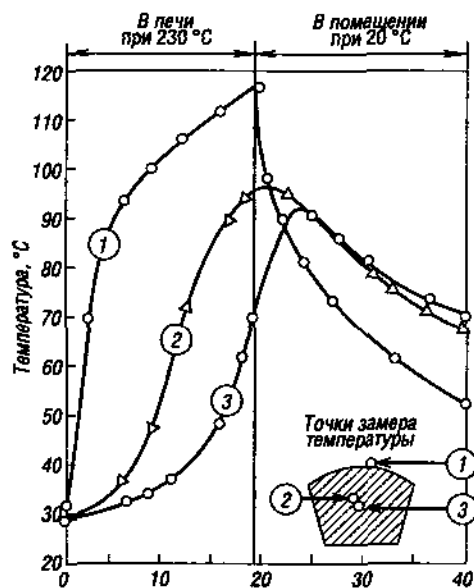


Рис. 42. Температурное поле ВТЗ при выпечке и хлеба после выхода из печи

Момент готовности хлеба, однако, установить нелегко. Практически на хлебопекарных предприятиях этот вопрос решают на основании органолептически определяемых признаков.

Наиболее надежным и часто применяемым на практике способом органолептической проверки готовности хлеба является испытание упругости мякиша путем легкого и быстрого надавливания пальцем. Но для этого приходится разламывать хлеб, а кроме того, бесспорное суждение о го-

товности хлеба возможно только после определения упругости мякиша охлажденного хлеба.

Было установлено, что отдельные показатели гидрофильных свойств мякиша характеризуют готовность хлеба при выпечке.

В качестве показателя готовности хлеба было предложено определение пенообразующей способности его мякиша. Это определение не смогло, однако, найти применения в производственных условиях.

Для определения готовности хлеба предлагались методы и приборы для измерения сжимаемости и относительной упругости мякиша хлеба. Численные значения показателей этих свойств мякиша хлеба зависят, однако, не только от длительности выпечки, но и от ряда других факторов. Поэтому и показатели реологических свойств мякиша хлеба не могут быть объективным показателем готовности хлеба при выпечке.

Наиболее правильным был путь исследователей, избравших в качестве показателя готовности хлеба в процессе выпечки температуру мякиша хлеба. Вспомним, что и превращение теста в мякиш, и структурно-механические свойства мякиша являются следствием его прогрева.

Для этого были проведены исследования по выявлению минимальной, свидетельствующей о готовности хлеба, температуры мякиша в центре пшеничного хлеба в момент выхода хлеба из пекарной камеры.

Опыты проводились с пшеничным подовым и формовым хлебом (масса 400 г). Готовность хлеба определялась органолептически по его качеству, причем главным показателем готовности была пропеченность (эластичность и сухость мякиша на ощупь).

Было установлено, что в условиях проводившихся опытов (выпечка в лабораторной печи при 230 °С) для получения готового пропеченного хлеба достаточно было довести в момент выемки хлеба из печи температуру мякиша в центре формового хлеба до 70–75 °С и подового (круглого) хлеба до 85 °С.

После того как этот хлеб вынимали из печи, температура мякиша в центре хлеба достигла 92–94 °С, что и обеспечило нормальное состояние мякиша остывшего хлеба. Как показали опыты (рис. 42), рост температуры центра мякиша хлеба после выемки его из печи обуславливается перераспределением теплоты в мякише хлеба. Теплота из более прогретых периферийных слоев мякиша переходит к менее нагретым центральным слоям, увеличивая их температуру с 70 до 90 °С.

Эта работа, проведенная в лабораторных условиях с хлебцами массой 400 г, подтвердила правильность использования показателя температуры центра мякиша хлеба в качестве критерия, определяющего момент целесообразного окончания его выпечки.

В результате массовых наблюдений в производственных условиях за этим процессом пришли к выводу, что единственным практически осуществимым и приемлемым методом оперативного производственного контроля готовности хлеба в процессе выпечки является определение температуры центральной части мякиша хлеба. Для основных видов хлеба эта температура лежит в пределах 93–97 °С, изменяясь в этих пределах в зависимости от сорта и массы хлеба, теплового режима выпечки и теплотехнических особенностей печи.

В связи с этим при производственном контроле готовности хлеба по температуре его мякиша для каждого сорта хлеба, выпекаемого в определенной печи, предварительно должна быть экспериментально установлена конечная температура центра мякиша хлеба, характеризующая его готовность.

Для проведения замеров температуры мякиша был создан специальный переносный игольчатый термоизмеритель марки ТХ.

ОБЖАРКА ХЛЕБА

При выпечке некоторых подовых сортов ржаного хлеба (рижского, мишского, украинского и др.) должна применяться предварительная «обжарка» ВТЗ. Обжарка производится в пекарной камере при температуре 320–350 °С обычно в течение 4–5 мин. За это время на ВТЗ образуется тонкая пленка-корочка. После этого обжаренные тестовые заготовки вынимают, иногда смачивают их поверхность водой и после известной выдержки (отлежки) пересаживают для допекания в пекарную камеру с температурой около 230 °С.

Хлеб, выпеченный с обжаркой, имеет более толстую, но не горелую корку и приятный специфический вкус и аромат.

Л. А. Буровым и др. было проведено теплофизическое и технологическое исследование процесса обжарки ВТЗ рижского хлеба. Установлено, что обжарку ВТЗ 800-граммовых батончиков рижского хлеба следует производить в течение 5 мин при температуре среды пекарной камеры 320 °С и температуре пода примерно 340 °С.

Применение обжарки улучшает не только вкус и аромат изделий, но и их форму (предотвращает распыливание) и одновременно позволяет сократить длительность выпечки, которая должна происходить при температуре среды пекарной камеры, снижающейся по ходу процесса выпечки с 230–240 до 180–200 °С.

Обжарка ВТЗ может быть заменена выпечкой их при обычной температуре, но при значительном расстоянии между отдельными ВТЗ. Однако это сильно снижало бы производительность печи. Поэтому целесообразно для изделий, выпекаемых с обжаркой, создание ленточных печей сквозного типа со специальными обжарочными камерами.

Исследованиями В. Э. Смолицкого (1980) установлено, что для рижского хлеба вместо обжарки расстоявшихся тестовых заготовок, может эффективно применяться и стадия их предварительного пароувлажнения. Эта стадия проводилась в течение 2 мин при температуре паровоздушной среды 120 °С и относительной влажности 70%.

ДРУГИЕ СПОСОБЫ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА

Помимо радиационно-конвективной выпечки хлеба в обычных хлебопекарных печах, могут применяться и другие способы выпечки.

С точки зрения механизма подвода или генерации теплоты, вызывающей прогрев ВТЗ, все известные способы выпечки можно классифицировать следующим образом.

I. Способы, при которых теплота к ВТЗ подводится извне:

- 1) радиационно-конвективная выпечка в обычных хлебопекарных печах;
- 2) выпечка в хлебопекарных печах с генераторами инфракрасного (ИК) коротковолнового излучения;
- 3) выпечка в замкнутых камерах в атмосфере пара:
 - а) в атмосфере насыщенного пара;
 - б) начало выпечки — в атмосфере насыщенного пара, завершение выпечки — в атмосфере перегретого пара.

II. Способы, при которых теплота выделяется в массе ВТЗ:

- 1) выпечка с применением электроконтактного (ЭК) прогрева;
- 2) выпечка в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты.

III. Способы выпечки с комбинированным прогревом ВТЗ:

- 1) выпечка в хлебопекарных печах с одновременным высокочастотным и инфракрасным прогревом ВТЗ;
- 2) выпечка в печах с прогревом сначала в электромагнитном поле токов высокой частоты и завершением выпечки при инфракрасном прогреве;
- 3) выпечка с одновременным электроконтактным и инфракрасным прогревом;
- 4) выпечка с последовательным прогревом — сначала электроконтактным и затем инфракрасным.

Практически вся масса хлебобулочных изделий, производимых хлебопекарной промышленностью, выпекается по способу I.1. — в обычных хлебопекарных печах. Все остальные способы применяются для выпечки хлебобулочных изделий почти в единичных экземплярах соответствующих печей.

Поэтому ниже будут лишь очень кратко и в самом общем виде отмечены некоторые практически важные отличия отдельных из этих способов выпечки¹.

¹ Детальное изложение физических основ ИК-облучения пищевых продуктов см. в специальной литературе [8].

ВЫПЕЧКА В ПЕЧАХ С ГЕНЕРАТОРАМИ ИНФРАКРАСНОГО (КОРОТКОВОЛНОВОГО) ИЗЛУЧЕНИЯ

Мы уже отмечали, что в обычных хлебопекарных печах термоизлучение теплоотдающих поверхностей, имеющих температуру 300–400 °С, по максимуму длины волны электромагнитных колебаний (5,4–4,3 мкм) лежит в области инфракрасного излучения, охватывающей колебания с длиной волны от 0,77 до 340 мкм. Поэтому, строго говоря, выпечку в обычных хлебопекарных печах также следует отнести к способу выпечки, при котором в прогреве ВТЗ основную роль играет инфракрасное излучение.

Когда речь идет о выпечке в печах с генераторами инфракрасного излучения, подразумевают обычно применение генераторов относительно коротковолнового инфракрасного излучения (с максимумом длины волны излучения 1–3 мкм).

Для этого вида инфракрасного (далее сокращенно — ИК) излучения характерна способность проникновения в поверхностный слой ВТЗ тем большая, чем меньше максимум длины волны ИК-излучения. Поэтому теплота ИК-излучения воспринимается не только поверхностью ВТЗ, но и поверхностным слоем толщиной в несколько миллиметров. Это обуславливает значительно более быстрый прогрев ВТЗ при ИК-выпечке и в связи с этим резкое сокращение длительности процесса выпечки. С этой точки зрения ИК-выпечка особенно эффективна для мелкоштучных и тонкослойных изделий.

Это подтверждено опытом эксплуатации первых промышленных печей с коротковолновыми кварцевыми ИК-излучателями, выпущенных Шебекинским машиностроительным заводом под маркой ПИК-8.

ВЫПЕЧКА В АТМОСФЕРЕ ПАРА

В Германии и некоторых других странах отдельные специальные виды хлеба (хлеб из грубой шротовой муки, после выпечки заворачиваемый в специальную обертку и затем термически стерилизуемый для длительного хранения; хлеб из ржаной шротовой муки, после выпечки нарезаемый на тонкие ломти, заворачиваемые затем в обертку) не требуют наличия на их поверхности корки и в то же время должны иметь значительно большую, чем обычно, длительность выпечки.

Для выпечки такого хлеба, производимой обычно в формах, применяют специальные камеры с герметично закрывающимися дверцами. В эти камеры закатывают вагонетку с формами, заполненными расстояющимися тестовыми заготовками, и после закрытия дверей выпускают в камеру насыщенный пар под небольшим избыточным давлением.

Таким образом, температура паровоздушной среды в такой «пекарной» камере около 100 °С. Это имеет следствием значительно более медленный прогрев ВТЗ, соответственно удлиненное время «выпечки» и получение хлеба, не имеющего привычной нам корки. Такой хлеб с поверхности покрыт пленкой, практически не отличающейся по окраске от мякиша хлеба. Длительность такой «выпечки» исчисляется часами и в зависимости от массы штуки хлеба, его вида и назначения может достигать 12–20 и более часов.

Выпечка в атмосфере пара может, как уже было отмечено, дать только «бескорковый» хлеб, представляющий собой тесто, превращенное прогревом в состояние мякиша.

ВЫПЕЧКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПРОГРЕВА ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Во ВНИИХПе еще в 1936 г. Ф. Г. Шумаевым был разработан способ выпечки хлеба с применением электроконтактного прогрева (далее сокращенно — ЭК-выпечка). Детально процесс ЭК-выпечки был исследован в МТИППе Я. Г. Островским.

При этом способе тестовая заготовка помещается для расстойки и последующей выпечки в специальные формы. Форма изготавливается из неэлектропроводного, достаточно термостойкого (до 100 °С) материала. На внутренней поверхности двух противоположных стенок формы расположены пластины из нержавеющей стали, являющиеся электродами, включаемыми на время выпечки в цепь переменного электрического тока промышленной частоты. При этом электрический ток проходит через тесто, обладающее определенным электрическим сопротивлением, и выделяет при этом тепло, вызывающее быстрый и практически равномерный прогрев всей массы находящегося в форме теста. Поэтому хлеб ЭК-выпечки состоит из мякиша, не имеющего на поверхности обезвоженной и более темноокрашенной корки. Поверхность такого хлеба покрыта тонкой пленкой, не отличающейся по окраске от массы его мякиша.

Большая или меньшая электропроводность теста при ЭК-прогреве зависит от содержания в нем ионов солей и кислот.

Процесс ЭК-выпечки завершается при достижении в массе ВТЗ температуры около 98 °С и протекает во много раз быстрее, чем при обычной радиационно-конвективной выпечке.

Характерными особенностями ЭК-выпечки являются:

1. Практически равномерная температура во всей массе ВТЗ.

В приэлектродном поверхностном слое температура на несколько градусов выше, а на остальных участках поверхности ВТЗ — на несколько градусов ниже вследствие отдачи тепла воздуху, окружающему форму и хлеб. В результате этого в ВТЗ нет и практически значимого температурного градиента, а следовательно, отсутствует перемещение влаги в выпекаемом изделии, вызываемое этим градиентом, т. е. в процессе ЭК-выпечки термовлагопроводность не играет значимой роли.

2. В связи с отмеченным выше отсутствием на поверхности ВТЗ корки (обезвоженного и окрашенного слоя) отсутствует и зона испарения, расположенная при обычной выпечке под коркой.

При прогреве массы ВТЗ примерно до 80 °С испарение влаги может происходить с открытой его поверхности и в некоторой степени в приэлектродном слое, поэтому в этом периоде влагоотдача выпечаемого изделия относительно невелика.

Увеличение объема ВТЗ за это время происходит главным образом в результате термического расширения газообразной фазы теста и, возможно, вследствие перехода в газообразное состояние части диоксида углерода, находящегося в жидкой фазе в растворенном состоянии.

Когда масса ВТЗ нагревается выше 80 °С (в конце выпечки до 97–98 °С), процесс испарения в ее массе интенсифицируется как благодаря переходу спирта в паробразное состояние, так, вероятно, и в результате испарения части влаги с поверхностей межпоровых стенок мякиша. Поэтому в этот завершающий период интенсифицируется влагоотдача с поверхности ВТЗ и продолжается прирост ее объема.

3. В связи с отсутствием на ВТЗ корки увеличение ее объема происходит практически до конца процесса ЭК-выпечки. Поэтому объем хлеба при ЭК-выпечке на 5–10% больше объема хлеба из того же теста, полученного путем обычной выпечки. В связи с этим лучше и разрыхленность мякиша. Характерна и значительно большая равномерность пористости мякиша по высоте хлеба.

По этой причине общая влагоотдача (упек) ВТЗ при ЭК-выпечке значительно ниже, чем при обычной выпечке.

Исследованиями, проведенными в МТИППе, было установлено, что бескорковый хлеб ЭК-выпечки имеет ряд преимуществ по сравнению с хлебом обычной выпечки в качестве полуфабриката для выработки ржаных сухарей.

ВЫПЕЧКА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (ВЧ) И СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (СВЧ)

Уже давно установлено, что тела, обладающие свойствами диэлектриков (к таким телам относится и тесто), будучи помещены в электромагнитное поле токов высокой частоты (10–30 МГц), нагреваются. Теплота при этом выделяется во всем объеме ВТЗ в результате превращения подводимой энергии в теплоту.

В связи с этим выпечка в электромагнитном поле токов высокой частоты может превратить ВТЗ только в бескорковый хлеб, состоящий из одного мякиша.

Прогрев ВТЗ при ВЧ-выпечке происходит на 25–40% быстрее, чем при обычной радиационно-конвективной выпечке. Объем ВТЗ вследствие отсутствия на ней корки увеличивается в течение всего периода выпечки и поэтому на 10–15% больше обычного. Однако возможность получения при этом процессе только бескоркового хлеба делает нецеле-

сообразным его практическое осуществление без совмещения или до-
полнения ИК-прогревом, обеспечивающим образование корки на по-
верхности выпекаемого изделия.

В последние годы для особо быстрого прогрева пищевых продук-
тов и для выпечки тестовых заготовок начал применяться СВЧ-прогрев
в поле электромагнитных колебаний частотой 2300–2500 МГц. Этот
метод может применяться и для быстрого (за 30 с) размораживания
глубокозамороженного хлеба.

При выпечке в поле СВЧ тестовая заготовка, так же как при
ВЧ-выпечке, превращается в практически бескорковый хлеб, состоя-
щий из мякиша, покрытого на поверхности тонкой неокрашенной плен-
кой.

Этот хлеб имеет удельный объем, на одну треть больший, а упек
в 2–2,5 раза меньший, чем у хлеба той же массы и формы при радиаци-
онно-конвективной выпечке.

Для ускоренной выпечки хлеба с нормальной коркой наиболее эф-
фективен путь комбинированного СВЧ- и ИК-прогрева ВТЗ.

ВЫПЕЧКА С КОМБИНИРОВАННЫМИ СПОСОБАМИ ПРОГРЕВА ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Как указано выше, ЭК-, ВЧ- и СВЧ-выпечка позволяют получать
только бескорковый продукт, представляющий собой мякиш с тонкой
пленкой, имеющей ту же окраску, что и мякиш. Поэтому для получения
обычного хлеба, имеющего нормальную корку, и ЭК-, ВЧ- и СВЧ-вы-
печки целесообразно комбинировать со способами прогрева ВТЗ, обес-
печивающими образование корки.

Глава IX

Хранение хлеба

Хлеб, выпутый из печи, остывает и теряет в массе от усыхания. При
хранении хлеба изменяется и его качество.

ОСТЫВАНИЕ И УСЫХАНИЕ ХЛЕБА

Температура корки хлеба в момент выхода из печи достигает на по-
верхности 180 °С, на границе с мякишем — около 100 °С, а в среднем —
примерно 130 °С. Влажность корки в этот момент близка к нулю. Тем-

пература мякиша близка к 100°C , а влажность его на 1–2% превышает исходную влажность теста.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСТЫВАНИИ И УСУХАНИИ ХЛЕБА

Попадая в хлебохранилище, в котором температура обычно равна $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$, хлеб начинает быстро остывать, теряя в массе от усыхания. Остывание начинается с поверхностных слоев хлеба, постепенно перемещаясь к центру мякиша хлеба.

На рис. 43 показано послонное изменение температуры в вынутом из печи пшеничном батоне из муки I сорта, хранившемся отдельно от других батонов на столе в помещении с температурой воздуха $24\text{--}26^{\circ}\text{C}$. График, приведенный на рис. 43, показывает, что быстрее всего охлаждается корка батона.

Только за время перемещения батона из пекарной камеры на стол температура корки снизилась уже до 110°C . Температура подкорочного слоя была $\sim 96^{\circ}\text{C}$, в центре мякиша $\sim 98^{\circ}\text{C}$.

После остывания в течение 1 ч одиночного батона температура в центре его мякиша была выше, чем у подкорочного слоя мякиша, на $\sim 13^{\circ}\text{C}$ и на $\sim 16^{\circ}\text{C}$ выше, чем у корки. Этот градиент температуры постепенно уменьшается за последующие 2 ч хранения батона.

Таким образом, в начальном периоде хранения батона имел место градиент температуры, способствующий перемещению влаги по направлению от центра мякиша к корке.

Отметим, что температура мякиша остывающего батона по истечении 3 ч его остывания стала несколько ниже температуры окружающего пространства. Причина этого на первый взгляд парадоксального явления установлена еще в 1929 г. Она заключается в том, что процесс испарения влаги из хлеба продолжается, хотя и замедленно, даже после охлаждения хлеба до температуры помещения. Тепло, расходуемое на испарение, берется из части мякиша, прилегающего к корке, а не из воздуха, отделенно-

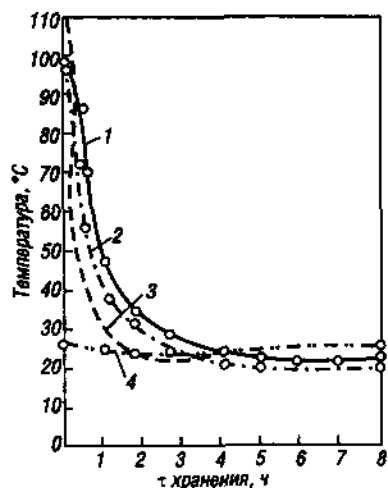


Рис. 43. Изменение температуры в отдельных слоях хлеба при остывании после выхода из печи:

1 — в центре мякиша; 2 — в след мякиша, прилегающем к корке; 3 — корки; 4 — помещения

го от мякиша, коркой, имеющей значительно меньшую теплопроводность, чем мякиш.

Сразу же после выхода из печи начинается его усыхание (усушка) вследствие испарения части влаги и очень небольшой доли легколетучих компонентов хлеба. Наряду с этим происходит и перераспределение влаги в хлебе. Корка в момент выхода хлеба из печи практически почти безводна, но она быстро остывает, и влага из мякиша в результате разности концентрации и температуры во внутренних и внешних слоях хлеба устремляется в корку, повышая ее влажность.

Остывание корки и увлажнение ее до 12–14% происходит в зависимости от температуры в хлебохранилище, массы штуки хлеба и условий его складирования обычно за первые 2–4 ч хранения хлеба после выпечки.

Влажность корки 12–14%, примерно соответствующая равновесной, сохраняется при дальнейшем хранении хлеба. Влажность мякиша хлеба при его хранении постепенно снижается.

Сразу после выпечки слои мякиша, прилегающие к корке, могут иметь влажность, несколько превышающую влажность самой центральной части мякиша. Это, как отмечено в главе VIII, является следствием термовлагопроводности из зоны мякиша, непосредственно прилегающей к корке, к прилегающим к ней слоям мякиша, а также перемещения части пара из зоны испарения в прилегающие к ней менее нагретые слои мякиша и конденсации в этих слоях.

Однако за первые же 30–60 мин хранения хлеба после выпечки влажность слоев мякиша, прилегающих к корке, заметно снижается вследствие миграции влаги в обезвоженную корку, а также последующего испарения из нее в окружающую среду. При этом влажность внешних слоев и центра мякиша становится примерно равной и значительно (на 1–1,5%) более низкой, чем сразу после выпечки.

При дальнейшем остывании и хранении хлеба слой мякиша, смежный с коркой, теряет влагу значительно скорее, чем центральная его часть. Длительное хранение хлеба в течение нескольких суток может привести к тому, что подкорковый слой мякиша вследствие значительной потери влаги станет твердым, не поддающимся деформации при легком нажиме на поверхность хлеба¹.

В процессе остывания хлеба между коркой и мякишем имеется температурный градиент, вскоре после выхода хлеба из печи достигающий заметной величины, но падающий до нуля по мере остывания хлеба. Градиент влажности, резко снижающийся в первые несколько минут после выхода хлеба из печи вследствие увеличе-

¹ Так, по данным ВНИИХПа, влажность подкоркового слоя мякиша за 3 сут хранения после выпечки снизилась с 44% (через 3 ч после выпечки) до 18%, а толщина этого затвердевшего слоя достигала 4–5 мм.

ния за это время влажности корки, незначительно и очень медленно изменяется во время дальнейшего остывания и хранения хлеба.

Одним из основных факторов, обуславливающих интенсивное усыхание хлеба в первый период его хранения и остывания до температуры хлебохранилища, является повышенная температура мякиша, создающая градиент температуры между коркой и мякишем; этот температурный градиент вызывает перемещение влаги к корке.

Когда хлеб остынет до температуры помещения, температурный градиент равен нулю, термодиффузия влаги прекращается, так же как и интенсивное усыхание хлеба, несмотря на оставшийся значительный градиент влажности между мякишем и коркой.

Из этого, однако, нельзя делать вывод, что только одна термовлагопроводность форсирует усыхание хлеба в период его остывания. Это неверно уже потому, что и скорость концентрационного перемещения влаги, вызываемого градиентом влажности, также зависит от температуры продукта. Чем выше температура продукта, тем скорее идет концентрационная диффузия влаги. Это особенно важно для продуктов, оказывающих большое сопротивление диффузии влаги; к ним относятся и хлеб.

Наряду с термовлагопроводностью и концентрационным перемещением влаги в хлебе решающим фактором, определяющим скорость усыхания хлеба в зависимости от его температуры, является скорость влагоотдачи или так называемой внешней диффузии паров влаги через пленку неподвижного воздуха, окружающего поверхность сохнущего продукта.

В сушильной технике общепринято полагать, что вокруг сушеного (или, как в нашем примере, естественно сохнущего) продукта имеется тонкая пленка практически неподвижного воздуха. Считают, что толщина этой неподвижной пленки уменьшается при увеличении скорости воздуха, омывающего продукт.

Через эту неподвижную пленку (слой Пекле) пары влаги, отдаваемого продуктом, диффундируют в воздух, циркулирующий вокруг. Диффузия паров влаги через пленку неподвижного воздуха носит название *внешней диффузии влаги*.

Внешняя диффузия через неподвижную пленку воздуха при одинаковой поверхности испарения и скорости воздуха, омывающего сохнущий продукт, зависит от разности парциальных давлений пара, насыщающего воздух при температуре продукта, находящегося по одну сторону пленки, и пара, содержащегося в омывающем продукту воздухе по другую сторону пленки.

Парциальное же давление водяного пара резко возрастает по мере повышения температуры продукта.

Следует заметить, что скорость испарения влаги с поверхности хлеба можно было бы точно выразить формулой, принятой для испарения со свободной поверхности воды, только в том случае, если бы поверхностные слои хлеба, отдающие влагу окружающему воздуху, не обладали способностью коллоидно связывать воду и влагосодержание их достаточно быстро повышалось вследствие перемещения влаги из прилегающих к ним слоев мякиша хлеба (т. е. благодаря термовлагопроводности и концентрационному перемещению влаги).

Таким образом, температура остывающего после выхода из печи хлеба является фактором, обуславливающим испарение воды с поверхности хлеба (внешнюю диффузию) и перемещение влаги внутри хлеба (тепловое и концентрационное) и, следовательно, в основном определяющим скорость усыхания хлеба. После того как хлеб остынет до тем-

пературы хлебохранилища, этот фактор перестает ускорять процесс усыхания хлеба и последний протекает значительно медленнее. При исследовании процесса усыхания хлеба для его характеристики можно использовать кривую усушки и (по терминологии сушильной техники) кривые сушки и скорости сушки.

Общая масса хлеба или других видов хлебных изделий ($g_{\text{хл}}$) состоит из массы абсолютно сухих веществ ($g_{\text{св}}$) и массы влаги ($g_{\text{вл}}$).

В хлебопекарной промышленности влажность (W) хлеба и хлебных изделий или их мякиша принято выражать в процентах к их общей массе. При этом

$$W_{\text{хл}} = (g_{\text{вл}}/g_{\text{хл}}) 100.$$

В исследованиях процессов сушки и в их терминологии принято понятие *суммарной* (интегральной) *влажности сушимого материала* (W^c). Величина W^c сушимого материала отражает массу содержащейся в нем влаги, выраженную в процентах к массе содержащихся в нем абсолютно сухих веществ.

Применительно к процессу естественного усыхания хлеба после выхода его из пекарной камеры

$$W_{\text{хл}}^c = (g_{\text{вл}}/g_{\text{св}}) 100\%.$$

Поэтому численные значения W^c сушимых или сохнущих материалов значительно выше соответствующих значений W .

Для взаимопересчетов значений этих показателей используют формулу

$$W = W^c / (100 + W^c) 100\% \text{ и } W^c = W / (100 - W) 100\%.$$

Для графической характеристики процесса усыхания хлеба при хранении его после выпечки можно использовать описываемые ниже кривые.

Кривые усушки отражают изменения (парастание) численных значений усушки хлеба (снижения $g_{\text{хл}}$), как функцию τ хранения его после выпечки. Численное значение $g_{\text{хл}}$ при этом снижается за счет испарения из него части $g_{\text{вл}}^1$.

Величину снижения $g_{\text{хл}}$ за определенный период хранения, а следовательно, и величину усыхания определяют взвешиванием хлеба в мо-

¹ В начальном периоде хранения хлеба после выпечки, когда он еще не остыл, из него наряду с влагой испаряется очень небольшая доля и легколетучих компонентов. В общей массе усушки их доля не более 2%.

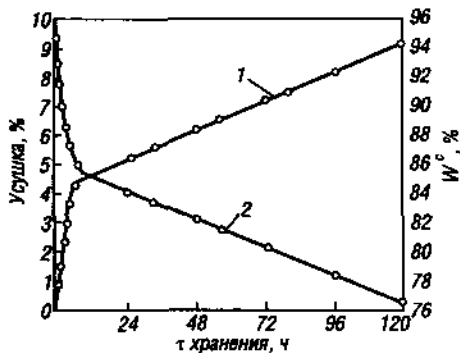


Рис. 44. Кривые усушки (1) и сушки (2) хлеба, хранившегося после выпечки 120 ч

Это обусловлено практическим постоянством скорости усыхания хлеба в этом периоде.

Кривые сушки отображают изменения W^c хлеба как функцию τ — его хранения после выпечки.

Целесообразно, чтобы частота и моменты определения численных значений $W_{\text{хл}}^c$ совпадали с приведенными выше для определения численных значений усушки по изменению $g_{\text{хл}}$.

Кривые скорости сушки характеризуют скорость изменения суммарной влажности сушимого (или сохнущего) материала dW^c/dt как функцию W^c (или $W^c - W^c_{\text{равновесн}}$).

При исследовании процесса усыхания хлеба, проводившемся во ВНИИХПе, в течение 120 ч велись наблюдения за изменением массы 467 штук смешанного ржано-пшеничного хлеба из обойной муки (70% ржаной и 30% пшеничной), хранившегося на одной вагонетке в обычных условиях хлебохранилища хлебозавода.

На основе полученных экспериментальных данных были построены кривые усушки и сушки (рис. 44) и кривая скорости сушки (рис. 45).

В процессе естественного усыхания хлеба есть момент, начиная с которого скорость усыхания, быстро падающая по мере остывания хлеба, делается практически постоянной. Особенно четко этот момент, соответствующий $W^c \approx 85\%$, виден на кривой скорости сушки (см. рис. 45). Обычно переход к постоянной скорости усыхания совпадает с моментом, когда температура хлеба становится равной температуре окружающего хлеб пространства.

Таким образом, все время усыхания хлеба может быть подразделено на два периода: первый — период переменной скорости усыхания и второй — период постоянной скорости усыхания хлеба.

мент выхода из печи и повторным взвешиванием его через заданный период хранения. В начальном периоде хранения хлеба, до его остывания, повторные определения его массы взвешиванием должны повторяться более часто (через 0,5–1,0 ч), чем у уже остывшего хлеба. При дальнейшем и особенно при длительном хранении хлеба интервалы между определениями его массы могут быть увеличены (до 8, 12 и даже 24 ч).

В первом периоде скорость усыхания уменьшается в результате снижения температуры хлеба и температурного градиента в нем. Во втором периоде температура хлеба примерно равна температуре окружающего хлеба воздуха и практически постоянна, вследствие чего усыхание идет с постоянной скоростью, обусловленной гидрофильными свойствами хлеба, его размерами, формой и параметрами окружающей среды (температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха).

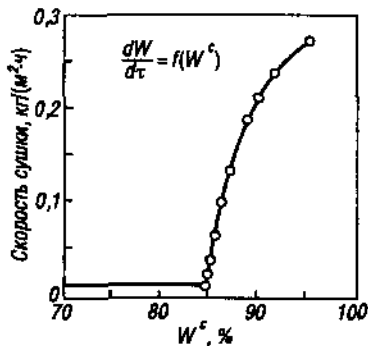


Рис. 45. Кривая скорости сушки хлеба, хранившегося после выпечки

Как видно из графиков на рис. 44 и 45, скорость усыхания наибольшая в первом периоде усыхания и намного ниже во втором периоде; поэтому основным путем снижения потерь при усыхании хлеба является сокращение длительности первого периода.

Наиболее эффективным способом сокращения длительности первого периода является ускорение охлаждения хлеба после выхода из печи до температуры воздуха в хлебохранилище.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСЫХАНИЕ ХЛЕБА

Ниже будет кратко рассмотрено влияние на усыхание хлеба температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в хлебохранилище, выпечки хлеба в формах или на поду, увлажнения поверхности хлеба в конце выпечки или сразу после выхода из печи и свойств хлеба.

Температура воздуха. Температура воздуха в хлебохранилище резко влияет на скорость остывания, а в связи с этим и на усыхание хлеба. Чем ниже температура воздуха, окружающего хлеб, тем скорее он остынет до температуры окружающего пространства и тем короче будет первый период усыхания хлеба, в пределах которого интенсивность усыхания хлеба наибольшая.

Низкая температура воздуха замедляет усыхание хлеба и во втором периоде усыхания — периоде постоянной скорости этого процесса. Чем ниже температура воздуха, тем ниже температура хлеба во втором периоде усыхания, тем ниже парциальное давление паров воды над поверхностью хлеба и тем медленнее идет его усыхание.

Было установлено, что усыхание хлеба идет тем интенсивнее, чем выше температура воздуха, непосредственно окружающего или омывающего хлеб во время его хранения после выхода из печи. Так, украинский хлеб с массой штуки 1,2 кг, хранившийся в течение 8 ч, усох за этот период при 43–50 °С на 5%, а при 11,5–19 °С — на 2%.

Следует отметить, что исключительно низки потери на усыхание при хранении хлеба в замороженном состоянии.

Относительная влажность воздуха. Чем выше влажность воздуха, тем медленнее должна идти усушка. Влажность воздуха влияет на процесс испарения влаги с поверхности материала. Чем выше относительная влажность воздуха, тем меньше разность парциальных давлений паров на поверхности хлеба и в воздухе и тем меньше скорость усыхания хлеба.

Однако в первом периоде усыхания хлеба влияние относительной влажности на интенсивность усыхания очень невелика. Чем выше температура хлеба, тем больше парциальное давление паров воды над его поверхностью и тем меньшую роль играет сравнительно небольшая разница в парциальном давлении паров воды в воздухе при обычных пределах колебания его влажности.

Во втором периоде усыхания хлеба, когда температура его не превышает температуры окружающего пространства, влияние относительной влажности воздуха на интенсивность усыхания значительно возрастает.

Скорость воздуха. Рядом исследований было показано, что в первый период усыхания хлеба целесообразно смывание хлеба воздухом, движущимся со скоростью 0,3–0,5 м/с. Это приводит к ускорению охлаждения хлеба, сокращению длительности первого периода усыхания и в результате этого к некоторому снижению потери в массе хлеба.

На рис. 46 приводим график, характеризующий влияние различной скорости воздуха (при 20 °С) на усыхание хлеба. Эти данные свидетельствуют о том, что повышение скорости воздуха способствует ускорению охлаждения хлеба и, как видно из графика, снижению потери на усыхание хлеба на 0,5–0,7%.

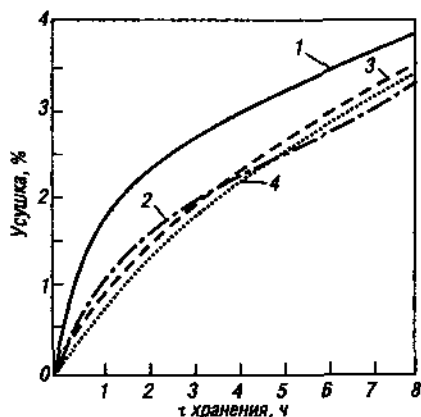


Рис. 46. Влияние скорости движения воздуха на усыхание хлеба:
1 — 0 м/с; 2 — 0,3 м/с; 3 — 1 м/с; 4 — 2 м/с

Опыты, проведенные лабораторией кондиционирования воздуха ВНИИХПа на производственной опытной установке (в специальной камере для вагонеток с хлебом, снабженной оборудованием для кондиционирования воздуха), подтвердили целесообразность применения такого рода устройств (охладителей, или кулеров), позволяющих ускорить охлаждение хлеба и снизить его усушку на 0,5–0,9%.

Влажность и упек хлеба. Опытами, проведенными во ВНИИХПе, было показано, что чем выше влажность хлеба, тем выше, при прочих равных условиях, его усушка. Так, увеличение влажности мякиша ржаного хлеба из обойной муки на 2% вызывало увеличение усыхания хлеба: за 4 ч — на 0,26–0,42%, а за 7 ч — на 0,42–0,50%.

Установлено также, что между упеком и усушкой хлеба существует обратная зависимость: чем больше упек, тем меньше усушка, и наоборот.

Способ выпечки хлеба (в формах или на поду). Подовый хлеб, как правило, имеет упек более высокий, а влажность более низкую, чем формовой хлеб того же развеса. Поэтому усушка формового хлеба больше по сравнению с подовым.

Ржаной хлеб из обойной муки при массе штуки около 1,1 кг и при выпечке его в формах и на поду (в виде круглого хлеба) имел следующие показатели (табл. 24).

Таблица 24

Показатели, %	Хлеб	
	формовой	подовый
Влажность мякиша	52,8	49,2
Упек	11,6	13,3
Усушка за 4 ч	2,03	0,86
Усушка за 6 ч	2,19	1,04

Как видно из этих данных, усушка подового хлеба была меньше усушки формового примерно на 1,1%.

Объем и масса хлеба. Работы, проводившиеся во ВНИИХПе по изучению заварок (см. выше, гл. V), показали, что удельный объем хлеба (разрыхленность, пористость) является фактором, влияющим и на упек, и на усушку. Чем больше удельный объем хлеба, тем выше его усушка. Установлено также, что чем больше масса штуки хлеба, тем меньше усушка.

Способ хранения хлеба. Нами было установлено, что усушка хлеба, уложенного горячим в ящики со сплошными стенками, после 12 ч

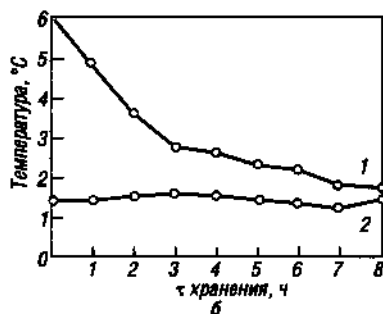
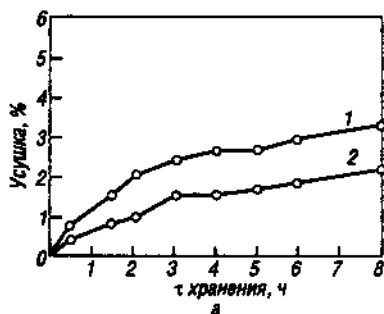


Рис. 47. Изменения, происходящие в хлебе при его хранении в ящиках и на стеллажах: а — усушка хлеба при хранении в ящиках (1) и на стеллажах (2); б — температура воздуха между хлебами в ящике (1) в помещении хранения (2)

хранения приблизительно на 1% больше по сравнению с хлебом, хранившимся при той же температуре хлебохранилища на решетчатых полках стеллажей, допускающих свободное омывание хлеба воздухом (рис. 47, а).

Причина большего усыхания хлеба, остывающего и хранящегося в ящиках, станет ясной, если мы проследим параллельно температуру воздуха в хлебохранилище и температуру прослоек воздуха между штуками горячего хлеба в ящике (рис. 47, б).

Как видно из графика, температура воздуха между хлебами в ящике, особенно между горячими, выше температуры воздуха в помещении самого хлебохранилища. В этом и кроется причина большого усыхания хлеба в первое время его хранения в ящиках.

Исходя из этого, можно предположить, что после того как хлеб в ящиках остынет до температуры помещения, он будет усыхать медленнее, чем хлеб, хранящийся после охлаждения на стеллажах. Поэтому целесообразнее всего хлеб быстро охладить (в кулерах или на стеллажах) и затем при необходимости длительного хранения укладывать в ящики.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБА ПРИ ХРАНЕНИИ

Хлеб в момент выхода из печи имеет среднюю температуру корки около 130 °C, а центра мякиша 95–98°C.

Корка хлеба в этот момент практически обезвожена и поэтому тверда и хрупка. Как уже отмечалось, влажность быстро остывающей корки в первые часы хранения хлеба повышается до 12–15% благодаря

перемещению влаги из мякиша. В результате повышения влажности корка хлеба становится мягкой, эластичной и как бы резинообразной.

Эти свойства корки тем резче выражены, чем тоньше корка и чем выше ее влажность.

При длительном хранении незавернутого хлеба корка опять становится более твердой и хрупкой в результате постепенного высыхания. При длительном хранении это происходит и с подкорковым слоем мякиша.

Мякиш хлеба (особенно хлеба крупного по массе) остывает значительно медленнее корки, сохраняя в течение 1–3 ч после выхода из печи температуру в центральной части, превышающую 50–60 °С. В этот промежуток времени в мякише хлеба продолжают некоторые процессы, происходящие при выпечке.

Так, работами МТИППа и ВНИИХПа установлено, что в мякише ржаного хлеба из обойной муки в первые два часа после выпечки, пока центральная часть его остывает до 60 °С, увеличивается содержание сахаров, декстринов и общее количество водорастворимых углеводов и других веществ. Увеличивается также степень клейстеризации зерен крахмала и липкость мякиша.

Следует отметить, что даже при длительном хранении хлеба, после того как температура в центральной части мякиша стала ниже 60 °С, почти не происходит дополнительного увеличения количества водорастворимых углеводов.

При изучении процесса приготовления хлеба длительного хранения установлено, что при повторном прогрессе (с целью стерилизации) выпеченного и охлажденного хлеба до температуры центральной части мякиша 85 °С содержание в мякише сахаров и общего количества водорастворимых веществ также увеличивается.

Специальными опытами показано, что пророст содержания сахаров, декстринов и общего количества водорастворимых веществ в мякише хлеба, выпеченного из ржаной муки, вызывается не действием амилаз, полностью инактивированных при выпечке этого хлеба, а кислотным гидролизом крахмала мякиша, продолжающимся до тех пор, пока мякиш не остынет примерно до 60 °С.

ЧЕРСТВЕННЕ ХЛЕБА

При хранении хлеба в обычных температурных условиях (15–25 °С) примерно через 10–12 ч появляются признаки черствения, усиливающиеся по мере дальнейшего увеличения длительности хранения хлеба.

Потребитель при определении степени свежести или черствости хлеба может органолептически воспринимать и учитывать изменения следующих свойств хлеба:

1) *реологических свойств мякиша*: мягкий, легко сжимаемый, не крошащийся мякиш свежего хлеба в процессе хранения хлеба становится все более «твердым», менее сжимающимся и более крошащимся;

2) *реологических свойств корки*: гладкая, твердая и хрупкая корка свежего хлеба при хранении становится мягкой, эластичной и иногда морщинистой;

3) *аромата и вкуса*: сильно выраженный приятный аромат и вкус свежего хлеба при хранении постепенно утрачивается. При более длительном хранении хлеб приобретает несвойственный свежему хлебу специфический запах и вкус черствого (лежалого) хлеба.

Однако практически потребитель при оценке степени черствости хлеба чаще всего исходит только из результатов органолептического определения реологических свойств целого хлеба и, если возможно, то и его мякиша. Это не случайно. Так, изменение реологических свойств корки обусловлено только изменением ее влажности. Катц экспериментально показал, что корка, отделенная от хлеба сразу после выпечки, при хранении в условиях, исключающих повышение ее влажности (в запаянной стеклянной ампуле), полностью сохраняла свои реологические свойства (твердость и хрупкость) в течение 20 лет. Специфические же для процесса черствения хлеба изменения реологических свойств мякиша происходят и в условиях, полностью исключающих изменение его влажности.

При хранении хлеба его вкус и аромат изменяются одновременно с изменением реологических свойств мякиша.

Утрата при хранении вкуса и особенно аромата, присущего свежему хлебу, объясняется потерей и связыванием компонентами мякиша части летучих веществ, их обуславливающих. Возможно, что известную роль играют и процессы медленного окисления отдельных компонентов ароматообразующих веществ.

Вкус и особенно аромат хлеба в значительной мере обусловлены процессами, происходящими при выпечке в корке хлеба, в частности процессом меланоидинообразования.

Ароматические и вкусовые вещества корки частично перемещаются в мякиш хлеба не только в процессе выпечки, но и при хранении выпеченного хлеба.

В МТИПпе исследовали изменение содержания бисульфитсвязывающих веществ (в основном альдегидов) в корке и мякише пшеничного хлеба при хранении его после выпечки.

Содержание, бисульфитсвязывающих веществ определялось по методике, разработанной Р. Р. Токаревой и В. Л. Кретовичем для определения ароматообразующих веществ в хлебе, и выражалось в миллилитрах 0,1 н. раствора подана 100 г СВ корки или мякиша.

Содержание ароматообразующих бисульфитсвязывающих веществ определялось (рис. 48): 1 — в верхней корке хлеба; 2 — в части мякиша, расположенной под верхней коркой (на 1–5 см от верхней корки), и 3 — в центральной части мякиша. На рисунке приведены типичные кривые, характеризующие изменение содержания

ароматообразующих веществ в корке и указанных выше частях мякиша хлеба из пшеничной муки I сорта (масса 0,5–0,6 кг) при хранении его в течение 120 ч после выпечки.

Их рассмотрение показывает, что содержание ароматообразующих веществ в корке (кривая 1) значительно выше, чем в мякише, и в процессе хранения неизменно снижается. Это объясняется как улетучиванием части ароматообразующих веществ из корки в окружающую среду, так и диффузией их в мякиш хлеба. Вследствие этого содержание ароматообразующих веществ в мякише (см. кривые 2 и 3) за первые примерно 20 ч после выпечки существенно нарастает. Поэтому же и содержание этих веществ в части мякиша под коркой (кривая 2) выше, чем в центральной его части (кривая 3).

При последующем хранении хлеба (за период с 21 до 120 ч после выпечки) содержание ароматообразующих веществ начинает заметно снижаться и в мякише (см. кривые 2 и 3). Природа этого снижения не ясна. Предположительно об улетучивании ароматообразующих веществ в окружающую среду в отношении мякиша, особенно его центральной части, маловероятно.

Возможно, что при длительном хранении хлеба происходят какие-то химические превращения ароматообразующих веществ или физико-химические процессы, приводящие к их связыванию, делающие их недоступными для определения обычным методом и приводящие к утрате их ароматообразующих свойств.

С этой точки зрения представляет интерес сообщение Шоча. Им изучались свойства пшеничного хлеба, консервированного в герметически закупоренных банках. При вскрытии банки после двухлетнего хранения было установлено, что содержащийся в ней хлеб совершенно не имел аромата, присущего свежеспеченному хлебу. Ощущался лишь запах прогорклого жира, входившего, очевидно, в рецептуру хлеба. Другая банка консервированного хлеба этой же партии была подвергнута прогреву в кипящей воде с целью «освежения» содержащегося в ней хлеба. Последующее вскрытие этой банки дало неожиданный результат. Хлеб двухлетнего хранения, освеженный прогревом, имел явно и достаточно интенсивно выраженный приятный аромат свежеспеченного хлеба.

Шоч допускал возможность того, что ароматообразующие вещества хлеба «захватываются» спиральными образованиями линейных цепочек амилозы в мякише хлеба, что делает их недоступными и лишенными ароматических свойств. Повторный же прогрев хлеба при освежении должен разрушать эти спиральные образования с высвобождением при этом ароматообразующих веществ в их исходном состоянии. Естественно, это лишь очень гипотетическое предположение, лишенное даже элементов экспериментального подтверждения.

А. Ахерманн и Х. Нойком в 1976 г. опубликовали результаты исследования изменений аромата и вкуса пшеничных батонов из высоко-

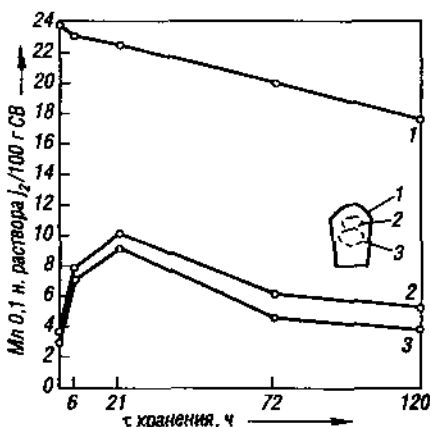


Рис. 48. Изменение содержания бисульфит-связывающих соединений в хлебе в процессе его хранения после выпечки

сортной муки, выпекавшихся обычным способом и хранившихся после выпечки в течение 10 сут при 19–24 °С и относительной влажности от 40 до 70%. При этом масса батонов в результате усыхания снизилась на 15%.

Естественно, что за это время батоны практически утратили аромат и вкус, присущие свежеспекеченным изделиям и приобрели привкус и оттенок запаха, характерный для черствого хлеба.

Исследовалась кинетика содержания, улетучивания и перемещения в массе целого изделия, корке и мякише отдельных групп и веществ, обуславливающих аромат и вкус продукта (в том числе и спиртов, кислот и т. п.).

На основе экспериментальных данных авторы пришли к заключению, что изменения аромата и вкуса батонов при их хранении вызваны в основном следующими явлениями:

1) улетучиванием ароматообразующих и отдельных вкусообразующих веществ; за 10 дней хранения этих веществ улетучилось более 50% от их содержания в свежеспекеченном изделии;

2) диффузией отдельных аромато- и вкусообразующих веществ из корки в мякиш изделия;

3) окислительными изменениями отдельных ароматообразующих веществ; в качестве примеров таких изменений авторы приводят окисление кислородом воздуха: ацетона в диацетил или *n*-гексаналя с образованием при этом капроновой кислоты;

4) адсорбцией ароматообразующих веществ крахмалом и белками хлебного изделия.

Основными причинами утраты при хранении аромата хлебных изделий можно, очевидно, считать их улетучивание и адсорбцию крахмалом и белками продукта.

Появление специфического привкуса и запаха черствого изделия, по нашему мнению, связано с окислительными и другими возможными взаимодействиями оставшихся в хлебе и адсорбированных в нем ароматообразующих веществ.

Сущность процесса черствения хлеба

Несмотря на то что процесс черствения хлеба изучается уже более ста лет, сущность и механизм этого процесса недостаточно ясны.

Многие потребители хлеба считают, что черствение хлеба является результатом его усыхания. Однако еще в 1853 г. Буссенго установил, что хлеб черствеет и в условиях, исключающих потерю влаги. То, что черствение хлеба не связано с потерей влаги, подтверждается практикой освежения черствого хлеба — повторным подогревом его в печи. При этом хлеб теряет дополнительное количество влаги, однако мякиш его восстанавливает структурно-механические свойства, присущие мякишу свежего хлеба.

Выше отмечалось, что наиболее характерно для процесса черствения хлеба — изменения реологических свойств мякиша хлеба. При черствении хлеба снижается сжимаемость и эластичность мякиша и возрастает его крошковатость. Однако эти изменения являются не причиной, а следствием процессов, вызывающих черствение.

Установлено, что при черствении хлеба происходят определенные изменения в микроструктуре его мякиша.

Для структуры мякиша хлеба характерно наличие пор, ограниченных межпоровыми стенками, составляющими губчатый остов. Рассмотрение под микроскопом межпоровых стенок мякиша показывает, что они состоят из сплошной массы коагулированного при выпечке белка (клейковины), внутрь которого вкраплены набухшие, частично клейстеризованные зерна крахмала. Эти зерна крахмала в стенках пор несколько вытянуты, расположены параллельно их плоскости и со всех сторон окружены массой коагулированного белка. Лишь отдельные немногочисленные зерна крахмала непосредственно соприкасаются между собой.

Таким образом, непрерывную фазу губчатого скелета мякиша составляет масса свернувшегося белка. В свежем хлебе зерна крахмала всей своей поверхностью вплотную прилегают к массе коагулированного белка, в связи с чем резкой, четко видимой границы между ними не наблюдается.

В мякише черствого хлеба зерна частично клейстеризованного крахмала видны более четко, так как вокруг части их поверхности образуется тонкая воздушная прослойка. Чем черствее хлеб, тем более четко видны прослойки воздуха, свидетельствующие об уменьшении объема крахмальных зерен.

Какие-либо изменения в структуре белковой части межпоровых стенок микроскопическим методом не улавливаются.

Отмеченные выше изменения в микроструктуре стенок пор мякиша, в частности образование воздушных прослоек вокруг уменьшившихся в размерах крахмальных зерен, обычно рассматриваются как причина, обуславливающая повышенную крошковатость мякиша черствого хлеба.

Однако отмечаемое микроскопическим методом уменьшение объема крахмальных зерен также, очевидно, не является первопричиной процессов, вызывающих черствение хлеба, а их следствием.

Многочисленными исследованиями установлено, что при черствении хлеба изменяются гидрофильные свойства мякиша. Установлено, что при черствении хлеба снижается способность мякиша к набуханию и поглощению воды, а также способность коллоидов и других веществ мякиша переходить в водный раствор. Уменьшается при этом и общее

количество водорастворимых веществ, и растворимость в воде крахмала мякиша.

Прежде, исходя из опытов Катца, считали, что снижение растворимости крахмала мякиша при черствении происходит в результате уменьшения растворимости амилозы крахмала. Однако последующие исследования показали, что в условиях мякиша хлеба (и 50%-ных прогретых крахмально-водных паст) растворимая часть крахмала, уменьшающаяся при черствении, представлена главным образом амилопектином.

Работами А. В. Думанского и А. Г. Кульмана было показано, что способность мякиша хлеба коллоидно связывать воду в процессе черствения хлеба также понижается.

В результате снижения способности мякиша к набуханию, связыванию влаги и растворению в воде при черствении хлеба снижается вязкость водных суспензий измельченного мякиша и увеличивается скорость их фильтрации.

Изменения гидрофильных свойств мякиша, несомненно, сказываются на его реологических свойствах. Однако эти изменения являются не первопричиной, а следствием тех процессов, которые, собственно, и вызывают явление черствения хлеба. В чем же первопричина процесса черствения хлеба?

Линде впервые связал черствение хлеба с представлением о ретроградации крахмала мякиша.

В ВТЗ крахмал частично клейстеризуется, поглощая при этом воду, выделяемую коагулируемыми белковыми веществами. Вследствие этого крахмал переходит из исходного кристаллического в измененное, в значительной мере аморфное состояние. При этом он поглощает значительное количество воды, выделяемой коагулируемыми в ВТЗ белками.

При хранении выпеченного хлеба в его мякише происходит ретроградация крахмала, т. е. частичный обратный переход крахмала в кристаллическое состояние, приближающееся к тому, в котором крахмал был в тесте до выпечки. При этом структура крахмала уплотняется, уменьшается его растворимость и происходит частичное выделение влаги, поглощенной при клейстеризации. Считают, что влага, выделяемая при ретроградации крахмала, воспринимается белками мякиша хлеба.

Представления о ретроградации крахмала мякиша как основной причине процесса черствения были затем развиты и экспериментально подкреплены рядом исследований Катца и его сотрудников. Применяя рентгеноспектрографический метод исследования, Катц изучил изменение крахмала в процессе выпечки и последующего хранения хлеба.

Исходный крахмал зерна и муки дает рентгеноспектр, типичный для кристаллического строения зерен крахмала (рентгеноспектр А). Этот рентгеноспектр сохраняется неизменным и в тесте перед выпечкой. Крахмал при выпечке хлеба частично клейстеризуется. Наступает первая стадия клейстеризации, обусловленная наличием воды в тесте в количестве, недостаточном для полной клейстеризации крахмала. Поэтому мякиш хлеба дает рентгеноспектр V, отличный от рентгеноспектра А теста и исходного крахмала. Рентгеноспектр V (спектр клейстеризованного крахмала мякиша хлеба) характеризует сочетание элементов аморфного состояния крахмала с элементами кристаллического строения. Однако кристаллическое строение частично клейстеризованного крахмала мякиша хлеба существенно отличается от кристаллического строения крахмала в муке и тесте перед выпечкой.

Мякиш черствого хлеба дает новый рентгеноспектр В, сочетающий в себе элементы рентгеноспектров А и V. Чем черствее хлеб, тем ближе спектр В к характеру спектра А.

Рентгеноспектр В, наблюдаемый у мякиша черствого хлеба, Катц называет спектром ретроградации крахмала.

По Катцу, крахмал мякиша хлеба представляет собой термодинамически равновесную систему двух его форм — α - и β -формы. α -форма крахмала характерна для свежего хлеба, β -форма — для черствого. α -форма крахмала устойчива при температуре выше 60°C , поэтому при этой температуре ретроградации крахмала и черствения мякиша хлеба не происходит. При более низких температурах (до -2°C) равновесие сдвигается в сторону перехода α -формы в β -форму, характерную для черствого хлеба.

Чем дольше хранится хлеб, тем большая часть α -формы крахмала переходит в β -форму и тем черствее хлеб.

Таким образом, Катц рассматривает ретроградацию крахмала как изменение соотношения в нем α - и β -форм, вызываемое переходом более легко растворимой и менее структурно прочной α -формы в β -форму.

В свете результатов более поздних работ ретроградацию частично клейстеризованного крахмала мякиша хлеба при черствении можно рассматривать как процесс агрегации его структурных элементов. Цепочки молекул амилозы при этом могут занимать более упорядоченное параллельное положение с возможным образованием между ними водородных или иных поперечных связей-мостиков. Некоторые исследователи считают, что основную роль в ретроградации крахмала в условиях мякиша хлеба играет его амилопектиновая фракция.

Так, например, Шоч (1965) главную роль в изменении реологических свойств мякиша хлеба в процессе его черствения отводит амилопектиновой (разветвленной) фракции крахмала.

Рассматривая ретроградацию крахмала вообще, он отмечает, что неразветвленным цепочкам амилозной фракции крахмала присуща тенденция к физическому взаимопротяжению и связыванию водородными связями по гидроксильным группам (гидроксогруппам) смежных цепочек или отдельных их смежных участков с образованием соответствующих ассоциатов. В разбавленных растворах крахмала при их длительном стоянии цепочки отдельных молекул амилозы сближаются, параллельно ориентируются и ассоциируются в как бы плотный «пучок» — образование, которое выпадает из раствора в осадок.

В более концентрированных системах, например прокипяченной крахмальной пасте, амилозные цепочки при ее охлаждении не имеют времени и пространственных условий для полной взаимной ориентации и поэтому их сближение происходит быстрее, но ассоциирование беспорядочное и не по всей длине цепочек, а лишь по отдельным, смежно расположенным их участкам. В результате ассоциат образуется в виде сетчатой структуры, являющейся основой образования структурированного геля. Образование таких ассоциатов амилозных цепочек и представляет собой процесс *ретроградации*.

Шоч особо подчеркивает трудную обратимость процесса ретроградации амилозы. Ассоциаты, выпавшие в осадок, могут опять перейти в раствор или структурированный гель и перейти в жидкое состояние лишь при нагревании до 140–150 °С.

В отношении прогреваемого теста и мякиша хлеба с относительно невысоким общим содержанием влаги, особенно влаги, находящейся в свободном состоянии, можно предполагать возможной лишь вторую описанную выше форму протекания процесса ретроградации амилозной фракции крахмала с образованием ассоциатов сетчатой структуры.

В отношении разветвленной амилопектиновой фракции крахмала нельзя предполагать образования полных межмолекулярных ассоциатов. Однако в концентрированных растворах (системах) амилопектиновая фракция крахмала, по мнению Шоча, также может претерпевать изменения типа ретроградации, выражающиеся в том, что отдельные смежные ответвления сближаются, притягиваются, ассоциируются и образуют более компактное образование со сближенными и взаимоориентированными в виде «пучка» ответвлениями.

Изменения крахмала и его линейной и разветвленной фракций в процессе выпечки, последующего остывания и черствения хлеба Шоч представляет себе следующим образом.

При прогреве ВТЗ в процессе выпечки зерна крахмала ограниченно набухают, впитывая влагу. Структура их размягчается и теряет радиальную упорядоченность взаиморасположения цепочек молекул амилозы, амилопектина и его ответвлений. Это обуславливает, к стати говоря, и утрату зернами крахмала их «кристаллической» структуры, отмеченную выше. Шоч полагает, что при набухании зерен крахмала часть амилозных цепочек переходит в раствор и в таком виде диффундирует в жидкую фазу мякиша ВТЗ. Ветви цепочек амилопектина в набухших при выпечке зернах крахмала также располагаются взаимно неупорядоченно.

Уже в процессе остывания выпеченного хлеба амилозные цепочки в жидкой фазе мякиша ассоциируются и образуют вне набухших зерен крахмала структурную сетку геля. Этот структурированный гель и придает, по мнению Шоча, мякишу свежего остывшего хлеба свойственные ему упругие свойства.

В последующем процессе черствения ретроградировавшие амилозные цепочки участия не принимают. Изменения, происходящие при этом в набухших зернах крахмала мякиша хлеба, сводятся к описанному выше типу «ретроградации» молекул амилопектина, точнее — их ответвлений.

Именно этим изменениям Шоч и приписывает роль первопричины изменения реологических свойств мякиша хлеба при его черствении. Можно себе представить, что превращение при этом амилопектина в более компактные образования приводит к общему уменьшению объема набухших зерен крахмала мякиша, к увеличению их твердости и, как следствие, к увеличению твердости и крошливости мякиша.

Ведущую роль изменений амилопектиновой фракции крахмала в процессе черствения Шоч обосновывает соображениями, связанными с практикой освежения черствого хлеба повторным его прогревом.

Прочность ассоциации цепочек из глюкозных остатков — линейных у амилозы и разветвленных у амилопектина — зависит от длины цепочек. Чем длиннее ассоциированные цепочки (или их участки), тем прочнее ассоциат. Длина линейной цепочки молекулы амилозы, состоящей из 500–2000 глюкозных остатков, во много раз больше длины отдельных ответвлений амилопектина, состоящих обычно из 20–30 глюкозных остатков. Поэтому для ретроградации ассоциатов цепочек амилозы нужен прогрев до 140–150 °С.

Ассоциированные же цепочки ответвлений молекулы амилопектина диссоциируют уже при нагреве до 50–60 °С.

Тот факт, что хлеб, хранящийся при температуре выше 60 °С, не черствеет, а мякиш черствого хлеба, прогретый до этой температуры, «освежается», является, по мнению Шоча, убедительным доказательством правильности его представлений о ведущей роли амилопектина в процессе черствения хлеба.

Надо признать, что с этой точки зрения представления о сущности черствения хлеба, развиваемые Шочем, являются достаточно логичными.

Однако эти представления вызывают и ряд замечаний. Рассматривая черствение хлеба, Шоч говорит только о зернах крахмала и окружающей их прослойке воды, находящейся в несвязанном состоянии. Непрерывной белковой фазы теста и мякиша, в которую вкраплены зерна крахмала, в представлениях, развиваемых Шочем (специалистом по исследованию крахмала), вроде бы и не существует.

Второе замечание сводится к тому, что в схемах, иллюстрирующих изменения крахмала мякиша хлеба в процессе выпечки и черствения, в набухших при выпечке зернах крахмала указывается на наличие и последующие изменения в них только молекул амилопектина. Амилоза же изображается как целиком диффундировавшая из зерен крахмала в окружающую их жидкую фазу, в которой они при охлаждении хлеба ассоциируются. В отношении некоторой части молекул амилозы это вполне вероятно. Однако амилозы в крахмале пшеницы содержится примерно 23%. Поэтому основная часть амилозы и после выпечки, несомненно, будет наряду («вперемежку») с амилопектином оставаться в набухших зернах крахмала мякиша хлеба и поэтому не сможет не участвовать в процессах ассоциирования (ретроградации) при черствении хлеба.

Нам представляется практически исключенным образование в набухших зернах крахмала полностью по всей длине цепочки ориентированных ассоциатов молекул амилозы. Однако ввиду нахождения молекул амилозы между отдельными разветвленными молекулами амилопектина следует допустить возможность ассоциирования отдельных участков цепочек молекул амилозы и с отдельными смежными с ними участками цепочек ответвлении молекул амилопектина. Хотя эта ассоциация происходит не по всей длине цепочки молекулы амилозы, а носит лишь местный характер, она будет способствовать повышению жесткости, твердости и компактности набухших зерен крахмала в мякише черствого хлеба и в то же время может не требовать для разрушения этих ассоциатов нагрева до 140–150 °С, необходимого для диссоциации ассоциированных агрегатов амилозы.

Оствальд, А. Г. Кульман, В. И. Назаров и другие исследователи считали, что черствение хлеба вызывается процессом синерезиса крахмала, клейстеризованного в процессе выпечки.

Явление синерезиса геля также включает агрегацию элементов дисперсной фазы, сопровождающуюся выделением свободной дисперсионной жидкой среды (для клейстеризованного крахмала — воды). Исходя из этого, нет необходимости в противопоставлении явлений ретроградации и синерезиса крахмала в процессе черствения хлеба.

Явление синерезиса хорошо изучено и происходит в гелях при охлаждении клейстеризованного в избытке воды крахмала.

В ВТЗ процесс клейстеризации зерен крахмала происходит лишь на начальном его этапе, выражающемся в их набухании, размягчении и частичной деформации. Для полной клейстеризации в тесте явно недостаточно воды. Поэтому нет оснований полагать, что и в набухших при выпечке зернах крахмала мякиша хлеба будет наблюдаться явление синерезиса, сопровождающееся выделением свободной воды, которая при этом должна бы восприниматься денатурированным при выпечке белком межпоровых стенок мякиша, в которые вкраплены зерна крахмала.

Нам не известны и какие-либо убедительные экспериментальные данные, подтверждающие такое перемещение влаги от крахмала к белку мякиша в процессе черствения и в обратном направлении — при освежении черствого хлеба его прогреванием.

В связи с этим уместно упомянуть о мнении М. И. Княгиничева, рассматривавшего процесс черствения хлеба с точки зрения соотношения свободной и связанной воды и форм и состояния отдельных видов связанной воды в тесте, ВТЗ, в свежем, черством и освеженном прогревом хлебе.

Выделение воды в результате синерезиса набухших крахмальных зерен мякиша хлеба в процессе черствения Княгиничев отрицает. Он выдвигает в качестве возможного представление о том, что вода, захваченная микропорами крахмала и белка мякиша хлеба (а ее примерно половина от общего количества связанной воды), при его черствении структурно перестраивается и образует ассоциаты из 5 молекул воды, которые затем образуют гексагональную решетку (более «рыхлую» решетку льда). Эта решетка затем может перейти и к более плотной «упаковке» либо в результате преобразования в четырехугольную сетку, либо в результате заполнения пустот («дырок») в сетке молекулами воды. Такая структурированная уплотненная вода образует со стенками микропор единую упорядоченную структурную систему, характерную, по мнению Княгиничева, для черствого хлеба. При освежении хлеба нагреванием такая структурированная система вода — стенки микропоры разрушается и цепи высокополимеров могут перейти в состояние, свойственное свежеспеченному хлебу. Это развиваемое Княгиничевым представление об изменении структуры воды при черствении хлеба также, естественно, требует экспериментального подтверждения.

В подавляющем большинстве работ по исследованию черствения хлеба изменения реологических свойств мякиша хлеба связывают с изменениями в состоянии крахмала.

Белковым веществам мякиша отводится только роль вещества, воспринимающего влагу, выделяемую крахмалом при его ретроградации (синерезисе). Неоднократно отмечалась практическая невозможность уловить какие-либо изменения в белковой части мякиша хлеба при его черствении. Установлено лишь, что чем больше белковых веществ в хлебе, тем медленнее происходит его черствение.

Но если вспомнить, что именно белковые коагулированные вещества составляют пространственно непрерывную фазу структурного остова мякиша хлеба, а зерна крахмала лишь вкраплены в этот остов, то трудно допустить, что изменение реологических свойств мякиша хлеба не связано с изменением состояния и хотя бы реологических свойств его белковых веществ.

Исследованиями, проведенными МТИППе, было установлено, что в процессе черствения пшеничного хлеба в белковой части мякиша хлеба закономерно происходят изменения, приводящие к уплотнению структуры, снижению гидратационной способности и способности связывать метиленовую синюю краску. По своему характеру эти изменения обратны тем, которые происходили в процессе денатурации белка ВТЗ.

Эти изменения в белковой части мякиша хлеба происходят, однако, в 4–6 раз медленнее по сравнению со скоростью ретроградации крахмала. Если учесть еще и то, что крахмала в хлебе в 5–7 раз больше, чем белка, то естественно, что основную роль в черствении хлеба играют все же изменения крахмала.

В ряде работ процесс черствения хлеба рассматривается с точки зрения кристаллизации высокополимеров, к которым относятся и крахмал, и белковые вещества мякиша хлеба.

Рентгеноскопические исследования Катца (1912–1934) и др. отражают изменения в степени кристалличности крахмала мякиша хлеба в процессе выпечки (утрата компактной упорядоченной структуры, а следовательно, и кристалличности), черствения (частичное возвращение к упорядоченной структуре и кристалличности, к которому и относится термин «ретроградация») и освежения черствого хлеба или ретроградированного крахмального геля путем его нагрева (опять утрата упорядоченной структуры и кристалличности).

Следует иметь в виду, что скорость, степень и в известной мере характер перечисленных выше изменений в структуре и степени кристалличности крахмала зависят от влажности геля, хлеба или хлебных изделий. При влажности продукта ниже определенной критической вели-

чины процессы, обуславливающие черствение, почти не происходят. Поэтому в сухарях черствение практически не наблюдается, а в баранках идет во много раз медленнее, чем в хлебе и булочных изделиях.

Померанц¹, делая обзор научных основ производства хлеба и рассматривая проблему сохранения его свежести и значение в этом отношении отдельных компонентов муки и хлеба, отмечает не только характер и роль изменений при хранении хлеба после выпечки крахмала и белков и влияние на них липидов, но и особо отмечает роль в этих изменениях пентозанов. Он полагает, что водорастворимые пентозаны снижают скорость ретроградации крахмала, влияя на его амилопектиновую фракцию. Отмечает Померанц и то, что водонерастворимые пентозаны оказывают аналогичное влияние как на амилозу, так и на амилопектин крахмала мякиша хлеба. Пентозаны замедляют ретроградацию путем «обволакивания» амилозы и амилопектина, что тормозит их кристаллизацию на первом этапе хранения хлеба. При дальнейшем хранении хлеба ретроградацию крахмала обуславливает в основном амилопектин.

Методы определения степени свежести или черствости хлеба

Изучают и исследуют явление и процесс черствения хлеба уже более столетия. За этот период были разработаны и применены очень многие методы исследования и определения степени свежести или черствости хлеба.

По природе самих методов, а также и определяемых ими свойств и показателей они с известной условностью могут быть подразделены на ниже приводимые группы.

I. Методы, основанные на определении реологических свойств и текстуры хлеба и его мякиша.

Мы не случайно начали перечень групп методов именно с этих методов. Ведь потребитель хлеба судит о степени его свежести или черствости как при покупке, так и при употреблении его в пищу в первую очередь по его реологическим свойствам.

Реологические свойства хлеба определяются и воспринимаются потребителем органолептически. При покупке целого изделия они определяются нажатием соответствующей пластиной (или ложечкой) на поверхность изделия, а при покупке разрезанного хлеба — на срез мякиша.

О степени свежести хлеба при этом судят по деформации целого изделия или мякиша и по сопротивлению этой деформации. В процессе еды к этому добавляются и ощущения, вызываемые текстурой хлеба: сопротивления при откусывании его от ломтя и при последующем разжевывании. Учитываются и ощущения, воспринимаемые при проглатывании разжеванной массы хлеба.

¹ *Pomeranz Y. Wissenschaftliche Grundlagen der Brotherstellung. — Getreide, Mehl und Brot. — 1980. — № 1. — С. 11—29.*

При определении реологических свойств хлеба следует учитывать, что они зависят не только от степени собственно черствости хлеба, обусловливаемой ретроградацией крахмала и реденатурацией белка мякиша, но и от усыхания хлеба. Усыхание хлеба при хранении его после выпечки также снижает сжимаемость хлеба и повышает его способность крошиться. Особенно сильно от усыхания изменяются реологические свойства внешних слоев хлеба — корки и подкоркового слоя мякиша хлеба. Поэтому для характеристики процесса собственно черствения хлеба наиболее показательны изменения реологических свойств центральной части мякиша хлеба.

Исходя из этого, только немногие исследователи разрабатывали и применяли инструментальные методы количественной характеристики реологических свойств целого хлеба. Основное же внимание уделялось методам объективного количественного определения реологических свойств центральной части мякиша хлеба.

В разных странах для этой цели разработаны и используются разные приборы. Большинство этих приборов определяет степень деформации сжатия мякиша, выражаемую либо в условных единицах шкалы прибора, либо (в основном для исследовательских целей) в абсолютных единицах отдельных реологических свойств (в частности, например, модуля упругости E мякиша, величина которого закономерно возрастает при черствении хлеба).

Определение сжимаемости, упругости и пластичности мякиша хлеба на автоматизированных пенетрометрах. В 1969 г. была разработана методика определения на автоматизированных пенетрометрах (далее сокращенно — АП), в частности на АП-4/1 и АП-4/2, производившихся в ГДР, показателей: общей деформации сжатия ($\Delta H_{\text{общ}}^{\text{АП}}$) и доли в ней упругой $\Delta H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$ и пластической ($\Delta H_{\text{пл}}^{\text{АП}}$) деформаций. Эти показатели выражаются в единицах шкалы прибора, по которым может быть рассчитано и соответствующее численное значение модуля упругости E мякиша. Величины $\Delta H_{\text{общ}}^{\text{АП}}$, $\Delta H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$ и $\Delta H_{\text{пл}}^{\text{АП}}$ по мере черствения хлеба соответственно снижаются. Эта методика используется и исследователями других стран. Существенно и то, что на тех же АП могут определяться и показатели, характеризующие хлебопекарные свойства отдельных видов хлебопекарного сырья (см. главу III) и полуфабрикатов хлебопекарного производства.

Детали методики определения на АП реологических свойств мякиша хлеба описаны в лабораторном практикуме [27, работа 30] и в соответствующих руководствах [36, с. 423–428; 34, с. 147–150].

Определение способности мякиша хлеба крошиться. Это определение также может быть использовано для характеристики степени черствости хлеба. Чем черствее хлеб, тем более он способен крошиться. Предлагаем следующую методику определения крошимости мякиша, разработанную в МТИППе.

Из мякиша хлеба вырезают острым ножом 9 кубиков размером $25 \times 25 \times 25$ мм и взвешивают их на технических весах. Взвешенные кубики помещают на круглом лабораторном сите №8 на платформу лабораторного механизированного рассева Журавлева и закрывают крышкой. Затем включают электродвигатель рассева

Журавлева и закрывают крышкой. Затем включают электродвигатель рассева и «просеивают» кубики в течение 15 мин при 190 оборотах платформы рассева в минуту.

После этого тщательно собирают остатки кубиков мякиша и более мелкие частицы, оставшиеся на сите, и взвешивают их. Разность между исходной массой кубиков и массой остатка на сите характеризует крошимость мякиша и выражается в процентах к исходной массе кубиков мякиша.

II. Методы, основанные на определении гидрофильности мякиша.

Методы этой группы включают определение ряда свойств мякиша хлеба, прямо или косвенно связанных с его гидрофильностью:

1) определение способности предварительно измельченного мякиша к набуханию в воде: а) по объему осадка набухших частиц в мерном цилиндре; б) по объему или массе и влажности осадка набухших частичек после центрифугирования;

2) определение способности коллоидов мякиша связывать воду;

3) определение скорости фильтрации суспензии частиц измельченного мякиша;

4) определение вязкости водной суспензии измельченного мякиша с применением для этого: а) вискозиметров или б) амилографа;

5) определение консистенции предварительно измельченного и затем оводненного мякиша: а) на фаринографе или валориграфе и б) на автоматизированных пенетрометрах;

6) определение термического эффекта гидратации измельченного мякиша хлеба.

В качестве примера методов этой группы кратко сообщим о методе 11.4.6 по определению степени черствости хлеба по вязкости водной суспензии измельченного мякиша, проводимое на амилографе.

Суспензия измельченного мякиша с определенным для данного вида хлеба соотношением в ней массы сухого вещества мякиша и воды испытывается на амилографе при постоянной температуре 30 °С в течение 10 мин. По кривой амилограммы определяют численное значение минимума вязкости (η_{\min}) суспензии мякиша, выражаемой в ед. шкалы прибора. Чем выше значение η_{\min} , тем свежее хлеб. Так, значения η_{\min} суспензии мякиша хлеба из пшеничной муки I сорта с 5% сахара и 2,6% жира были равны при хранении после выечки в течение 6 ч — 500 ед. прибора, 24 ч — 252 ед. прибора и 48 ч — 173 ед. прибора.

III. Методы, основанные на определении содержания в мякише хлеба водорастворимых веществ.

Методы этой группы включают определение водорастворимой амилозы, водорастворимых коллоидов, общего количества водорастворимых веществ.

IV. Методы, основанные на исследовании микроструктур мякиша хлеба.

V. Методы, основанные на рентгеноспектрографическом исследовании мякиша хлеба.

VI. Методы, основанные на определении атакующести крахмала мякиша хлеба амилазами.

При черствении хлеба свойства его мякиша, определяемые перечисленными объективными методами, закономерно изменяются.

Сжимаемость мякиша снижается, крошковатость возрастает. Гидрофильность уменьшается, что сказывается в снижении: а) способности мякиша к набуханию и коллоидному связыванию воды; б) вязкости водных суспензий измельченного мякиша; в) консистенции предварительно оводненного мякиша; г) теплоты гидратации мякиша и в повышении скорости фильтрации водных суспензий измельченного мякиша. Содержание в мякише водорастворимой амилозы и коллоидов, а также общее содержание водорастворимых веществ снижается.

Микроструктура межпоровых стенок мякиша, как уже отмечалось, изменяется. Зерна частично клейстеризованного крахмала уплотняются и уменьшаются в объеме, что ведет к образованию воздушных прослоек между зёрнами крахмала и массой коагулированного белка.

Характер рентгеноспектров мякиша также меняется в направлении от спектра клейстеризованного крахмала к спектру ретроградированного крахмала.

Атакуемость крахмала мякиша амилазами снижается.

Весьма характерно, что изменение перечисленных свойств мякиша хлеба происходит с затухающей скоростью. Особенно быстро эти свойства мякиша хлеба изменяются в первые часы хранения хлеба после выпечки, когда хлеб еще оценивается потребителем как свежий.

Нельзя забывать, что оценка свежести или черствости хлеба потребителем является в конечном счете решающей. Поэтому при изучении влияния различных факторов и добавок на скорость черствения хлеба наряду с теми или иными объективными методами определения степени черствости необходимо производить квалифицированную органолептическую и дегустационную оценку степени черствости хлеба.

Это тем более существенно, что отдельные добавки (например, жиры и некоторые другие) сравнительно мало замедляют изменение свойств мякиша, определяемых объективными методами, и в то же время, маскируя процесс черствения, позволяют хлебу дольше сохранять свежесть, определяемую органолептически и дегустационно.

Органолептическая и дегустационная оценка свежести хлеба.

Этот вид оценки должен играть весьма существенную роль при исследовании влияния различных факторов и добавок на процесс черствения хлеба. Исходя из этого, в МТИППе (Л. Я. Ауэрман, Р. Г. Рахманкулова, 1956) были разработаны два метода органолептической и дегустационной оценки степени свежести (черствости) хлеба.

1. *Альтернативная органолептическая оценка свежести или черствости хлеба.* Наибольшему числу дегустаторов вручаются зашифрованные условными номерами ломти хлеба разной или одинаковой длительности хранения, но приготовленного с различными добавками или в разных условиях.

Таблица 25

Длительность хранения хлеба, ч	Свежесть хлеба, %	Черствость хлеба, %
4	100,0	—
6	100,0	—
8	91,4	8,6
12	80,0	20,0
24	2,6	97,4
48	—	100,0

Таблица 26

Длительность хранения, ч	Балльная оценка свежести хлеба по					Средний балл
	вкусу	запаху	мягкости мякиша	эластичности мякиша	крошковатости	
4	4,7	4,7	4,3	4,6	4,7	4,6
8	4,4	4,4	4,1	4,5	4,4	4,3
12	3,4	3,6	3,3	4,1	3,8	3,6
24	3,4	3,2	2,7	3,4	3,1	3,2
48	2,6	2,8	2,1	2,9	2,1	2,5

Каждый дегустатор, используя любые представляющиеся ему необходимыми органолептические и дегустационные методы оценки свежести или черствости хлеба, должен записать в дегустационном листке против условного номера образца только одну из двух оценок: «свежий» или «черствый».

После проведения дегустации по каждому образцу хлеба подсчитывается количество тех и других оценок. Количество оценок хлеба как свежего, выраженное в процентах к общему количеству оценок данного образца хлеба, условно принимается за степень свежести хлеба.

Таким же образом по количеству оценок хлеба как черствого подсчитывается процент черствости данного образца хлеба.

В табл. 25 в качестве примера приводим результаты закрытой дегустационной оценки этим альтернативным методом образцов хлеба из пшеничной муки I сорта, хранившихся после выпечки от 4 до 48 ч. В качестве дегустаторов участвовало 35 студентов, лаборантов и преподавателей.

2. *Дифференцированная балльная органолептическая оценка свежести — черствости хлеба.* При этом методе закрытая органолептическая и дегустационная оценка исследуемых образцов хлеба может вестись меньшим количеством дегустаторов, которые должны иметь известный опыт и навыки в органолептической и дегустационной оценке хлеба.

По каждому образцу хлеба дегустатор должен записать в дегустационном листке даваемую им балльную оценку следующих отдельных показателей качества хлеба: вкуса, аромата (запаха), твердости (мягкости), эластичности и крошковатости мякиша.

По каждому из перечисленных показателей качества хлеба дегустатор ставит балл, исходя из того, что балл 5 соответствует очень свежему хлебу, 4 — свежему хлебу, 3 — умеренно черствому хлебу, 2 — черствому и 1 — очень черствому.

По дегустационным листкам для каждого образца хлеба по каждому признаку качества вычисляется среднее значение балла. Кроме этого, по среднему баллу по отдельным признакам качества хлеба для каждого образца его может быть высчитан балл, средний для всех признаков качества.

В табл. 26 в качестве примера приводим средние результаты оценки 20 дегустаторами степени черствости пшеничного хлеба из муки 1 сорта разной длительности хранения.

Факторы, влияющие на черствение хлеба

Ниже будет кратко рассмотрено влияние на черствение хлеба способов и условий хранения хлеба, наиболее существенно влияющих на его черствение способов и режима ведения технологического процесса приготовления хлеба, состава и свойств сырья, а также специальных добавок.

Способы и условия хранения хлеба. Напомним, что при температуре 60 °С и выше хлеб практически почти не черствеет. Снижение температуры хранения с 60 до 0 и -2 °С увеличивает скорость черствения хлеба до максимума, а дальнейшее снижение до -20—30 °С и еще более низкой температуры также практически приостанавливает процесс черствения.

Хранение хлеба при температуре 60 °С и выше. Казалось бы, такой способ хранения может быть одним из способов сохранения его в свежем состоянии. Многие (Катц и другие) предлагали для сохранения хлеба свежим хранить его в камерах с температурой выше 60 °С с увлажнением в них воздушной среды.

При этой температуре специфическая для мякиша свежего хлеба α -форма крахмала устойчива и процесс ретроградации крахмала не происходит или происходит с весьма незначительной скоростью. Однако практическое осуществление длительного хранения хлеба при повышенной температуре хотя технически и возможно, но связано с большим усыханием хлеба (в случае хранения его без влагонепроницаемой обертки) и с опасностью развития в хлебе микроорганизмов, вызывающих заболевание его картофельной (тягучей) болезнью. В отдельных случаях отмечается неблагоприятное влияние хранения хлеба в этих условиях на его вкус и аромат.

Наблюдавшееся в этих условиях заметное потемнение мякиша сопровождалось снижением содержания редуцирующих сахаров, поэтому можно предполагать, что оно связано с медленно протекающим процессом меланоидинообразования. Не исключено, что потемнение мя-

киша связано и с действием полифенолоксидазы на тирозин, если этот фермент хотя бы частично сохранил свою активность в мякише выпеченного хлеба.

Глубокое замораживание хлеба. Этот способ является эффективным с точки зрения радикального торможения процесса черствения и в то же время лишен отмеченных выше недостатков, присущих хранению хлеба при температуре 60 °С и выше.

Хранение хлеба в замороженном состоянии целесообразно потому, что при этом во много раз снижается потеря на усыхание хлеба и полностью исключается развитие в хлебе нежелательной микрофлоры.

Катц еще примерно полвека тому назад установил, что хлеб в замороженном состоянии сохраняет свою свежесть. Причиной этого является то, что глубокое замораживание хлеба, очевидно, практически исключает возможность протекания в его мякише таких процессов, обуславливающих черствение, как ретроградация крахмала и уплотнение структуры белка.

В последующие годы исследованиям и практическому применению глубокого замораживания хлеба и хлебобулочных и сдобных изделий было посвящено большое количество работ.

Было установлено, что хлеб, охлажденный сразу же после выпечки, должен быстро замораживаться в камерах при температуре от -18 до -30 °С при побудительной циркуляции воздуха и затем храниться при температуре от -15 до -20 °С. При хранении замороженного хлеба в течение нескольких суток потери на усыхание резко снижаются и хлеб и другие печеные изделия после дефростации сохраняются практически свежими.

Упаковка хлеба во влагонепроницаемую обертку. Этот способ практически не влияет на процесс ретроградации крахмала, однако замедляет потерю хлебом свежести, определяемой органолептически по сжимаемости мякиша. Это объясняется тем, что снижаются потери влаги мякиша на усыхание, вследствие чего мякиш при той же степени истинной черствости имеет более высокую сжимаемость.

Хранение хлеба в упакованном состоянии снижает и утрату им летучих ароматических веществ.

Следует отметить, что хранение хлеба упакованным ускоряет повышение влажности корки хлеба и потерю ею твердости и хрупкости. Хранение хлеба в упакованном виде делает излишним регулирование относительной влажности воздуха в хлебохранилище.

Виды, состав и свойства сырья, специальные добавки, а также способы и режимы технологического процесса. Общеизвестно, что свежесть хлеба из ржаной муки сохраняется дольше, чем хлеба из пшеничной муки того же выхода. Поэтому хлеб из смеси ржаной и пшенич-

ной муки (ржано-пшеничной из обойной муки, украинский, минский, рижский и др.) черствеет медленнее, чем хлеб из одной пшеничной муки. В связи с этим в ряде стран, в том числе и в нашей стране, широко производится смешанный ржано-пшеничный или пшенично-ржаной хлеб разных видов и сортов. В ряде же стран для мелкоштучных изделий из сортовой пшеничной муки рекомендуется с целью удлинения сроков их свежести добавление 2–3% ржаной сортовой (типа нашей сеяной) муки.

Общепризнано также, что чем выше содержание белка в пшеничной муке и чем лучше качество клейковины, тем сравнительно медленнее черствеет хлеб. Поэтому и добавление к пшеничной муке дезодорированной высокобелковой соевой муки, если процесс ведется так, что от этого не снижается объем и разрыхленность мякиша, также удлиняет период свежести хлеба.

Приготовление хлеба на молоке или сыворотке также способствует сохранению свежести хлеба.

Замедлять процесс черствения хлеба в той или иной мере способны сахара и продукты гидролиза крахмала.

Более длительному сохранению свежести хлеба и хлебных изделий, о которой потребитель судит органолептически и главным образом по реологическим свойствам мякиша способствует внесение в тесто жиров.

Наиболее эффективно в этом отношении добавление жиров в сочетании с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ) и улучшителей окислительного действия, вносимых в тесто в виде тонкодисперсной эмульсии в воде.

Аналогично влияют на черствение и добавки ферментативно-активного белого солода и амилолитических плесневых и бактериальных ферментных препаратов (ФП). Наиболее эффективно замедляют черствение хлеба α -амилолитические препараты, особенно ФП бактериального происхождения, например амилосубтилин Г10х.

Количество ПАВ, применяемых в хлебопечении для замедления черствения хлеба в качестве «смягчителей» мякиша хлеба, увеличивается с каждым годом. К их числу можно отнести: моно- и диглицериды и их смеси, полиоксиэтиленмоностеараты, пальмитаты и стеараты сорбита, монолаурат полиоксиэтиленсорбита, диацетилвиннокислый эфир моноглицеридов стеариновой кислоты, стеароилмолочная кислота, жирнокислотные эфиры сахарозы и многие другие.

Классификация и свойства ФП и ПАВ рассматриваются в главе XI. Здесь мы лишь еще раз подчеркнем, что и α -амилазным ФП и пищевым ПАВ присуща способность замедлять черствение хлеба и соответственно увеличивать длительность периода его потребительской свежести.

Установлено также, что внесение в тесто модифицированного (окисленного) крахмала, повышающего гидрофильность муки, не только улучшает качество хлеба, но и удлиняет период его свежести.

Влияют на сохранение свежести и факторы, связанные с проведением технологического процесса производства хлеба. Применение усиленной механической обработки теста при замесе не только благоприятно сказывается на объеме хлеба, но также удлиняет период сохранения им свойств свежего хлеба. Несколько замедляет черствение хлеба применение заваривания части муки. Практикой установлено, что более длительному сохранению свежести хлеба способствует приготовление пшеничного хлеба на жидких дрожжах, приготовленных на заварках, заквашенных термофильными молочнокислыми бактериями.

Удлинение времени выпечки также замедляет черствение хлеба как ржаного, так и пшеничного.

Влияют на черствение хлеба и хлебных изделий способы и параметры режима приготовления, выбраживания теста, механическая его обработка при разделке, правильное проведение расстойки, применение улучшителей окислительного действия и другие технологические факторы.

Вообще можно отметить, что любые факторы или добавки, увеличивающие объем и улучшающие структуру и реологические свойства мякиша хлеба, а также меры, способствующие снижению усыхания хлеба при хранении, приводят к более длительному сохранению его свежести.

Целесообразно комбинированное применение добавок, тормозящих собственно черствение хлеба, и мероприятий, снижающих усыхание хлеба при его хранении.

ОСВЕЖЕНИЕ ЧЕРСТОВОГО ХЛЕБА

Освежение черствого хлеба повторным его прогревом используется домашними хозяйками, вероятно, не одну сотню лет.

Явление освежения черствого хлеба прогревом было описано Крюнитцем еще в 1784 г. и изучалось многими исследователями.

Бибра в 1860 г. установил, что освежение хлеба может происходить только при его влажности выше 30%. Для освежения черствого хлеба нужно прогреть его до достижения в центре мякиша температуры не ниже 60 °С.

Явление освежения черствого хлеба прогревом хорошо объясняется, исходя из рассмотренных выше представлений о сущности процесса черствения и обратимой (при повторном нагреве) ретроградации крахмала.

Освеженный хлеб обычно повторно черствеет скорее, чем свежесвыпеченный.

Работы, проведенные Р. Г. Рахманкуловой (1957) и затем Е. Е. Демаховским (1969), показали, что, если при освежении черствый хлеб прогревать в условиях, исключаящих потерю им влаги до достижения в центре мякиша температуры выше 90 °С, то повторное его черствение идет не быстрее, чем черствение свежесвыпеченного хлеба.

ХРАНЕНИЕ ХЛЕБА НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ДОСТАВКА ЕГО В ТОРГОВУЮ СЕТЬ

На хлебозаводах хлеб после выхода из печей обычно подается ленточными транспортерами на циркуляционные столы (конические грибовидные или плоские пластинчатые). Со столов хлеб перекалывается на вагонетки-стеллажи или контейнеры. На этих вагонетках, перемещаемых вручную, хлеб хранится до отправки в торговую сеть. Перед отправкой вагонетки с хлебом взвешиваются на платформенных весах и выкатываются на экспедиционную рампу, где лотки с хлебом снимаются и перекалываются в кузов автомашины для перевозки хлеба.

Все эти операции обычно осуществляются вручную. При сдаче в торговую сеть лотки с хлебом также вручную выгружаются из кузова автомашины и передаются в соответствующее складское помещение.

Такой способ перемещения и хранения хлеба, требующий затраты значительного количества физического труда, является технически отсталым и не соответствующим общему высокому уровню механизации процессов на наших хлебозаводах.

При этом 20–30% из числа работающих на хлебозаводе занято погрузочно-разгрузочными, транспортными и складскими (ПРТС) работами в хлебохранилище и экспедиции предприятия.

В связи с этим в последние годы передовыми работниками производства и специальными проектно-конструкторскими организациями разработан, испытывается и внедрен ряд вариантов частичной или комплексной механизации операций, связанных с перемещением, хранением и отгрузкой готового хлеба и хлебных изделий на хлебозаводах.

Однако механизация ПРТС-работ в хлебохранилищах и экспедициях хлебозаводов должна решаться комплексно и включать такие звенья, как транспортирование хлебопекарной продукции в торговую сеть, прием ее и перемещение в складские помещения, а оттуда и в торговые залы.

Решение этой проблемы усложняется тем, что хлебопекарные предприятия различны по их производственной мощности и ассортименту вырабатываемой продукции. Не менее разнообразны и торговые предприятия по их расположению, по условиям разгрузки автотранспорта, по размерам складских и торговых помещений, а также по размерам заказов на отдельные виды хлебопекарной продукции.

Автотранспорт также должен быть специализирован и оснащен устройствами как для загрузки его хлебопекарной продукцией, так и для выгрузки ее в торговой сети.

Нельзя забывать о том, что целью комплексной механизации ПРТС-работ во всех звеньях этой цепочки является не только полное устранение или резкое сокращение операций, выполняемых вручную, но и улучшение качества хлеба и в первую очередь продление периода его свежести.

Для этого и на хлебозаводе, и в автомашине, и в торговой сети хлеб должен храниться в условиях, сводящих к минимуму его усыхание.

При хранении хлеба без упаковки относительную влажность воздуха в хлебохранилище целесообразно регулировать. Она не должна быть слишком низкой (это способствовало бы ускорению усыхания хлеба и затвердевания его мякиша) и слишком высокой (это ускорило бы потерю хрупкости корки). Поэтому хранение незавернутого хлеба рекомендуют при температуре воздуха 25–30 °С и относительной влажности воздуха не выше 80%.

ВНИИХП рекомендовал хранение незавернутого хлеба на обычных вагонетках в специальных камерах с кондиционированием в них воздуха (температура воздуха от 23 до 27 °С, относительная влажность от 80 до 85%). Хлеб, предназначенный для хранения в таких камерах, должен быть предварительно по возможности быстро охлажден до температуры, близкой к 23–27 °С.

В последние годы на хлебозаводах все шире внедряется хранение хлеба не на вагонетках или в ящиках, а в специальных контейнерах, в которых он загружается в автомашины и в них же затем поступает в складское помещение торговой организации, или где это возможно, непосредственно в торговый зал.

Актуальной задачей нашей хлебопекарной промышленности продолжает оставаться широкое внедрение механизированной упаковки хлеба и хлебных изделий с применением современных пленочных материалов. Это мероприятие имеет большое гигиеническое значение, так как исключает прикосновение рук человека к выпеченному хлебу. Снижая усыхание хлеба, оно способствует и большему сохранению его свежести. При длительном хранении хлеба потери на его усыхание могут быть сведены практически к небольшим величинам (порядка 1–2%); эти потери происходят в основном в период охлаждения хлеба перед его упаковкой.

Глава X

Выход хлеба

На каждый вид хлебобулочных изделий утверждена соответствующая рецептура. Рецептурой установлено, какие виды хлебопекарного сырья и в каких количествах (по их массе) должны быть внесены на каждые 100 кг муки, из которой данное изделие готовится.

Рецептуры на каждый вид хлебопекарного изделия включают: 100 кг муки и соответствующие количества (в кг) дрожжей, соли, сахара, жиров, яиц и других видов дополнительного сырья. В рецептуру конкретного вида и сорта хлеба помимо муки входят только те виды сырья, которые для данного сорта предусмотрены.

Количество воды, вносимой в тесто на 100 кг муки, в рецептуре не указывается и должно устанавливаться расчетно с учетом допустимой (по ГОСТу или ТУ) влажности готового изделия, а также содержания влаги в муке и других видах сырья, указанных в рецептуре.

Из этого следует, что из каждых 100 кг муки и соответствующих рецептуре количеств основного и дополнительного сырья — следует выработать наибольшее по массе количество хлеба¹, который должен иметь установленные для данного вида хлеба показатели его качества и пищевой ценности, в том числе вкуса и аромата.

В связи с этим одним из важных показателей хлебопекарного производства является выход хлеба.

ПОНЯТИЕ ВЫХОДА ХЛЕБА

Инструкция по нормированию в хлебопекарной промышленности расхода муки и выхода хлеба определяет, что выход хлеба — это количество готовой продукции, полученной из 100 кг муки и другого сырья, вносимого в соответствии с утвержденной рецептурой.

Выход хлеба ($q_{\text{хл}}$) обуславливается выходом теста ($q_{\text{т}}$) и технологическими затратами (З) и потерями (П).

¹ Здесь и далее в данной главе для краткости под словом хлеб будем понимать как собственно хлеб, так и булочные и другие виды хлебобулочных изделий.

Выход хлеба рассчитывают по формуле

$$q_{\text{хл}} = q_{\text{т}} - (\Pi_{\text{м}} + \Pi_{\text{т.мех}} + Z_{\text{бр}} + Z_{\text{разд}} + Z_{\text{уп}} + Z_{\text{ус.общ}} + \Pi_{\text{кр}} + \Pi_{\text{шт}} + \Pi_{\text{пер.бр}}).$$

В этой формуле:

$q_{\text{хл}}$ — выход хлеба из 100 кг муки и соответствующих рецептуре количеств других видов сырья, кг;

$q_{\text{т}}$ — выход теста из 100 кг муки, кг.

К *технологическим затратам* (Z) относятся:

$Z_{\text{бр}}$ — затраты сухого вещества при брожении полуфабрикатов (жидких дрожжей, заквасок, опары, теста и пр.), кг;

$Z_{\text{разд}}$ — затраты муки на разделку теста, кг;

$Z_{\text{уп}}$ — уменьшение массы выпекаемых тестовых заготовок (ВТЗ) при их выпечке — улек, кг;

$Z_{\text{ус.общ}}$ — общее уменьшение массы выпеченного хлеба в результате усыхания в период с момента выхода хлеба из печи до завершения его хранения на хлебопекарном предприятии, кг.

Инструкция [17] предусматривает в формуле для расчета выхода хлеба два вида затрат, отражающих уменьшение массы хлеба после его выпечки:

$Z_{\text{укл}}$ — уменьшение массы выпеченного хлеба при транспортировании от печи, укладке на лотки, вагонетки или другие устройства, кг;

$Z_{\text{ус}}$ — уменьшение массы хлеба, уложенного на вагонетки или другие устройства при последующем хранении, — усушка, кг.

Величина $Z_{\text{ус.общ}}$ является суммой величин $Z_{\text{укл}}$ и $Z_{\text{ус}}$. Мы эти два вида затрат суммируем, так как они отражают величину снижения массы хлеба в результате одного и того же процесса — его усыхания.

Из приведенного перечня видно, что указанные затраты технологически неизбежны и необходимы для получения хлеба, полноценного по качеству, пищевой ценности, вкусу и аромату. Задачей технологов и коллективов хлебопекарных предприятий является производство полноценного по качеству хлеба с наименьшими, необходимыми для этого технологическими затратами.

К *технологическим потерям* (Π) относятся:

$\Pi_{\text{м}}$ — потери муки до начала замешивания полуфабрикатов, кг;

$\Pi_{\text{т.мех}}$ — механические потери теста, а также и некоторого количества муки при замешивании и перемещении полуфабрикатов и на стадии разделки теста до посадки тестовых заготовок в печь, кг;

$\Pi_{\text{кр}}$ — потери в виде крошки и лома хлеба, получающихся при выемке и транспортировании хлеба в хлебохранилище и укладке его на вагонетки или другие устройства, кг;

$\Pi_{\text{шт}}$ — потери от неточности массы штучного хлеба, кг;

$\Pi_{\text{пер.бр}}$ — потери при переработке брака хлеба, кг.

Приведенный выше перечень потерь показывает, что они технологически не нужны и не оправданы и вызываются несовершенством или неудовлетворительным состоянием соответствующего оборудования или его эксплуатации. Поэтому задачей коллективов и технологов хлебопекарных предприятий является сведение этих потерь до минимума, а если это технически возможно, то и до нуля.

Выход теста q_T рассчитывается по формуле

$$q_T = q_c (100 - W_c) / (100 - W_T),$$

где q_T — выход теста (из 100 кг муки), кг; q_c — суммарная масса сырья, израсходованного на приготовление теста (из 100 кг муки) по рецептуре хлеба, кг; W_c — средневзвешенная влажность сырья, %; W_T — влажность теста после его замешивания, %.

Численные значения выхода теста и хлеба и их нормативные размеры для отдельных сортов хлеба рассчитываются на 100 кг муки при влажности ее $W_m = 14,5\%$.

Приведем пример расчета выхода подового хлеба из пшеничной муки I сорта массой 1 кг. Рецептура этого хлеба предусматривает на 100 кг муки: соли 1,3 кг и дрожжей прессованных 1 кг.

Для расчета приняты следующие значения отдельных показателей: влажность теста 45%, соли 3,5% и дрожжей 75%; $П_m = 0,04$ кг; $П_{г.мех} = 0,06$ кг; $З_{бр} = 2,3$ кг; $З_{разд} = 0,4$ кг; $З_{уп} = 11,3$ кг; $З_{укл} = 0,8$ кг и $З_{ус} = 5,3$ кг, а следовательно, $З_{ус.общ} = 0,8 + 5,3 = 6,1$ кг; $П_{шт} = 0,7$ кг.

Выход теста q_T определяют по формуле

$$q_T = q_c (100 - W_c) / (100 - W_T);$$

при этом масса сырья

$$q_0 = q_m + q_{соли} + q_{др} = 100 + 1,3 + 1 = 102,3 \text{ кг.}$$

Средневзвешенная влажность сырья

$$W_c = (100 \cdot 14,5 + 1,3 \cdot 3,5 + 1 \cdot 75) / 102,3 = 14,91\%.$$

Выход теста

$$q_T = 102,3 (100 - 14,91) / (100 - 45) = 158,3 \text{ кг.}$$

Выход хлеба $q_{хл}$ определяется по формуле

$$\begin{aligned} q_{хл} &= q_T - (П_m + П_{г.мех} + З_{бр} + З_{разд} + З_{уп} + З_{ус.общ} + П_{шт}) = \\ &= 158,3 - (0,04 + 0,06 + 2,3 + 0,4 + 11,3 + 6,1 + 0,7) = 137,4 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Примечание. В этом примере не учтены $П_{зд}$ и $П_{пер.бр}$. При учете этих потерь расчетный выход данного хлеба был бы на 0,05 кг ниже и составил бы не 137,4, а 137,35 кг на 100 кг муки, принятой на склад (при $W_m = 14,5\%$).

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ВЫХОД ХЛЕБА

На выход хлеба могут влиять влажность муки, ее хлебопекарные свойства, влажность теста, количество дополнительного сырья, размеры технологических потерь и затрат, а также отдельные технологические факторы.

ВЛАЖНОСТЬ МУКИ

Чем меньше влажность муки, тем выше может быть выход хлеба, и наоборот. Исходя из этого, все расчеты и установление норм выхода хлеба производят на муку влажностью 14,5%. При этом муку влажностью ниже 12% приравнивают к муке влажностью 12%. Изменение влажности ржаной обойной муки на 1% соответственно изменяет выход хлеба на 1,6–1,7%.

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА МУКИ

Из муки, резко дефектной по хлебопекарным свойствам, обычно практически невозможно получить нормальный выход хлеба без значительного ухудшения его качества. Это относится, например, к пшеничной муке из зерна, пораженного клопом-черепашкой, и вообще к пшеничной муке с сильно сниженным содержанием и качеством клейковины, а также к муке из проросшего зерна, не подвергавшегося специальной обработке, улучшающей его хлебопекарные свойства.

Снижение выхода хлеба при переработке такой муки обуславливается вынужденной необходимостью снижать содержание воды в тесте, так как тесто с предельно допустимой влажностью по его реологическим свойствам непригодно для механизированной разделки.

КОЛИЧЕСТВО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Как видно из приведенной выше формулы выхода хлеба, чем больше количество дополнительного сырья, тем больше будет выход хлеба. Количество дополнительного сырья точно регламентировано рецептурами, утвержденными в соответствующем порядке для основных сортов хлеба и хлебных изделий.

Виды и количества дополнительного сырья отражены в рецептурах и технологических инструкциях по производству всех видов хлебобулочных изделий.

Рецептуры эти обязательны для хлебопекарного предприятия, и даже временные отступления от них в отношении замены одного вида сырья другим допускаются лишь на основании специальных разрешений соответствующих органов.

В рецептурах хлеба и хлебных изделий из пшеничной муки предусмотрено применение только прессованных дрожжей, количество которых на 100 кг муки в рецептуре соответствующего вида и указано.

На ряде предприятий при выработке этих изделий применяют жидкие дрожжи или жидкие и прессованные. В некоторых условиях приходится прибегать к использованию и сухих дрожжей. В этих случаях количество применяемых дрожжей должно определяться с учетом их качества (нодьемпой силы).

ВЛАЖНОСТЬ ТЕСТА И ХЛЕБА

Чем выше влажность теста, тем больше выход хлеба. Именно поэтому правильная дозировка воды в тесте — одно из основных мероприятий, обеспечивающих получение заданного предприятию выхода хлеба.

Увеличение выхода за счет чрезмерного количества воды в тесте приводит к выпуску хлеба с повышенной влажностью в ущерб его энергетической ценности, а следовательно, в ущерб интересам потребителя.

Влажность хлеба регламентируется. В наших стандартах на хлебо-булочные изделия одним из основных физико-химических показателей качества хлеба является показатель максимально допустимой влажности мякиша хлеба.

Тот факт, что стандартом регламентируется влажность не целого хлеба (содержащего 10–20% корки, имеющей более низкую влажность, чем мякиш), и то, что принятая в стандарте методика определения влажности мякиша хлеба не позволяет определить все количество влаги в мякише, делает невозможным чисто расчетным путем точно определить зависимость между влажностью теста, влажностью хлеба и его выходом даже при известных размерах основных технологических потерь.

Однако практический опыт лабораторий хлебозаводов и результаты ряда научных работ позволяют определить зависимость между допустимой влажностью теста и влажностью мякиша, определяемой по методике, предусмотренной стандартом.

В процессе выпечки, как уже отмечалось в главе VIII, влажность мякиша не только не уменьшается, но даже несколько повышается.

При хранении и остывании после выпечки влажность мякиша хлеба вследствие усушки несколько снижается, и действительная влаж-

ность его у остывшего хлеба (определяемая сушкой при 105 °С до постоянной массы) примерно равна влажности теста.

Однако методика определения влажности, установленная в ГОСТе 2194–75 для определения влажности мякиша хлеба (сушка в бюксах заданного размера при 130 °С в течение 40 мин), дает показатели влажности ниже действительных и тем более заниженные, чем выше влажность хлеба.

Практикой установлено, что влажность теста из обойной муки может быть на 1–2% больше влажности мякиша, установленной стандартом для данного сорта хлеба.

Для хлеба из пшеничной сортовой муки массой более 0,5 кг допустимо превышение влажности теста над влажностью мякиша хлеба на 0,5–1%, а для мелкоштучных изделий из пшеничной муки высшего и I сорта следует ориентироваться на влажность теста, равную допустимой влажности мякиша хлеба.

Если бы изменение влажности теста, а следовательно, и мякиша хлеба не влекло за собой соответствующего изменения технологических затрат (в первую очередь упека и усушки), о чем будет сказано ниже, то изменение влажности теста на 1% вызывало бы изменение выхода хлеба на 2,5–3,7 кг на 100 кг муки.

Однако даже с учетом влияния этого фактора на упек и усушку повышение влажности теста на 1% может увеличить выход разных сортов хлеба на 2–3,5%.

Отсюда ясно, что влажность теста должна быть обязательным показателем, контролируемым лабораторией хлебозавода.

Значение этого показателя не только в том, что им в значительной мере определяется выход хлеба, но и в том, что это предварительный, практически достаточно точный показатель будущей влажности мякиша хлеба.

Существенная разница между определением влажности теста и хлеба состоит еще и в том, что влажность хлеба (определяемая в остывшем хлебе) становится известной после того, как хлеб часто уже вывезен с хлебозавода, а влажность теста может быть известна на основании анализа вскоре после замеса.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ И ЗАТРАТЫ

Здесь мы рассмотрим влияние на выход хлеба основных технологических потерь и затрат.

Потери муки до начала приготовления теста — P_m . Потери муки до начала приготовления теста при тарном ее хранении для 11 видов хлеба и булочных изделий в среднем составляют 0,11% [34].

На размеры этих потерь могут влиять распыл муки при ее хранении и перевозке к месту засыпки и потери в отходах от выколачивания муки из недостаточно опорожненных мешков, потери на распыл при засыпке муки, отходы при просеивании муки и все последующие потери муки до момента замеса теста.

При применении бестарного приема и хранения муки в сочетании с пневматическим внутрипроизводственным ее перемещением, при должном состоянии оборудования хлебозаводов и хорошей организации работы эти потери муки можно довести почти до нуля. Установлено [34], что при бестарном хранении муки средняя величина Π_m равна 0,03%.

Механические потери теста и муки при приготовлении и разделке теста — $\Pi_{т.мех}$. При приготовлении полуфабрикатов (опары, заквасок, теста и пр.) и при разделке теста (деление, округление, закатка, промежуточная и окончательная расстойка) происходят механические потери тестовой «крошки» и распыливающейся муки, которые по их санитарному состоянию не могут быть использованы в хлебопекарном производстве.

По данным ВНИИХП, при изготовлении полуфабрикатов с использованием тестоприготовительных агрегатов величины $\Pi_{т.мех}$, т. е. массы механических потерь теста и муки, лежат в пределах от 0,03 до 0,05%, а при приготовлении полуфабрикатов в дежах — от 0,04 до 0,06% к 100 кг массы муки, принятой на склад.

Снижение $\Pi_{т.мех}$ возможно путем улучшения реологических свойств теста и состояния соответствующего оборудования и применения сборников для тестовых «крошек» и распыла муки до того, как они уже утратят санитарную допустимость их использования.

Затраты сухих веществ при брожении полуфабрикатов — $Z_{бр}$. Для определения $Z_{бр}$ полуфабрикатов (жидких дрожжей, заквасок, опар, теста, а также тестовых заготовок при их расстойке) инструкция по нормированию выхода хлеба [17] предусматривает определение в тестовых заготовках перед их выпечкой основных продуктов брожения.

При производстве хлеба из пшеничной муки в тестовых заготовках определяется содержание спирта, по которому можно судить и о количестве образовавшегося углекислого газа, и о затрате сухих веществ на их образование.

При производстве ржаного хлеба для этой цели в тестовых заготовках определяют содержание спирта и летучих кислот, пересчитываемых на содержание уксусной кислоты (в %).

Методы определения этих веществ, а также формулы определения по их содержанию численных значений $Z_{бр}$ детально изложены в инструкции [17].

По данным, установленным ВНИИХПом по 11 видам хлебобулочных изделий, средние для отдельных видов изделий численные значения $Z_{бр}$, выраженные по затрате сахара в процентах к сухим веществам теста, находились в пределах от 2,5 до 3,7%.¹

Однако у одного и того же вида изделия, даже при одном и том же способе тестоприготовления, но на разных предприятиях значения $Z_{бр}$ существенно различались. Например, по формовому хлебу из ржаной обойной муки, готовившемуся на густых заквасках, значения $Z_{бр}$ были в пределах 2,13–3,17 % при средней величине, равной 2,7 %.

В рассматриваемом примере расчета выхода подового ищеничного хлеба из пшеничной муки I сорта значение $Z_{бр}$ принято равным 2,3 кг.

Затраты муки при разделке теста — $Z_{разд}$. В главе VII описаны процессы разделки и оборудование, применяемое на этом этапе хлебопекарного производства. Отмечено, что при производстве подового хлеба и булочных изделий из пшеничной сортовой муки наблюдается прилипание поверхности разделяемых кусков теста к рабочим поверхностям деталей разделочного и транспортного оборудования. Во избежание этого прилипания приходится посыпать поверхность формируемых и расстаиваемых кусков теста мукой. Затрачиваемая на это мука не поглощает и не связывает того количества воды, которое она связала бы в процессе приготовления и брожения теста, а следовательно, не дает того же выхода теста и хлеба.

$Z_{разд}$ отражает уменьшение при этом массы теста, а в конечном счете и хлеба, которое выражается разностью массы теста, которое могло бы получиться из муки, затраченной на подсыпку, если бы она шла на приготовление теста, и массой подсыпкой муки, оставшейся в сформованных изделиях и на их поверхности.

По данным ВНИИХП, минимальные, максимальные и средние значения $q_{разд}$ — массы муки, расходуемой на подсыпку при разделке теста, выраженные в процентах к общей массе муки, были при производстве подовых пшеничных изделий следующими: хлеб пшеничный подовый из муки I сорта — от 0,12 до 1,16, в среднем 0,7%; батоны нарезные из муки I сорта — от 0,023 до 1,49, в среднем 0,6%; булки городские из муки I сорта — от 0,17 до 1,75, в среднем 0,8% к общему количеству муки.

В примере расчета выхода хлеба ищеничного подового величина $Z_{разд}$ принята равной 0,4 кг.

Затрата пшеничной сортовой муки на подсыпку при разделке теста может быть или совсем устранена или резко снижена путем обдувки

¹ Данные о значении $Z_{бр}$ при производстве отдельных из II видов хлеба приведены в Справочнике для работников лабораторий хлебопекарных предприятий [34, с. 29].

разделяемого теста и путем покрытия рабочих поверхностей разделочного и транспортного оборудования соответствующими антиадгезионными гидрофобными покрытиями.

Затраты на упек — $Z_{уп}$. В процессе выпечки (см. главу VIII) масса выпекаемых тестовых заготовок уменьшается вследствие испарения из них части воды и некоторых, относительно очень небольших количеств легко летучих сухих веществ (спирт, летучие кислоты и др.).

Разность между массой тестовой заготовки в момент ее посадки в печь ($q_{т.з}$) и массой горячего хлеба в момент его выхода из печи ($q_{г.хл}$) и отражает упек, а точнее массу упека ($q_{уп}$). Масса упека выражается в процентах к массе тестовой заготовки по формуле

$$q_{уп} = (q_{т.з} - q_{г.хл}) 100 / q_{т.з}.$$

На хлебопекарных предприятиях $q_{уп}$ определяется взвешиванием выпекаемой тестовой заготовки непосредственно перед ее загрузкой в печь (это величина $q_{т.з}$) и ее же (точнее хлеба из нее) в момент выхода из печи (величина $q_{г.хл}$).

Численное значение $Z_{уп}$ (в кг) определяется по формуле

$$Z_{уп} = q_{уп} [q_t - (П_m + П_{т.мех} + Z_{бр} + Z_{разд})] / 100.$$

Упек — крупнейшая по размерам затрата хлебопекарного производства. Поэтому мы приводим ниже пример расчета $Z_{уп}$ пшеничного хлеба из муки I сорта.

Напомним, что при производстве этого хлеба приняты следующие значения: $q_{ит} = 158,3$; $q_{уп} = 7,3$; $П_m = 0,04$; $П_{т.мех} = 0,06$; $Z_{бр} = 2,3$ и $Z_{разд} = 0,4$ кг.

При этом согласно приведенной выше формуле

$$Z_{уп} = 7,3 [158,3 - (0,04 + 0,06 + 2,3 + 0,4)] / 100 = 11,3 \text{ кг.}$$

Естественно, что чем больше $Z_{уп}$, тем соответственно ниже выход хлеба $q_{хл}$.

Установлено, что увеличение $q_{уп}$ влечет за собой известное снижение усыхания хлеба и $Z_{ус.общ}$.

У ржаного хлеба снижение упека на 1% повышает усушку этого хлеба примерно на 0,3%.

Затраты на усыхание хлеба после его выпечки — $Z_{ус.общ}$. Вопросы усыхания хлеба после его выпечки рассмотрены в главе IX. Здесь мы ограничимся тем, что укажем, что в формуле выхода хлеба в инструкции [17, с. 11] с усыханием хлеба связаны два отдельно приводимых вида затрат — $Z_{укл}$ и $Z_{ус}$. Обе эти затраты отражают снижение массы выпеченного хлеба: $Z_{укл}$ — в период с момента выхода его из печи до уклад-

ки на вагонетки, а Z_{yc} — в период последующего его хранения на вагонетках или других устройствах.

Однако причиной снижения массы хлеба в обоих периодах является его усыхание. Крошки и лом хлеба в периоде до его укладки отражаются в величине $\Pi_{кр}$. Раздельность этих двух показателей обусловлена, очевидно, тем, что на хлебозаводах «горячий хлеб» взвешивается лишь после укладки на вагонетки.

Определение величин $q_{укл}$ при производстве 11 видов хлеба, проведенное ВНИИХПом, показало, что средние для каждого вида значения этого показателя были в пределах от 0,54 до 0,93% и в среднем для всех изучавшихся видов хлеба и булочных изделий составляли 0,715%. Поэтому для контроля и расчета выходов было приято среднее значение $q_{укл}$, равное 0,7%. При этом следует учитывать, что сроки хранения хлеба с момента выхода из печи установлены: для хлеба из ржаной обойной, ржаной обдирной, ржано-пшеничной, пшенично-ржаной и пшеничной обойной муки — до 14 ч; для хлеба из пшеничной сортовой муки и хлебобулочных изделий массой более 200 г — 10 ч и для мелкоштучных изделий массой 200 г и менее — 6 ч.

За эти сроки хранения значения q_{yc} , средние для 11 видов хлеба и булочных изделий, находились в пределах от 3,4 до 4%.

Мы, как уже указано выше, пришли к заключению, что необходимо объединить показатели $Z_{укл}$ и Z_{yc} в один общий показатель затрат на усыхание хлеба — $Z_{yc.общ}$. Для установления его численного значения к значению показателя q_{yc} добавляется значение показателя $q_{укл}$ (средняя, равная 0,7%, или экспериментально определенная).

Сумма этих двух показателей ($q_{yc} + q_{укл}$) и будет величиной $q_{yc.общ}$, выражающей общую массу усушки в процентах к массе хлеба в момент его выхода из печи.

Зная численное значение $q_{yc.общ}$ можно рассчитать и значение $Z_{yc.общ}$ по формуле

$$Z_{yc.общ} = q_{yc.общ} [q_{т} - (\Pi_{м} + \Pi_{т.мех} + Z_{бр} + Z_{разд} + Z_{уп})] / 100.$$

В примерном расчете выхода пшеничного подового хлеба показатель $q_{yc.общ}$ был равен 6,1 кг, а $Z_{yc.общ} = 8,8$ кг.

Потери хлеба в виде крошки и лома — $\Pi_{кр}$. При выбивке формового хлеба из форм, при выходе подового хлеба и булочных изделий из печи, при транспортировании их и укладке на лотки, вагонетки и другие устройства часть выпеченных изделий в виде крошек и лома отделяется от хлеба и теряется, в случае если эти отходы по их санитарному состоянию непригодны для переработки с целью использования в хлебопечении.

Массу этой потери $q_{кр}$ выражают в процентах к массе уже остывшего хлеба. Значение же показателя $P_{кр}$ выражают в размерности выхода теста и рассчитывают по формуле

$$P_{кр} = q_{кр} [q_T - (P_{м} + P_{т.мех} + Z_{бр} + Z_{разд} + Z_{ус.общ})] / 100.$$

Для контроля и расчета выходов хлеба ВНИИХП принял следующие средние значения $q_{кр}$: для хлеба из ржаной обойной и обдирной муки, ржано-пшеничной и пшенично-ржаной муки, орловского и столового — 0,02%, для хлеба из пшеничной сортовой муки, нарезных батончиков и городских булок — 0,03%.

Потери от неточности массы штучных хлебных изделий — $P_{шт}$. Этот вид потерь может быть обусловлен неточностью работы тестоделительных машин, различиями в величине усека ВТЗ по ширине пода или люлек, а также различиями в условиях хранения у отдельных частей партии выпеченных штучных изделий. Средние значения $q_{шт}$, принимаемые при контроле и расчете выхода штучного хлеба и булочных изделий, следующие: для хлеба из ржаной муки и смеси муки пшеничной и ржаной — 0,4%; для хлеба из пшеничной муки I и II сортов — 0,5% и для батончиков нарезных и городских булок — 1%.

Величины $P_{шт}$ (в кг) рассчитываются по формуле

$$P_{шт} = q_{шт} [q_T - (P_{м} + P_{т} + Z_{бр} + Z_{разд} + Z_{уп} + Z_{укл} + Z_{ус} + P_{кр} + Z_{ус.общ})] / 100.$$

Потери при переработке брака хлеба — $P_{пер.бр}$. При определении расчетного выхода хлеба учитывают и потери в процессе переработки забракованного санитарно-допустимого хлеба.

Для определения размеров этой потери рассчитывают значения таких показателей, как Br — масса забракованного хлеба, выраженная в процентах к общей массе холодного (а значит, и соответственно усохшего до отправки с хлебозавода) хлеба, выработанного за рассматриваемый период; $q_{пер.бр} = BrE$, где E — коэффициент уменьшения массы бракованного хлеба в процессе его переработки.

По данным ВНИИХПа, численное значение E в среднем равно 0,05. При этом размер $P_{пер.бр}$ для всех изучавшихся видов хлеба и булочных изделий принят равным 0,02%.

Подводя общий итог исследования величин потерь и затрат, ВНИИХП отмечает, что размеры этих потерь и затрат при выработке одного и того же вида изделий на разных хлебобулочных предприятиях значительно различаются. Это обусловлено различиями в ассортименте производимых изделий, а также в оборудовании и технологических процессах для их производства.

ПОТЕРИ И ЗАТРАТЫ СУХИХ ВЕЩЕСТВ И ВЛАГИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ ХЛЕБА

Выше излагалась схема расчета выхода хлеба, исходя из выхода теста из 100 кг муки и размеров технологических потерь и затрат, учитываемых по каждому виду потерь суммарно, без подразделения на потерю или затрату сухого вещества и влаги.

Однако далеко не безразлично, теряем ли мы на той или иной стадии технологического процесса воду или питательное сухое вещество муки. Поэтому многие исследователи занимались изучением потерь сухого вещества при приготовлении хлеба.

Соотношение содержания сухих веществ и влаги в массе отдельных технологических потерь и затрат различно.

В массе муки, теряемой до начала процесса тестоприготовления, сухих веществ 85,2–87,7% и влаги — от 14,8 до 12,3%.

В массе теста и муки, механически теряемых на стадиях приготовления теста и его разделки, сухих веществ содержится около двух третей (60,3–67,3%) и влаги около одной трети (39,7–32,7%). Чем относительно выше доля теста в этих потерях, тем ниже будет в них доля сухих веществ.

Затраты при брожении полуфабрикатов отражают затраты на спиртовое и кислотное брожение только сухих веществ в пересчете их на сахар.

Мука, затрачиваемая на подсыпку при разделке теста, не теряется, а включается в массу тестовых заготовок и их поверхностного слоя. «Недобирается» при этом то количество влаги, которое могло бы быть связано подсыпанной мукой, если бы она была внесена в тесто еще в процессе его приготовления. Часть муки, затраченной на подсыпку, не включавшаяся в тестовые заготовки, либо будет собрана и повторно использована, либо, если она утратит санитарную допустимость, будет отнесена к механическим потерям муки при приготовлении теста и разделке.

Затраты на упек, т. е. на снижение массы тестовых заготовок при их выпечке, на 95–97% состоят из паров воды. От 1,5 до 2% приходится на долю паров спирта, примерно 0,1–0,3% — на долю летучих кислот (в основном уксусной кислоты). В массу упека входит и некоторое количество диоксида углерода.

Затраты на усыхание хлеба как в период до его укладки на вагонетки, так и при последующем хранении на 98–99% состоят из паров влаги. Остальные 1–2% от общей массы усушки представлены парами легколетучих веществ: спирта, летучих кислот, карбонильных соединений и пр.

Масса потерь в виде крошек и лома (кусков и кусочков) хлеба на 85–90% состоит из сухих веществ. При этом в ломе хлеба доля сухих веществ, естественно, ниже, чем в крошках этого же хлеба обычно с поверхностного слоя выпеченного изделия.

Потери от неточности массы выпекаемых штучных хлебных изделий включают и сухие вещества, и влагу этих изделий в соотношениях, обычных для каждого вида изделий.

В заключение данной главы еще раз подчеркнем, что для снижения технологических потерь производства хлеба, а также неоправданно высоких отдельных технологических затрат основное внимание должно быть обращено на снижение потерь и затрат сухих питательных веществ. Нельзя при этом не учитывать положительного или отрицательного влияния каждого вида затрат и составляющих их компонентов на качество, пищевую полноценность, вкус и аромат хлеба.

Глава XI

Пути и способы улучшения качества хлеба

Качество хлеба зависит от качества сырья, в первую очередь от хлебопекарных свойств муки, от способов и режимов проведения отдельных стадий технологического процесса приготовления хлеба и от применения небольших количеств специальных добавок — веществ или продуктов, являющихся улучшителями качества хлебных изделий.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ МУКИ

Проблема улучшения хлебопекарных свойств ржаной и особенно пшеничной муки в основном может быть решена мероприятиями, осуществляемыми в сельском хозяйстве, а также при заготовках, хранении и переработке зерна в муку.

В первую очередь необходимо увеличение посевов новых сортов сильной пшеницы, обладающих наряду с высокой урожайностью, стойкостью к заболеваниям, отзывчивостью на удобрения и другими агротехническими достоинствами также и хорошими хлебопекарными свойствами. Не меньшее значение имеет и проведение соответствующих агротехнических мероприятий.

Особое значение при этом имеет применение соответствующих удобрений, надлежащей обработки почвы, рациональных севооборотов, организованной и эффективной борьбы с болезнями и вредителями зерновых культур, особенно с клопом-черпашкой, и проведение своевременной уборки и первичной послеуборочной обработки зерна.

Очень многое зависит и от организации работы хлебоприемных пунктов и элеваторов: своевременной и правильной оценки хлебопекарных свойств принимаемого зерна, применения рациональных методов и режимов его очистки и сушки, правильного размещения с учетом технологических свойств зерна и рационального хранения его.

Хлебопекарные свойства муки зависят и от мероприятий, проводимых на мельничных предприятиях: составления помольных смесей зерна с учетом его технологических свойств, применения оптимальных режимов кондиционирования зерна, а также от видов помолов и параметров их проведения.

Все перечисленные выше мероприятия могут и должны осуществляться в сельском хозяйстве и системе заготовок, хранения и первичной переработки зерна.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для технолога хлебопекарного предприятия основной задачей является выработка хлебобулочных изделий высокого (по меньшей мере, возможно наилучшего) качества из поступающей на хлебозавод муки, которая может обладать существенно различными хлебопекарными свойствами.

Первым этапом решения этой задачи является определение в лаборатории хлебозавода основных показателей хлебопекарных свойств партий муки, поступающих на хлебозавод. Для пшеничной муки это будут показатели: силы муки (в первую очередь содержания и структурно-механических свойств клейковины); ее сахаро- и газообразующей способности; цвета муки и способности ее к потемнению в процессе выработки хлеба, а также показатели качества хлеба, полученного при пробной выпечке. Для ржаной муки важнейшим является показатель ее автолитической активности.

С учетом установленных показателей хлебопекарных свойств муки определяются оптимальные способы и режимы проведения технологического процесса, специальные дополнительные технологические мероприятия или добавки-улучшители.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, УЛУЧШАЮЩИЕ КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Из числа технологических мероприятий, рассмотренных в предыдущих главах, улучшению качества хлеба могут способствовать: правильное составление смеси партий муки; применение прогрева муки пневматическим ее перемещением нагретым воздухом; внесение жира в тесто в виде водно-жировой эмульсии с применением соответствующего эмульгатора; внесение 3–5% муки в виде заварки (при переработке муки с пониженной сахаро- и газообразующей способностью в изделия, в рецептуру которых не входит сахар); оптимальная (с учетом силы муки и способа приготовления теста) механическая обработка теста при его замесе, обминках и операциях формования тестовых заготовок; применение способов и параметров режима приготовления теста, оптимальных с точки зрения качества хлеба; применение оптимальных условий и длительности окончательной расстойки и выпечки хлеба.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ–УЛУЧШИТЕЛИ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В хлебопекарной промышленности многих стран практикуется внесение в тесто ряда специальных добавок с целью улучшения качества изделий – объема, формы, структуры и свойств мякиша, вкуса и аромата¹. Эти добавки-улучшители по природе их действия можно с известной условностью разделить на улучшители окислительного действия; ферментные препараты; поверхностно-активные вещества; другие улучшители, в том числе и комбинированные по составу и природе действия².

Улучшители окислительного действия

В этом разделе мы кратко напомним основные положения о влиянии окислительного воздействия на свойства муки, теста и хлеба, а затем перейдем к рассмотрению специальных добавок, применяемых в хлебопечении в качестве улучшителей окислительного действия.

¹ Здесь мы не рассматриваем добавки, повышающие пищевую (минеральную, белковую, витаминную) ценность хлеба. Они будут рассмотрены в главе XIV.

² В учебнике мы в основном ограничиваемся характеристикой улучшителей, механизмом их действия и целесообразности и эффективности их применения.

Значение окислительного воздействия на отдельные компоненты муки и теста и на процессы, в них происходящие, рассмотрено уже в предыдущем изложении (см. гл. III, IV, V).

В главе III показано, что окислительное воздействие является фактором, в значительной мере обуславливающим состояние белково-протеинового комплекса муки, влияющим и на ее белковые вещества (упрочнение и снижение атакуемости вследствие образования дисульфидных мостиков путем окисления смежных сульфгидрильных групп), и на активаторы протослиза (инактивация окислением сульфгидрильных групп), и на протениазу (превращение в неактивную форму окислением тех же сульфгидрильных групп). В результате этого повышается сила муки, улучшаются реологические свойства теста из нее и в результате улучшения газо- и формоудерживающей способности теста увеличивается объем хлеба и уменьшается распыляемость подовых изделий.

Проявляется влияние окислительного воздействия и на «слизи» муки (упрочнение структуры вязкой массы набухших слизей в жидкой фазе теста), и на активность амилолитических ферментов, в частности α -амилазы (окисление активных сульфгидрильных групп в составе молекулы α -амилазы снижает ее активность).

Существенна роль и фермента липоксигеназы, участвующей в окислительном воздействии на компоненты белково-протеинового комплекса и пигменты муки.

В главе IV показано, что окислительное воздействие на указанные выше компоненты муки при хранении муки после помола является основной причиной, обуславливающей ее «созревание» (для пшеничной муки — повышение ее силы и осветление).

В главе V рассмотрена роль окислительных процессов при замесе и механической обработке теста как фактора, влияющего на структурно-механические свойства в процессе его образования и созревания. Особенно велика роль окислительных процессов при усиленной механической обработке теста при его замесе и образовании и направлении теста на разделку сразу же или вскоре после замеса.

Рассмотрено в связи с этим и влияние на свойства теста проведения его замеса в атмосфере кислорода, воздуха или инертных газов (азота и др.).

Все это показывает весьма существенное влияние окислительного воздействия на свойства муки, теста и в конечном счете хлеба.

Виды улучшителей окислительного действия и их применение

К улучшителям качества хлеба окислительного действия относятся: кислород, пероксид водорода, бромат калия, йодат калия, персульфат аммония; аскорбиновая кислота (окислительным действием обладает ее дегидроформа), диоксид хлора, пероксид ацетона, азодикарбонамид, пероксид карбамида, пероксид кальция и др. В этот перечень мы не включили оксиды азота, хлор, хлористый нитрозил, пероксид бензоила, применяемые только на мельницах при отбеливании муки. В этот же перечень можно было бы включить и соевую необезжиренную и термически необработанную муку, содержащую активную липоксигеназу, и препараты-улучшители, имеющие ее в основе. Ввиду того, что в этих

продуктах действующим окислительным компонентом является фермент липоксигеназы, рассмотрим их в группе ферментных препаратов.

Из этого перечня улучшителей окислительного действия наиболее широкое практическое применение в хлебопечении нашей страны находит аскорбиновая кислота.

Следует отметить, что органы государственного санитарно-гигиенического надзора и соответствующие пищевые законодательства разных стран по-разному относятся к вопросу о допустимости применения перечисленных выше химических улучшителей окислительного действия. Во многих странах (в США и др.) большинство перечисленных выше соединений разрешено к применению в соответствующих дозировках в мукомольной и хлебопекарной промышленности. В других странах разрешено применение только отдельных указанных улучшителей, например аскорбиновой кислоты. В ряде стран запрещены любые химические методы обработки муки и любые химические соединения в качестве добавок при производстве хлеба.

Переходим к рассмотрению отдельных улучшителей окислительного действия.

Кислород. Кислород воздуха независимо от нашего желания участвует в качестве окислителя в процессах созревания муки, в процессе замеса, образования и созревания теста. В ряде случаев, однако, предусматриваются мероприятия, которые могут увеличить окислительную роль кислорода воздуха в этих процессах. Так, *внутризаводское пневматическое перемещение* муки на мельницах и хлебозаводах способствует ускорению созревания свежесмолотой муки и в некоторой степени ее посветлению. При этом применение подогретого воздуха повышает этот эффект.

Кислород воздуха, механически вовлекаемого в виде микропузырьков в массу теста при замесе, также участвует в происходящих в нем окислительных процессах. Чем длительнее и интенсивнее механическая обработка теста при его замесе, тем больше в нем пузырьков воздуха и тем они мельче. Поэтому соответственно больше и окислительный эффект воздуха, захваченного тестом.

В многочисленных исследовательских работах было показано, что окислительное воздействие, улучшающее реологические свойства теста, может быть значительно усилено, если замес теста производить в атмосфере кислорода или воздуха, обогащенного кислородом. Проведение замеса пшеничного теста в атмосфере воздуха, искусственно обогащенного кислородом, предлагалось рядом авторов и для практического применения в хлебопекарной промышленности.

Пероксид водорода. Пероксид водорода (H_2O_2) — активный окислитель. Возможность его использования для улучшения качества пшеничного хлеба исследовалась в ряде работ.

Предлагался даже способ приготовления пшеничного теста с использованием пероксида водорода в качестве не только улучшителя реологических свойств теста, но и единственного разрыхляющего тесто кислородом агента. Однако практического производственного применения пероксид водорода в хлебопечении не нашел.

Бромат калия и йодат калия¹. Бромат калия KBrO_3 (калий бромноватоокислый) образует при восстановлении KBr .

Йодат калия — KIO_3 (калий йодноватоокислый) при восстановлении образует соответственно KI .

Следует отметить, что в ряде стран практиковалось еще с 1930-х годов добавление бромата калия в муку на мельницах. При этом улучшитель в сухом порошкообразном состоянии соответствующим микродозатором вносится в поток готовой муки и равномерно в ней распределяется.

Однако в большинстве случаев и бромат и йодат калия вносятся в тесто при его приготовлении в виде водного раствора.

Дозировки этих улучшителей связаны с сортом (выходом) пшеничной муки, ее хлебопекарными свойствами (в первую очередь с силой муки) и интенсивностью механических воздействий на тесто. Чем выше выход муки, чем она слабее и чем интенсивнее механическая обработка теста, тем выше оптимальная их дозировка.

При порционном приготовлении пшеничного теста обычным опарным или безопарным способом бромат калия добавляется, как правило, в количестве от 0,001 до 0,004%, а йодат калия в количестве от 0,0004 до 0,0008% к массе муки в тесте. Несмотря на столь незначительные размеры добавок этих улучшителей, они при оптимальной дозировке дают резкое увеличение объема хлеба (на 10–40%), повышение пористости и улучшение структуры и структурно-механических свойств мякиша. Мякиш становится более светлым, а корка более румяной. Расплываемость подовых изделий значительно снижается.

Следует подчеркнуть, что дозировки бромата или йодата калия выше оптимальных для данной партии муки, способа и режима приготовления теста не только не улучшают, но заметно ухудшают качество хлеба. Хлеб получается резко пониженного объема с плотным, плохо разрыхленным мякишем, с характерной бугристостью корки и трещинами и подрывами на ней. Цвет такой корки вследствие торможения протеолиза заметно бледнее обычного. Снижение объема хлеба является, очевидно, следствием чрезмерного для данного теста окислительного воздействия, при котором избыточное упрочнение структуры клейковинного каркаса теста вызывает резкое снижение способности клейковинных пленок растягиваться при увеличении объема газовых пузырьков теста. В результате этого снижается газоудерживающая способность теста и степень разрыхления его при расстойке и в начальном периоде выпечки.

¹ В настоящее время применение в качестве улучшителя бромата калия во многих странах, в том числе и в нашей стране, органами здравоохранения запрещено.

Еще в 1939 г. было убедительно показано, что при усиленной механической обработке теста резко повышается оптимальная величина добавок бромата калия, особенно если замес теста производился в атмосфере не воздуха, а инертного газа (азота).

Еще больше относительно повышается оптимальная дозировка бромата и йодата калия и других улучшителей окислительного действия при применении современных непрерывно-поточных методов приготовления теста с усиленным механическим воздействием на тесто в процессе его замеса и образования и пуске теста на разделку сразу же или через короткое время после замеса. В этом случае окислители играют роль не только улучшителя структурно-механических свойств теста, но и ускорителя процесса его созревания. При этих способах приготовления теста оптимальная дозировка бромата и йодата калия примерно в 4–5 раз больше указанных выше дозировок для обычных способов приготовления теста.

Применяя бромат калия при обычных способах приготовления теста, следует иметь в виду, что его добавки, улучшающие реологические свойства теста, вызывают необходимость довольно существенного (на 10–40%) удлинения процесса окончательной расстойки. Без этого не будет достигнут максимальный эффект улучшения качества хлеба.

Можно еще отметить, что улучшающий качество хлеба эффект добавки бромата калия выше у сортов хлеба, в рецептуру которых входит жир и сахар. Максимальный эффект достигается, когда добавка бромата калия совмещается с внесением жира в тесто в виде эмульсии, приготовленной с применением фосфатидного концентрата или другого неионогенного поверхностно-активного вещества.

Бромат калия является относительно медленно действующим окислителем (что связывают с тем, что его окислительное действие ускоряется по мере повышения кислотности теста), а йодат калия — относительно быстро действующим окислителем. В связи с этим в США в качестве улучшителя окислительного действия часто применяют смесь бромата и йодата калия в соотношении 4 : 1.

Персульфат аммония. Применение добавок персульфатов в качестве улучшителей, вносимых в муку или тесто, было запатентовано еще в 1911 г.

В 1920–30-е годы в хлебопечении европейских стран находил известное применение в качестве улучшителя персульфат аммония — $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Этот улучшитель добавлялся в тесто обычно в количестве от 0,01 до 0,02% к массе муки. В отличие от бромата и йодата калия персульфат аммония сочетает в себе окислительное действие, улучшающее реологические свойства теста, со способностью несколько стимулировать газообразование в тесте. Последнее связано с тем, что это соединение, как аммонийная соль, является дополнительным источником азотистого питания для дрожжевых клеток, повышающим их бродительную активность в тесте.

Добавки персульфата аммония также вызывают увеличение объема хлеба и разрыхленности его мякиша и снижение расплываемости подовых изделий.

Аскорбиновая кислота. Аскорбиновая кислота (витамин С) является добавкой в хлеб или другие пищевые продукты, безукоризненной с точки зрения физиологии и гигиены питания. Поэтому ее применение в хлебопечении разрешено соответствующими органами медицинского надзора и пищевым законодательством и в странах, в которых запрещено применение для этой цели любых других химических улучшителей.

Аскорбиновая кислота, как известно, является восстановителем. Датский исследователь Йоргенсен был первым, кто установил, что аскорбиновая кислота, добавляемая в пшеничное тесто, вызывает улучшающий качество хлеба эффект, аналогичный тому, который дает добавка в тесто бромата калия, являющегося окислителем.

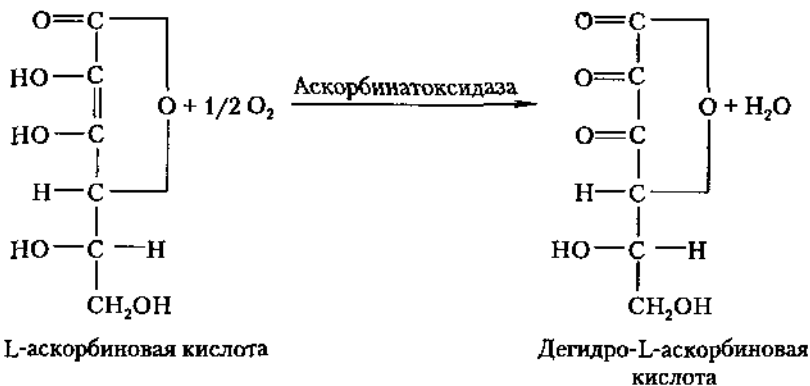
Установлению механизма действия L-аскорбиновой кислоты как улучшителя качества хлеба было посвящено значительное количество исследований и обзорных работ.

На основе этих исследований механизм улучшающего действия добавок в тесто L-аскорбиновой кислоты можно представить себе следующим образом.

В муке имеется окислительно-восстановительная ферментная система, включающая оксидазу аскорбиновой кислоты (по современной терминологии аскорбинатоксидазу) и редуктазу дегидроаскорбиновой кислоты (дегидроаскорбинатредуктазу).

Аскорбиновая кислота, добавленная в тесто, подвергается сопряженному действию упомянутых выше ферментов.

На первой стадии аскорбинатоксидаза катализирует окисление аскорбиновой кислоты с превращением ее в дегидро-L-аскорбиновую кислоту. Этот процесс идет по следующей схеме:



Образовавшаяся дегидро-L-аскорбиновая кислота и является тем окислителем, с которым связано улучшающее действие внесенной в тесто аскорбиновой кислоты.

На второй стадии фермент дегидроаскорбинатредуктаза в присутствии $-SH$ -содержащих компонентов белково-протсиназного комплекса муки в тесте (обозначим их как $R-SH$) катализирует восстановление дегидро-L-аскорбиновой кислоты в аскорбиновую кислоту. При этом $2R-SH$ превращаются в $R-S-S-R$, в результате чего и происходит окислительная инактивация самой протеиназы и ее активаторов (например, глутатиона), а также упрочнение структуры белка вследствие «сшивания» дисульфидными связями-мостиками. При этом улучшаются структурно-механические свойства теста, его газо- и формоудерживающая способность, в результате чего увеличивается объем хлеба и уменьшается расплываемость подовых его сортов.

Аскорбиновая кислота либо вносится в сухом виде в муку на мельницах, либо добавляется при приготовлении теста на хлебозаводах.

Оптимальные дозировки аскорбиновой кислоты, так же как и бромата калия, зависят от сорта (выхода) пшеничной муки, ее силы, способа приготовления теста и интенсивности механической обработки теста, особенно на стадии его замеса и образования.

При обычных способах порционного приготовления теста оптимальные дозировки аскорбиновой кислоты находятся в пределах от 0,001–0,003% для муки высшего и I сорта и до 0,003–0,005% для муки II сорта.

При непрерывно-поточном приготовлении теста с интенсивной механической его обработкой при замесе и образовании оптимум дозировки аскорбиновой кислоты резко увеличивается. Это особенно необходимо, если тесто сразу же после замеса поступает на разделку.

Следует отметить, что одновременное внесение в тесто аскорбиновой кислоты и бромата калия усиливает улучшающий эффект аскорбиновой кислоты. Эффект этот больше, чем суммарный эффект от раздельного добавления тех же количеств этих улучшителей. Причиной этого является, очевидно, то, что внесение в тесто также и бромата ускоряет и делает более полным окисление аскорбиновой кислоты в ее дегидроформу, происходящее в этих условиях не только ферментативным, но и прямым химическим путем.

Замес теста без доступа воздуха или в атмосфере инертного газа снижает, а замес в атмосфере кислорода или воздуха, обогащенного кислородом, повышает улучшающий эффект добавки в тесто того же количества аскорбиновой кислоты.

Аскорбиновая кислота как улучшитель теста и хлеба выгодно отличается от других окислителей практическим отсутствием отрицательного влияния на качество хлеба добавок, превышающих величину оптимальной дозировки.

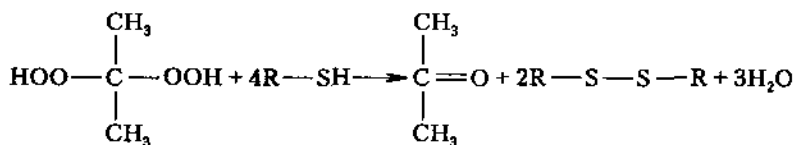
Пероксид ацетона. Пероксид ацетона получается действием пероксида водорода на ацетон. При соответствующем проведении этой реакции конечный ее продукт содержит более 90% ациклического мо-

номера пероксида ацетона, известное количество димера и следы тримера ацетона.

Применение пероксида ацетона в качестве добавки в муку разрешено пищевым законодательством США в 1961–1962 гг.

Механизм и эффективность улучшающего качество хлеба действия пероксида ацетона изучались в ряде работ. Установлено, что он является активным окислителем. Добавки пероксида ацетона, обычно лежащие в пределах 0,002–0,004% к массе муки, вызывают и отбеливание муки (в результате действия на красящие пигменты муки) и ускорение ее созревания после помола, улучшение структурно-механических свойств теста и ускорение процесса его созревания (в результате окислительного воздействия на R—SH-компоненты белково-протеиназного комплекса муки).

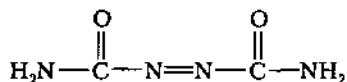
Воздействие пероксида ацетона на R—SH представляется происходящим по схеме



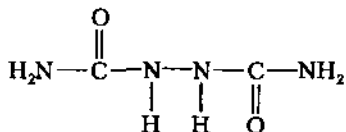
От добавки пероксида ацетона увеличивается объем хлеба, улучшается разрыхленность и структура мякиша хлеба, становящегося более светлым, и повышается формоустойчивость подовых изделий.

Азодикарбонамид. Применение азодикарбонамида также было разрешено в США в 1961–1962 гг.

Азодикарбонамид имеет приводимую ниже формулу



Он тоже является активным окислителем, образующим при восстановлении гидразодикарбонамид (бимочевину):



Добавки к муке азодикарбонамида в отличие от перекиси ацетона практически не влияет на цвет муки, и его основное действие состоит в ускорении процесса созревания муки, улучшении структурно-механических свойств теста и ускорении его созревания, т. е. в действии на R—SH-компоненты белково-протеиназного комплекса муки и теста и улучшении соответствующих показателей качества хлеба (объема, разрыхленности и структуры мякиша и формы подовых изделий).

Есть работы, показывающие эффективность, особенно в условиях непрерывно-поточного приготовления теста, совместного применения азодикарбонамида и бромата калия в соотношении 1 : 2. Такое сочетание особенно целесообразно при применении современных непрерывно-поточных интенсивно механически воздействующих тестоприготовительных установок. Для этих условий целесообразно совместное добавление 0,002–0,003% АДА и соответственно 0,004–0,006% к массе муки бромата калия.

Другие улучшители окислительного действия. В качестве возможных улучшителей качества хлеба изучались или применялись и другие соединения окислительного действия. Из их числа можно упомянуть пероксид кальция CaO_2 и пероксид карбамида.

Окислительное воздействие на компоненты муки лежит и в основе применения ряда веществ и соединений (оксиды азота, пероксид бензоила и др.) только для отбеливания муки на мельницах.

Отбеливающее действие этих реагентов сводится к окислению и обесцвечиванию пигментов муки. Однако ряд отбеливающих муку реагентов окисляюще действует и на R—SH-компоненты белково-протеиназного комплекса муки и поэтому вызывает ускорение ее созревания и соответствующее улучшение структурно-механических свойств теста и показателей качества хлеба.

Применение окислительных улучшителей в мукомольной и хлебопекарной промышленности. Реагенты окислительного действия, применяемые для отбеливания, ускорения созревания и повышения силы пшеничной муки и для улучшения качества хлеба, с точки зрения их отбеливающего и усиливающего (повышающего силу муки и улучшающего реологические свойства теста) действия можно разделить с известной условностью на 3 группы:

1) реагенты преимущественно *отбеливающего действия*: оксиды азота, пероксид бензоила;

2) реагенты преимущественно *усиливающего действия*: йодат калия, персульфаты, аскорбиновая кислота, азодикарбонамид, окисленные модифицированные крахмалы (о них см. ниже в этой главе);

3) реагенты, *сочетающие отбеливающее и усиливающее действия*: кислород, пероксид хлора, пероксид ацетона.

В практике мукомольной и хлебопекарной промышленности отдельных стран реагенты окислительного действия применяются на мельницах не только с целью отбеливания муки. Практикуется внесение в муку на мельницах и улучшителей преимущественно «усиливающего» действия (бромата калия, йодата калия, аскорбиновой кислоты, азодикарбонамида). Целесообразно ли это? При рассмотрении вопроса о дозировках отдельных улучшителей окислительного действия мы уже отмечали, что большинство их имеет четко выраженные оптимальные количества их добавки, превышение которых может вместо улуч-

шения качества хлеба вызывать его ухудшение. Этот оптимум зависит не только от выхода (сорта) муки, ее силы (в том числе и от содержания белка), но и от способов, параметров и условий процесса приготовления теста.

Было уже отмечено, что при непрерывно-поточных методах приготовления теста с интенсивным механическим воздействием на него в процессе его замеса и образования и особенно при исключении периода брожения теста до разделки дозировка окислительных улучшителей может и должна быть в несколько раз увеличена по сравнению с оптимальными для обычных способов приготовления теста. Поэтому современные аппаратурно-технологические схемы (см. главу V) приготовления пшеничного теста предусматривают внесение при этом оптимальных доз окислителей и применение необходимого для этой цели оборудования.

Улучшители восстановительного действия

При приготовлении хлебобулочных изделий из пшеничной сортовой муки с чрезмерно сильной, короткорвущейся клейковиной добавки восстановительного действия также целесообразны. Они будут ослаблять чрезмерно крепкую клейковину, улучшать структурно-механические свойства теста, а в итоге и качество хлебобулочных изделий.

Таким образом, могут влиять такие активаторы протеолиза, как цистеин или глутатион в его восстановленном состоянии (описание их действия приведено в главе III).

Предусмотрено применение для этой цели и *гипосульфита* ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) — тиосульфата натрия.

Целесообразные дозировки гипосульфита лежат в пределах от 0,001 до 0,002% к массе муки.

Ферментные препараты

Назначение применяемых в хлебопечении ферментных препаратов (далее — ФП) в том, чтобы форсировать биохимические процессы, катализируемые ферментами, содержащимися в препарате. Конечной целью форсирования этих процессов является повышение качества хлеба или ускорение технологических процессов его производства, прежде всего на его наиболее длительном этапе — приготовлении теста.

Из сказанного ясно, что ферменты играют весьма существенную роль в технологическом процессе производства хлеба.

Наибольшее значение имеют ферменты *амилолитические* и *протеолитические*, в значительной степени обуславливающие газообразова-

ние при брожении теста и его газо- и формоудерживающую способность. Большое значение имеет и липоксигеназа, играющая существенную роль в процессе созревания пшеничной муки после помола, а также в окислительных процессах, влияющих на реологические свойства теста и цвет мякиша хлеба. Поэтому вполне оправдано уже многие годы практикующееся применение в качестве улучшителей хлеба также и ферментных препаратов.

ЗЕРНОВОЙ СОЛОД И СОЛДОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ

В нашей стране производится солод ржаной сухой ферментированный и неферментированный.

Солод ржаной сухой ферментированный (красный или томленый) получается путем проращивания зерна ржи, его ферментации (томления), сушки и помола. *Солод неферментированный* (светлый или нетомленый) получается тем же путем, но без процесса ферментации.

Под процессом «ферментации» подразумевается процесс выдержки (томления) пророщенного зерна ржи при высокой температуре. Ферментированный солод, помимо этой операции, подвергается сушке также при высокой температуре.

При этом в ржаном солоде интенсивно протекает процесс образования меланоидинов, придающих солоду и красный (точнее красно-буроватый) цвет и специфический вкус и аромат. Именно ради этих свойств данный вид солода и производится.

У ферментированного солода активность ферментов очень невелика — в несколько раз меньше, чем у обычной ржаной обойной муки, так как высокая температура на стадиях томления и сушки приводит к инактивации ферментов. Поэтому ферментированный ржаной солод следует рассматривать не как ферментный препарат, а как добавку, улучшающую цвет мякиша ржаного хлеба (мякиш приобретает приятную коричневатую-бурую окраску), его вкус и аромат. В главе VIII уже отмечалось, что аналогичный эффект может быть получен при значительно удлиненной выпечке ржаного хлеба из обойной муки и без добавления красного ржаного солода.

Ферментированный (красный) ржаной солод обычно вносят в заварку, применяемую при приготовлении ржаного заварного, бородинского и некоторых других видов хлеба.

Однако приготовление красного ржаного солода — процесс трудоемкий, длительный и даже при наиболее рациональной технологии связанный с потерей около 20% сухих веществ зерна ржи.

Солод ржаной сухой неферментированный в отличие от ферментированного сразу же после проращивания зерна подвергается сушке.

Сушка проводится при пониженном давлении и температуре, с тем чтобы α -амилаза, протеолитические и другие ферменты, активность которых резко повышалась при проращивании зерна, сохранили эту активность и после сушки. Измельченный после сушки солод имеет светлую окраску, очень близкую к окраске муки (поэтому его часто называют белым солодом), и резко повышенную активность ферментов, особенно α -амилазы.

Поэтому этот вид солода (неферментированный) применяется в хлебопечении как α -амилолитический ферментный препарат (ФП) и для осахаривания заварки при приготовлении рижского и некоторых других сортов хлеба, а также в качестве улучшителя при переработке пшеничной муки с пониженной сахаро- и газообразующей способностью.

Следует отметить, что в практике отечественной хлебопекарной промышленности белый с высокой активностью ферментов солод применяется лишь в ограниченном количестве соответствующих видов хлеба и предусмотрен в качестве обязательного компонента рецептуры в определенной дозировке, не увязываемой со свойствами, и в частности с сахаро- и газообразующей способностью, перерабатываемой муки.

В ряде стран добавка белого солода с высокой активностью ферментов или солодового экстракта увязывается с уровнем сахарообразующей способности муки.

При приготовлении пшеничного хлеба из пшеничной муки высше-го и I сортов вместо измельченного неферментированного солода целесообразно применять *солодовые экстракты*.

Наиболее ценные для хлебопечения составные части активного белого солода — его ферменты, сахара и декстрины — почти полностью переходят в водный раствор. Поэтому, если приготовить водную вытяжку из солода и уварить ее (при пониженных давлении и температуре, чтобы не инактивировать ферменты), то получится экстракт — густая сиропоподобная масса, содержащая все растворимые в воде части солода. Такой экстракт свободен от оболочек и крупных частиц зерна, обуславливающих более темный цвет мякиша. Применение солодовых экстрактов широко распространено в ряде стран.

Солодовые экстракты улучшают газообразование в тесте, так как примерно на 60% состоят из сбраживаемых сахаров и, кроме того, содержат активные амилолитические ферменты, в частности α -амилазу. Немалую роль играют и протеолитические ферменты солодовых экстрактов, а также активаторы протослиза.

Применение солодовых экстрактов с большой протеолитической активностью и большим содержанием активаторов протеолиза при приготовлении хлеба из слабой муки со слабой клейковиной может привести к ухудшению качества хлеба, к увеличению его распыляемости. Поэтому при характеристике качества солодовых экстрактов следует руководствоваться показателями не только их химического состава и α -амилолитической активности, но и протеолитической активности.

Дозировка солодового экстракта в зависимости от его ферментативной активности и свойств муки колеблется в пределах 1–3% к массе муки.

Наибольший эффект (значительное увеличение объема и пористости хлеба, нормальное окрашивание корки) дает солодовый экстракт, добавляемый к муке с малой сахаробразующей способностью. Применение солодового экстракта удлиняет период потребительской свежести хлеба.

МИКРОБНЫЕ ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Ферментные препараты (ФП) по природе микроорганизмов-продуцентов соответствующих ферментов принято подразделять на ФП *грибного происхождения* — из грибов плесневых, дрожжеподобных и других (*Asp. oryzae*, *Asp. awamori*; *Endomycopsis* sp., *Endomycopsis fibuliger* и др.) и ФП *бактериального происхождения* — из *Vac. subtilis*, *Vac. mesentericus* и других бактерий.

Номенклатура микробных ФП. Выпускаемые промышленностью ФП имеют наименования, сочетающие в себе сокращенное название основного в данном препарате фермента и сокращенное видовое название микроорганизма-продуцента. Так, препарат, в котором основным ферментом является амилаза, полученная культивированием *Asp. oryzae*, именуется *амилоризином*. Если продуцентом такого препарата была культура *Vac. subtilis*, то такой ФП называется *амилосубтилином*.

После наименования микробного ФП в его обозначении фигурируют такие индексы, как: ПЗх, П10х, П15х, П20х или ГЗх, Г10х, Г15х, Г20х. Первые буквы в этих индексах характеризуют *способы выращивания микроорганизма-продуцента*: П обозначает поверхностное выращивание на твердых питательных средах, а Г — глубинное выращивание в жидких средах. Обозначения Зх, 10х, 15х, 20х отражают нарастающую *степень очистки и концентрации ФП*.

Процесс производства микробных ФП и вопросы их применения в отраслях пищевой промышленности и в хлебопечении детально описаны в соответствующей литературе.¹

Поэтому ниже мы ограничимся лишь очень сжатым изложением отдельных вопросов, существенных для технолога хлебопечения.

Комплексность микробных ФП. В культурах грибов плесневых и других и в культурах бактериальных содержатся многие ферменты: *амилолитические* (α - и β -амилазы, глюкоамилаза и др.); *протеолитические* (протеиназы: эндо- и экзополипептидазы; протеазы: кислые, нейтральные и щелочные по оптимуму pH и др.); *пектолитические*; *целлюлолитические* и др. Моноферментных культур микроорганизмов в природе нет. Получение моноферментных препаратов из микробных культур методически возможно и осуществимо, но столь сложно и дорого, что применяется только для исследовательских целей. В микро-

¹ И. М. Грачева, А. Ю. Кривова. Технология ферментных препаратов. — М., 2000. — 512 с.

бных ФП промышленного назначения с учетом характера и специфики их действия добиваются преобладания активности наиболее нужного одного фермента. В случае необходимости наличия в препарате не только основного, преобладающего, фермента, но и других устанавливается и количественное соотношение численных значений их активности.

При характеристике отдельных видов *ферментативной активности* ФП приняты методики, предусматривающие выражение активности в единицах на 1 г препарата (ед./г ФП). За единицу активности обычно принимается количество соответствующего субстрата, измененного действием характеризуемого фермента за заданное время при строго обусловленных условиях и параметрах проведения определения.

В микробных ФП определяется целый ряд видов ферментативной активности, имеющих приводимые ниже сокращенные обозначения: АС — амилолитическая активность (способность); ПС — протеолитическая активность; ПкС — пектолитическая активность; ОС — осаживающая способность и т. д.

В пределах каждого из этих видов ферментативной активности могут быть и более дробно и точно ее характеризующие подвиды активности. Так, например, в пределах ПС может определяться ферментативная активность протсазы: кислотоустойчивой, нейтральной и щелочной.

Нормативы ферментативной активности основного преобладающего фермента микробного ФП приводятся в стандарте или ТУ на данный препарат.

В хлебопекарной промышленности могут быть ситуации, когда целесообразно применение ФП с повышенной ПС. В этом случае целесообразно применение таких ФП, как *протосубтилин Г10х* или *протосубтилин Г20х*, продуцентом которых является глубинная культура *Bac. subtilis*. Помимо уже упомянутых ФП представляют интерес для применения в хлебопечении и следующие микробные препараты.

Амилоризин П20х (продуцент *Asp. oryzae*), *глюкаваморин П10х* (из *Asp. awamori*) и *амилосубтилин Г10х* и *Г15х* (из *Bac. subtilis*).

Исследованиями установлена целесообразность применения в хлебопечении и комплекса микробных ФП. Этот комплекс называется *мультиэнзимной композицией* (сокращенно — МЭКХП)¹.

Для хлебопекарной промышленности были рекомендованы два типа этого улучшителя: тип I — двухкомпонентный МЭК, в состав которого входят амилоризин П10х и амилосубтилин Г10х в соотношении по массе 100 : 3, и тип II — трехкомпонентный, имеющий в составе амилоризин П10х, амилосубтилин Г10х и протосубтилин Г10х в соотношении 100 : 2 : 6.

Тип II этого улучшителя предпочтителен при применении пшеничной муки с клейковиной малой растяжимости.

¹ Регулирование технологического процесса с помощью комплексных улучшителей / [Р. В. Кузьминский, Т. И. Шваркина, И. А. Попадич и др.]. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1981. — № 1. — С. 26–29.

В заключение раздела о микробных ФП можно отметить очень перспективный путь повышения эффективности их применения как катализаторов соответственных биохимических процессов. Это может быть достигнуто путем иммобилизации наиболее важных и технологически нужных ферментов препарата на соответствующих веществах и поверхностях-носителях. Работы этого направления ведутся у нас и за рубежом, а результаты их находят уже промышленное, и очень эффективное, применение при использовании ферментных препаратов.

Продукты и препараты с липоксигеназной активностью и их применение в хлебопечении

Роль фермента липоксигеназы в окислении сульфгидрильных групп в компонентах белково-протеиназного комплекса муки и в связи с этим в повышении силы муки и улучшении структурно-механических свойств теста, а также в окислении и обесцвечивании пигментов эндосперма в муке и осветлении мякиша хлеба рассмотрена уже в главах III, IV и V. Однако активность липоксигеназы в зерне пшеницы и в пшеничной муке относительно низка. В связи с этим в ряде стран для улучшения качества хлеба применяются добавки в тесто продуктов или препаратов, имеющих высокую липоксигеназную активность.

Соевая мука. Липоксигеназная активность семян сои в 10–15 раз выше по сравнению с семенами пшеницы и других злаков.

Поэтому необезжиренная соевая мука, не подвергавшаяся термической обработке и полученная из непрогретых бобов сои, является естественным препаратом активной липоксигеназы. Такая соевая мука может быть использована в качестве улучшителя пшеничного хлеба, обладающего окислительным действием.

В 1927 г. был предложен хлебопекарный улучшитель, имеющий в основе липоксигеназноактивную соевую муку. Улучшитель такого типа под торговой маркой *Vytase* производится в США. Добавки его в количестве до 1% к массе муки увеличивают объем хлеба, улучшают структуру, реологические свойства и цвет мякиша.

В отдельных странах, в которых запрещена отбелка муки химическими методами, практикуется добавка при приготовлении хлебных изделий из пшеничной муки 0,5–1% ферментативноактивной необезжиренной соевой муки. Главной целью этой добавки является получение готовых изделий с более светлым мякишем.

Разработан и ряд способов применения ферментативноактивной соевой муки при приготовлении пшеничного теста, резко повышающих эффект окислительного действия содержащейся в соевой муке липоксигеназы.

В 1950 г. в Англии был предложен способ, при котором ферментативноактивная соевая мука в количестве около 0,1% к массе всей муки в тесте вносилась при приготовлении жидкой опары, которая в течение 3–8 мин интенсивно перемешивалась в быстроходной мешалке. Дальнейший процесс брожения опары и приготовления теста идет обычным порядком.

При этом способе интенсивно перемешиваемая опара насыщается пузырьками воздуха, кислород которого может быть использован липоксигеназой соевой муки для образования гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот. Однако в этой фазе только жир муки является субстратом для липоксигеназы и образования гидропероксидов, которые могут окислительно действовать на компоненты белково-протейназного комплекса и пигменты части муки, вносимой в эту опару.

В США был разработан способ улучшения качества пшеничного хлеба под действием липоксигеназы соевой муки, предусматривавший предварительное приготовление также интенсивно перемешиваемой окислительной фазы из воды, соевой ферментативноактивной муки (1% от общей массы муки в тесте) и растительного масла (0,5% к массе муки) в качестве субстрата для действия липоксигеназы. Однако в этой фазе нет муки, т. е. того субстрата, на который должны окислительно действовать образовавшиеся гидропероксиды.

Наибольший эффект использования липоксигеназы соевой муки, улучшающий качество пшеничного хлеба, достигается при применении разработанного в МТИППе способа, описанного в главе V. Этот способ предусматривает в процессе приготовления теста предварительную, интенсивно перемешиваемую *жидкую окислительную фазу (ЖОФ)*, в которую последовательно вносятся: вода и соевая мука (0,3%), жировой субстрат (эмульсия в воде 0,05% растительного масла и 0,05% фосфатидного концентрата) и на последней стадии — часть (15–25%) пшеничной муки.

Наличие в этой фазе всех перечисленных компонентов и обеспечивает относительно наибольшую эффективность этого способа по сравнению с другими упомянутыми выше.

Клеточный сок картофеля. Клеточный сок картофеля (далее сокращенно — КСК) является отходом картофелекрахмального производства и содержит, как известно, помимо углеводов, белка, минеральных соединений и витаминов, также *активную липоксигеназу и термоустойчивые ингибиторы протеолиза*.

Исходя из этого и из предварительных опытов, проведенных во ВНИИХПе и МТИППе, был предложен способ использования КСК для улучшения качества пшеничного хлеба.¹

В МТИППе было установлено, что КСК можно консервировать 15% поваренной соли и превратить в КСК-Конс, способный длительно сохраняться. Был также разработан способ получения концентрата (Конс) из КСК-Конс, определены оптимальные для разных способов приготовления дозировки КСК и упомянутых выше его препаратов. Показано, что КСК и его препараты целесообразно вносить не только в жидкую окислительную фазу (ЖОФ), но и в фазу активации прессованных дрожжей.

Наиболее удобно и эффективно применение в хлебопекарной промышленности концентрата, полученного из КСК-Конс.

¹ А. с. 426640 (СССР). — Б. И., 1974, № 7.

Поверхностно-активные вещества

Следует отметить, что поверхностно-активные вещества (ПАВ) применяются в хлебопечении не только в качестве эмульгаторов при приготовлении эмульсий жира в воде.

В ряде стран ПАВ входят в качестве обязательного компонента в жировые продукты, производимые для применения в хлебопечении.

В нашей стране были разработаны два таких жировых продукта: жир с фосфатидами для хлебобулочных изделий и жир жидкий для хлебопекарной промышленности. Техническая документация на эти жировые продукты предусматривает наличие фосфатидного концентрата пищевого.

В составе жидкого жира для хлебопекарной промышленности также предусмотрено наличие ПАВ.

При приготовлении теста практикуется и самостоятельное внесение отдельных ПАВ в качестве добавки, улучшающей свойства теста, качество хлеба и способность его сохранять свежесть. Поэтому соответствующие ПАВ можно рассматривать как особую группу хлебопекарных улучшителей.

СВОЙСТВА ПАВ

К ПАВ относят вещества, обладающие способностью адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать поверхностное натяжение. В ПАВ имеются гидрофильная и гидрофобная (липофильная) части. На поверхности раздела фаз, например жира и воды, частицы ПАВ своей гидрофильной частью будут обращены к поверхности воды, а липофильной (гидрофобной) к поверхности жира. Поэтому адсорбция молекул ПАВ на поверхности раздела фаз всегда упорядочена. Это свойство ПАВ, в частности, и обуславливает эффективность их применения при приготовлении водно-жировых эмульсий в качестве эмульгаторов. Соотношение гидрофильной и липофильной частей ПАВ является показателем *гидрофильно-липофильного баланса* (ГЛБ). Оптимальным для улучшения свойств теста и хлеба является ГЛБ в пределах от 6 до 14.

По признаку ионогенности ПАВ могут быть разделены на следующие группы:

1) *анионоактивные* ПАВ, диссоциирующие в водных растворах с образованием ионов, несущих отрицательный заряд (например, стеароилмолочная кислота, натриевая и кальциевая соли стеароилмолочной кислоты и пр.);

2) *неионогенные* ПАВ, не диссоциирующие на ионы. К этой группе относятся, например, моно- и диглицериды жирных кислот и их смеси, стеараты сахарозы и пр.;

3) амфолитные ПАВ со смешанной ионогенной функцией (анионо- и катионоактивные). К этой группе относятся фосфолипиды (лецитин, фосфатиды и фосфатидные концентраты).

ПАВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

В хлебопечении могут применяться только ПАВ, безукоризненные с точки зрения их безвредности в качестве компонента продукта питания и получившие официальное одобрение государственных органов здравоохранения и санитарно-гигиенического надзора.

В нашей стране исследована эффективность применения в хлебопечении целого ряда ПАВ: ФК — фосфатидных концентратов; МГ и ДГ — моно- и диглицеридов жирных кислот и их смесей, в том числе МГС (моноглицерида стеариновой кислоты) и др.; стеаратов сахарозы; натриевой и кальциевой солей стеарилолмолочной кислоты; МГС-ДВ — эфира моноглицерид-стеарата с диацетилвинной кислотой.

Применяется в хлебопечении и ряд других ПАВ (полиоксиэтилен-моностеараты, эфиры сорбита и пропиленгликоля с разными жирными кислотами и др.).

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПАВ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБА

Наибольший эффект, улучшающий качество хлеба, достигается, если жир, предусмотренный для данного сорта хлеба или булочных изделий, вносится в тесто в виде эмульсии в воде с применением ПАВ в качестве эмульгатора. Добавки ПАВ позволяют получать при этом более тонкодисперсную и устойчивую эмульсию.

Внесение жира и ПАВ в тесто в виде эмульсии в воде способствует лучшему распределению их в тесте и поэтому дает в результате большее улучшение качества хлеба, чем внесение в тесто тех же количеств жира и ПАВ в неземульгированном состоянии.

Еще большая степень улучшения качества хлеба достигается, если жир и ПАВ вносятся в тесто в виде эмульсии с добавлением улучшителя окислительного действия.

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА СВОЙСТВА ТЕСТА И КЛЕЙКОВИНЫ

Влияние ПАВ на свойства теста имеет существенное технологическое значение и в значительной мере предопределяет влияние этих веществ на показатели качества хлеба.

Влияние добавок ПАВ на процесс брожения теста изучено очень мало. Есть указания на то, что добавление в тесто 1–2% фосфатидного концентрата (ФК) практически не влияет на газообразование в тесте или даже несколько снижает его.

Поэтому увеличение объема хлеба в результате добавок ПАВ может быть объяснено лишь повышением газодерживающей способности теста на стадиях окончательной расстойки и начального периода выпечки.

В отношении теста из пшеничной муки I и II сортов с добавками 0,75, 1 и 2% ФК повышение газодерживающей способности теста подтверждено экспериментально. Так, в контрольном тесте из пшеничной муки I сорта без добавления ФК, приготовленном на опаре, бродившей 210 мин, было удержано 45,5% от общего количества выделившегося диоксида углерода. В таком же тесте с добавкой 1% ФК доля CO_2 , удержанного тестом, возросла до 64%.

Газодерживающая способность теста обусловлена его реологическими свойствами, которые в пшеничном тесте в основном зависят от реологических свойств клейковины.

Влияние добавок отдельных ПАВ на реологические свойства теста и его клейковины изучалось рядом исследователей.

Экспериментальные данные по этому вопросу довольно разноречивы как в отношении методов определения реологических свойств теста и клейковины, так и в отношении результатов, полученных с разными ПАВ и даже с одними и теми же ПАВ в разных работах. Так, в отношении влияния добавления в тесто ФК есть указания на то, что тесто становится более крутым («крепким») по консистенции, уменьшается его распыляемость, причем увеличиваются значения модуля сдвига, модуля упругости и вязкости релаксационной и упругого последействия.

В других работах показано, что добавки ФК, наоборот, несколько ослабляют тесто, делая его более жидким по консистенции. Это же установлено и по отношению к добавкам таких ПАВ, как лецитин и моно- и дистеарат сахарозы.

Разноречивы и данные по влиянию на реологические свойства теста моностеарата сахарозы.

Заметно улучшились реологические свойства теста из пшеничной муки, определявшиеся в процессе замеса на фаринографе, при добавках таких ПАВ, как стеароилфумарат натрия.

Отмечается, что резко улучшает реологические свойства теста аналогично стеароилфумарату натрия также и стеарил-2-лактат кальция. Эти два ПАВ повышают стойкость теста к механическим воздействиям при замесе и устойчивость тестовых заготовок к расплыванию при расстойке и выпечке, в связи с чем они даже носят наименование улучшителей свойств теста.

Практикой применения ПАВ в хлебопечении США установлено, что их добавление в тесто приводит к повышению его способности бесперебойно обрабатываться на тесторазделочных машинах без замазывания поверхностей их рабочих органов.

В отдельных работах изучено влияние вносимых в тесто ПАВ на свойства клейковины.

На основании этих работ можно отметить, что такие ПАВ, как ФК, моно- и дистеарат сахарозы, «ослабляют» клейковину, одновременно повышая ее влагоемкость, а в связи с этим и количество отмываемой сырой клейковины.

Необходимо отметить, что в бродящем тесте при этом увеличивается способность клейковины к растяжению и уменьшается ее сопротивление этой деформации. Для пшеничного теста из сильной и очень сильной муки это может быть одним из основных факторов повышения газодерживающей способности. В связи с этим положительное влияние добавок указанных ПАВ на качество хлеба особенно заметно при приготовлении теста из муки с короткорастущей и крошащейся клейкови-

ной. Исходя из этого, рекомендуется дозировку добавляемых ПАВ (ФК) связывать с растяжимостью клейковины муки. Чем более короткорастущей является клейковина, тем выше оптимальная добавка ПАВ.

По-другому действуют на свойства клейковины ПАВ, обладающие анионной активностью. Добавки этих ПАВ резко укрепляют клейковину, что, очевидно, вызывает и резкое повышение устойчивости реологических свойств теста при замесе.

Очевидно, что по характеру действия на реологические свойства теста и клейковины применяемые в хлебопечении ПАВ существенно различаются тем, что амфолитные (ФК, лецитин) и неионогенные ПАВ (моно- и диглицериды, жиро-сахара и др.) несколько ослабляют тесто и клейковину; анионоактивные — усиливают и клейковину, и тесто.

Для этих групп ПАВ общим является то, что соответствующие оптимальные их добавки приводят к увеличению объема хлеба, что может быть лишь результатом улучшения газодерживающей способности теста. Общим является и повышение способности теста легко обрабатываться на стадии его разделки.

Отметим еще одно своеобразное влияние добавок ПАВ на свойства теста. В отдельных работах указывается, что добавки ПАВ, в частности моноэфира сахарозы, увеличивают прочность связывания влаги в тесте. Это приводит к тому, что влажность теста, определяемая обычным методом, заметно (на 1,4%) ниже влажности контрольного (без добавок ПАВ) теста, приготовленного при том же соотношении в нем сухих веществ и воды.

В литературе есть сведения, что добавка в тесто глицерилмоностеарата также приводит к тому, что вода становится менее доступной для испарения.

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ВЫПЕЧКЕ И ХРАНЕНИИ ХЛЕБА

Производственной практикой установлено, что введение в тесто ПАВ приводит к получению хлеба не только большего объема, но и с более мягким и легко сжимаемым мякишем. Установлено также, что мякиш такого хлеба медленнее утрачивает «мягкость» при последующем хранении, что является показателем замедления процесса его черствения. Отмечается и то, что булочные изделия с добавкой ПАВ дольше сохраняют хрустящую и хрустящую корочку.

Указанные отличия хлеба с добавками ПАВ в значительной степени обусловлены их влиянием на изменения компонентов хлеба в процессе его выпечки и последующего хранения.

Относительно лучше изучено влияние ПАВ на крахмал ВТЗ в процессе выпечки и мякиша хлеба при последующем его хранении. В этой области установлено или предполагается следующее:

а) добавление ПАВ повышает температуру начала клейстеризации крахмала. Это установлено путем добавок ряда ПАВ в водно-крахмальную пасту, исследуемую при прогреве ее на амилографе;

б) добавление ПАВ может уменьшать набухание зерен крахмала ВТЗ, что может быть связано с повышением температуры начала клейстеризации и меньшей длительностью ее в ходе выпечки хлеба.

Уменьшение набухания крахмала при выпечке оставляет большую долю воды в жидкой фазе ВТЗ, что является одной из возможных причин большей мягкости хлеба с добавками ПАВ;

в) ПАВ могут в тесте адсорбироваться в виде тонких (вплоть до мономолекулярных) слоев на поверхности зерен крахмала.

В реальном тесте из обычной муки речь, очевидно, может идти в первую очередь об «открытой» (не покрытой «прикрепленным» белком) части поверхности зерен крахмала частиц муки. Можно полагать, что это как бы экранирование части поверхности зерен крахмала уменьшает соприкосновение зерен крахмала с водной фазой теста. Результатом этого может быть и уменьшение набухания зерен крахмала, и повышение температуры начала их клейстеризации при выпечке. Полагают, что образование этих адсорбционных слоев ПАВ на поверхности зерен крахмала снижает и их сцепление с клейковинным каркасом ВТЗ и вероятность агрегации смежных зерен набухшего крахмала в процессе выпечки. Это также может способствовать повышению мягкости мякиша хлеба;

г) влияние ПАВ на амилозную и амилопектиновую фракции крахмала ВТЗ в процессе выпечки и последующего хранения хлеба также может играть существенную роль.

Исходя из представлений, изложенных в главе IX (которые развивал Шоч), полагают, что добавки ПАВ предотвращают или, по меньшей мере, снижают при выпечке диффузию амилозы из набухших зерен крахмала в водную фазу ВТЗ, в которой они образуют коллоидный раствор уже при охлаждении выпеченного хлеба, превращающегося в структурированный гель. Этот гель, окружающий зерна крахмала, по мнению Шоча, придает упругость мякишу хлеба.

Уменьшение при выпечке диффузии амилозы из набухших зерен крахмала происходит в результате образования внутри крахмальных зерен спиралевидных цепочек амилозы с ПАВ в качестве включенного в них стержня. В этом состоянии амилоза иммобилизована и не способна к переходу из набухших зерен крахмала в водную среду. В результате этого уменьшается концентрация, структурированность и упругость амилозного геля вокруг зерен крахмала в остывшем хлебе, что наряду с большим количеством оставшейся свободной воды повышает мягкость и пластичность мякиша хлеба с добавками ПАВ. При такой трактовке вопроса процесс черствения остывшего свежего хлеба при его дальнейшем хранении сводится исключительно к ретроградации амилопектиновой фракции в набухших и частично клейстеризованных при выпечке зернах крахмала. На этот процесс, заключающийся во взаимно параллельной ориентации и агрегации цепочек — ответвлений молекулы амилопектина, по мнению Шоча, добавки ПАВ влияния не оказывают.

При таком понимании изменений в крахмале мякиша хлеба в процессе его черствения не находит объяснения тот факт, что добавки ПАВ не только делают более мягким мякиш свежего остывшего хлеба, но и замедляют снижение мягкости мякиша хлеба при последующем его хранении. Именно вследствие этого соответствующие ПАВ и рассматриваются как добавки, замедляющие черствение хлеба.

Можно предполагать, что некоторое количество внесенных в тесто ПАВ проникает внутрь набухающих и деформирующихся при выпечке зерен крахмала через участки поврежденных и разрушенных внешних их слоев (оболочки). При этом возможно и задерживающее действие ПАВ на процесс ретроградации амилопектина, а также части амилозы, оставшейся внутри зерен крахмала;

д) влияние ПАВ на свойства белка (клейковинного остова) ВТЗ и мякиша хлеба в процессе черствения также играют, очевидно, известную роль.

Выше мы уже отмечали, что добавки ПАВ, влияя на свойства белков клейковины, повышают газодерживающую способность и в то же время делают свободную влагу теста более трудно испаряемой. При выпечке хлеба это может вызывать известное замедление образования корки и в результате удлинение периода увеличения

объема ВТЗ. В сочетании с повышенной газоудерживающей способностью теста это и обуславливает, очевидно, то, что хлеб с добавками ПАВ имеет больший объем, чем контрольный хлеб без этих добавок.

Возможное «прослаивание» белка клейковины соответствующими ПАВ может сказываться на реологических свойствах клейковинного остова теста, а также на состоянии денатурированного белка мякиша выпеченного хлеба, составляющего его непрерывную фазу.

Установлено (см. гл. IX), что известную роль в черствении хлеба играет изменение (структурное уплотнение и упрочнение) белковой части его мякиша, также влияющее на снижение мягкости мякиша при его черствении.

Добавки ПАВ снижают, можно полагать, скорость изменения при хранении хлеба состояния белковой части его мякиша.

е) Более длительное сохранение хрупкости корки хлеба и хлебных изделий, выпеченных с добавкой соответствующих ПАВ, также является одним из положительных результатов их применения.

Известно, что твердость и хрупкость корки свежевыпеченного хлеба при его хранении утрачивается вследствие миграции влаги из мякиша в корку и повышения ее влажности.

Можно допустить, что добавки ПАВ снижают способность влаги жидкой фазы теста не только к испарению, но и к миграции в массу хлеба.

Замедление миграции влаги в хлебе при его хранении может не только способствовать более длительному сохранению хрупкости корки выпеченного хлеба, но и сказываться в известной степени на мягкости его мякиша.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРИМЕНЕНИИ ПАВ КАК УЛУЧШИТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Суммируя изложенное о разностороннем влиянии применения добавок ПАВ в процессе приготовления хлеба, можно отметить следующее:

1. Применение соответствующих ПАВ может существенно улучшить качество хлебных изделий из пшеничной муки (увеличивается объем изделий, улучшается структура пористости мякиша и его структурно-механические свойства — он становится более мягким и нежным на ощупь). Особенно значительное улучшение качества хлеба достигается в случае, если ПАВ применяется в качестве эмульгатора в составе водной эмульсии жира, вносимого в тесто, при одновременной добавке улучшителя окислительного действия (например, бромата калия).

2. Применение ПАВ способствует более длительному сохранению свежести хлебных изделий (мякиш хлеба медленнее утрачивает мягкость, а корка дольше сохраняет хрупкость).

3. Добавки соответствующих ПАВ влияют на реологические свойства теста, улучшая его газоудерживающую способность и способность обрабатываться на стадии разделки.

Характер влияния отдельных групп ПАВ на реологические свойства теста и клейковины различен. Анионактивные ПАВ (стеаро-

ил-2-лактат кальция, стеароилфумарат натрия и др.) заметно укрепляют клейковину и тесто, а амфотерные (ФК, лецитин) и неионогенные (моно- и диглицериды, жирсахара и многие другие) их несколько ослабляют. Поэтому при приготовлении теста из муки с короткорвущейся и тем более крошащейся клейковиной целесообразно применение амфотерных или неионогенных ПАВ.

Модифицированные крахмалы как улучшители качества хлеба

Для повышения качества хлеба в нашей стране производится крахмал, окисленный для хлебопечения. Этот модифицированный крахмал (МДК) получают путем окисления кукурузного крахмала разными реагентами — броматом калия (МДК марки А), перманганатом калия (МДК марки Б) или гипохлоритом кальция (МДК марки В). МДК этих марок целесообразно использовать при выработке хлеба, хлебобулочных и бараночных изделий из пшеничной, в первую очередь сортовой, муки.

Применение МДК повышает гидрофильные свойства муки, улучшает реологические свойства теста, увеличивает объем хлеба и сжимаемость, улучшает цвет мякиша и продлевает период потребительской свежести хлеба.

При выработке хлебных изделий из сортовой пшеничной муки дозировка МДК лежит в пределах от 0,3% (у марки А) до 0,5% (у марок Б и В).

Производятся и другие виды модифицированного крахмала¹.

Набухающие крахмалы, получаемые их влаготермической обработкой или другими способами, также находят в ряде стран применение в хлебопекарной промышленности. Они представляют собой порошкообразный в значительной степени клейстеризованный крахмал. Внесение их в тесто вызывает тот же эффект, что и заварки из части муки, а логично влияя на свойства теста и процессы, происходящие в нем, а также на качество хлеба и продление периода его свежести.

Их применение на хлебопекарном предприятии намного проще и удобнее, чем приготовление заварок.

Применение в хлебопечении *продуктов ферментного гидролиза крахмала* также может быть одним из способов повышения качества хлеба и замедления его черствения.

¹ Сапронов А. Р., Жушман А. И., Лосева В. А. и др. Общая технология сахара и сахаристых веществ. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 454 с.; Справочник по крахмало-паточному производству / [Д. Р. Абрагам, М. Г. Губин, Е. Я. Жарова и др.], под ред. Е. А. Штырковой и М. Г. Губина. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 432 с.

Комбинированные улучшители и совместное применение отдельных улучшителей

В ряде стран практикуется производство и применение в хлебопечении комбинированных препаратов-улучшителей или совместное применение в хлебопечении ряда из описанных выше видов улучшителей.

Совместное применение отдельных улучшителей. Совместное применение отдельных улучшителей представляется нам более целесообразным, чем применение комбинированных улучшителей, торговое наименование которых чаще всего ничего не говорит ни о составе препарата, ни о соотношении в нем отдельных компонентов улучшающего действия. Более целесообразно технологу хлебопекарного производства устанавливать оптимальные сочетания и соотношения отдельных улучшителей с учетом вида и рецептуры хлеба или хлебных изделий, хлебопекарных свойств перерабатываемой муки и применяемого способа и режима приготовления теста.

При рассмотрении отдельных видов улучшителей упоминалось о целесообразности совместного применения ряда отдельных улучшителей.

Для решения вопроса о том, какие улучшители, в каких соотношениях и дозировках целесообразно применять совместно (одновременно или последовательно) в данном конкретном случае, технолог должен исходить из целей и условий их применения.

Оптимальные сочетания и соотношения улучшителей связаны, в частности, со свойствами муки (сахарообразующей способностью и силой пшеничной муки и автолитической активностью ржаной муки); с применением обычного или ускоренного приготовления теста (при ускоренных способах приготовления теста вносимые улучшители должны повышать активность броидильной микрофлоры и форсировать ферментативные процессы, обуславливающие созревание теста); с интенсивностью механических воздействий на тесто (как при замесе, так и при формовании тестовых заготовок), а также с выпечкой хлеба в формах или на поду и параметрами процесса выпечки.

Подбор оптимальных сочетаний улучшителей будет различным в зависимости и от того, является ли целью их применения только улучшение формы, повышение объема хлеба, пористости его мякиша, улучшение его структурно-механических свойств или также и продление периода его свежести.

Оптимальными могут быть сочетания не только нескольких улучшителей одного вида, но и различных их видов (ФП, ПАВ, модифицированные крахмалы, улучшители окислительного действия, минеральное питание для дрожжей и т. п.).

Применение оптимальных сочетаний улучшителей имеет и еще одно преимущество — *возможность снижения их расхода.*

Сочетание двух видов улучшителей, вносимых каждый по половине его оптимальной дозы, может дать улучшающий технологический эффект более высокий, чем раздельное внесение этих же улучшителей в их оптимальной дозе.

В работах, проведенных во ВНИИХПе и МТИППе, исследовалось влияние на свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки I сорта трехкомпонентных комбинаций таких улучшителей, как амилоризин П10х + аскорбиновая кислота или окисленный крахмал марки А + кислый фосфорнокислый аммоний.

В результате было установлено¹, что при переработке муки, средней по хлебопекарным свойствам, наибольший улучшающий свойства теста и качество хлеба эффект достигался при применении трехкомпонентного комплексного улучшителя, состоявшего из 0,001% (к массе муки в тесте) амилоризина П10х, 0,05% кислого фосфорнокислого аммония, 0,15% модифицированного окисленного крахмала марки А. Применение этого улучшителя форсировало сахарообразование в тесте, оптимизировало реологические свойства теста и придавало ему наивысшую газоудерживающую способность, в результате чего достигалось получение хлеба относительно наивысшего объемного выхода и качества.

Предусмотрено и применение *ортофосфорной кислоты* в сочетании с *карбамидом*.

Это сочетание улучшителей рекомендуется при выработке хлеба из муки со средними хлебопекарными свойствами.

Хлебопекарные улучшители падают все большее распространение при производстве хлебобулочных изделий. Это обусловлено распространением однофазных ускоренных способов приготовления теста, нестабильного качества муки, разнообразием свойств перерабатываемого сырья, необходимости расширения ассортимента вырабатываемой продукции, продления сроков ее хранения и т. д. Вопросы применения различных групп улучшителей у нас в стране в настоящее время регламентируются «Гигиеническими требованиями к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» (СанПиН 2.3.2.96).

За последние годы список применяемых улучшителей значительно расширился².

Наряду с этим использование такого общеизвестного и широко применявшегося в течение многих лет улучшителя окислительного действия, как бромат калия, во многих странах, в том числе и в РФ, запрещено.

¹ Регулирование технологического процесса с помощью комплексных улучшителей / [Р. В. Кузьминский, Т. И. Шкваркина, И. А. Попадич и др.]. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1981. — № 1. — С. 26–29.

² И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители: Учеб. пособие. — МГУПП, 2000. — 115 с.

Большое распространение в хлебопекарной промышленности находят добавки, состоящие из определенных улучшителей различного принципа действия, стабилизаторов и наполнителей — они получили название комплексные улучшители (КУ).

В состав таких добавок входят улучшители, относящиеся к ниже-следующим группам:

- улучшители окислительного и восстановительного действия, позволяющие регулировать реологические свойства теста и интенсифицировать протекание биохимических и коллоидных процессов в тесте;
- ФП различного действия, позволяющие регулировать спиртовое брожение в тесте, улучшать цвет корки изделия, повышать водопоглощительную способность теста, интенсифицировать созревание теста;
- ПАВ, применяемые как эмульгаторы, стабилизаторы свойств теста и античерствители;
- модифицированные крахмалы (окисленные, набухающие, экструзионные), улучшающие свойства теста, структуру и цвет мякиша;
- органические кислоты (лимонная, уксусная, молочная, виникаменная и др.), являющиеся средством регулирования кислотности теста и хлеба;
- минеральные соли, содержащие кальций, магний, фосфор, натрий, марганец и др., активизирующие жизнедеятельность дрожжевой клетки.

В отдельные комплексные улучшители вносятся консерванты, красители, подсластители и ароматизаторы.

Применение таких комплексных улучшителей в количестве 0,01–3,5% к массе муки позволяет одновременно воздействовать на основные структурные компоненты муки и теста, повысить эффективность влияния компонентов, входящих в состав комплексного улучшителя. Эффективность улучшителей повышается благодаря введению в их состав таких наполнителей, как сухая клейковина, соевая мука, крахмал и др.

Практика работы хлебопекарных предприятий показала целесообразность добавления КУ для ускорения созревания теста.

Эффективными являются КУ, вырабатываемые нашими отечественными производителями — серии «Амилокс», «Фортуна», «Шанс» (ГосНИИхлебопекарной промышленности), «БИК» (НПО Биомикс, МГУПП), «Глютекс» (Нива), а также зарубежными фирмами: «Пуратос» (Бельгия), «Лесафр» (Франция), «Ирекс» (Германия) и др.

Глава XII

Дефекты и болезни хлеба

Дефекты хлеба могут быть обусловлены качеством муки и отклонениями от оптимальных способов и режимов проведения отдельных стадий технологического процесса производства хлеба, его хранения и транспортирования.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ КАЧЕСТВОМ МУКИ

К дефектам хлеба, вызванным качеством муки, можно отнести:

- 1) посторонний запах;
- 2) хруст на зубах, обусловленный наличием песка в муке;
- 3) горький, полынный вкус;
- 4) бледную окраску поверхности корки вследствие недостаточной сахарообразующей и газообразующей способности муки;
- 5) липкость и как бы сыропеклость мякиша, если мука смолота из проросшего или морозобойного зерна;
- 6) распыляемость подового хлеба, пониженный объем и пористость мякиша при использовании муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, муки свежесмолотой или слабой вследствие неполноценности белкового комплекса пшеницы, из которой эта мука получена.

Горькополынный вкус и запах могут быть в той или иной степени устранены в процессе подготовки зерна к помолу и во время помола. На хлебозаводе вкус и запах горькополынной муки устранены быть не могут.

Хруст на зубах и ненормальные, не свойственные хлебу запах и вкус могут быть только при недосмотре работников лаборатории, допустивших пуск в производство муки, вызывающей эти дефекты хлеба.

Из дефектов хлеба, обуславливаемых свойствами муки, практически наибольшее значение имеют дефекты, вызываемые повреждением клопом-черепашкой, прорастанием и морозобойностью зерна.

МУКА ИЗ ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

Из насекомых, повреждающих зерно, чаще всего зерно пшеницы, наиболее распространен и вреден [10] клоп — вредная черепашка (*Eurigaster integriceps* Put).

Клоп-черепашка прокалывает растение в разных местах хоботком, длина которого достигает 6 мм, и через образовавшееся отверстие высасывает соки растения. По мере развития растения клоп-черепашка повреждает стебли, листья, ножки колосков и, наконец, зерно.

Изменения, вызываемые повреждением зерна клопом-черепашкой

В зависимости от степени зрелости зерна уколы клопа-черепашки вызывают в нем различные изменения. Если зерна повреждены на ранних стадиях созревания, они как бы сморщиваются, ссыхаются и остаются щуплыми и незаполненными. На поверхности такого зерна при внимательном осмотре легко обнаружить одну или несколько темных пятнышек — точек, окруженных кольцом, окрашенным светлее, чем остальная поверхность зерна. Эти точки являются как бы зажившими ранками, образовавшимися в результате прокола поверхности зерна хоботком клопа-черепашки. Диаметр отверстия этого прокола равен 0,05–0,1 мм.

Зерна, пораженные клопом-черепашкой в период полной спелости, почти не изменяются по форме и внешнему виду. Заметно лишь небольшое изменение окраски поверхности зерна вокруг точки — следа укула. Однако хлебопекарные свойства зерна в этом случае резко ухудшаются.

Мука из поврежденного клопом-черепашкой зерна дает тесто, очень быстро разжижающееся и сильно расплывающееся в расстойке. Клейковину из такой муки при сильном поражении зерна вообще невозможно отмыть. При более слабом поражении зерна клейковина отмывается, но ее реологические свойства очень скоро ухудшаются в процессе отлежки, она превращается в сметанообразную, мажущуюся, липкую и тянущуюся нитями массу.

Чем сильнее зерно поражено клопом-черепашкой, тем скорее ухудшаются реологические свойства клейковины и теста.

Хлеб из муки, приготовленной из зерна, пораженного клопом-черепашкой, получается расплывшийся, с пониженным объемом и пористостью. Верхняя корка такого хлеба иногда бывает покрыта мелкими неглубокими трещинами. Показатели реологических свойств клейковины и теста и качества хлеба говорят о том, что мука из зерна, пораженного клопом-черепашкой, обладает всеми типичными признаками очень слабой муки.

Природа и характер изменений хлебопекарного качества муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, были в последние годы объектом изучения многих исследователей.

Наиболее существенные изменения повреждение зерна клопом-черепашкой вызывает в его белково-протеиназном комплексе. Содержание в зерне общего и белкового азота несколько снижается. Возрастает содержание водорастворимых азотистых веществ. Атакуемость белковых веществ возрастает. Резко возрастает протеолитическая активность зерна. Отмечалось и повышение содержания йодредуцирующих веществ (предположительно восстановленного глутатиона).

Результатом отмеченных изменений компонентов белково-протеиназного комплекса является снижение количества отмываемой клейковины и резкое ухудшение ее реологических свойств (ослабление).

Отмечено, что повреждение зерна клопом-черепашкой имеет результатом также и повышение его амилитической активности, особенно активности α -амилазы, а в результате этого и сахарообразующей способности. Основную роль в ухудшении хлебопекарных свойств зерна, поврежденного клопом-черепашкой, играет резкое возрастание в нем протеолитической активности.

Протеиназы зерна, пораженного клопом-черепашкой, по данным В. Л. Кретовича и Р. Р. Токаревой, имеют разную активность в зависимости от pH среды (рис. 49, а). В зоне pH, обычной для пшеничного теста (pH 4,5–6,0), повышение кислотности среды снижает активность протеиназ пораженного клопом-черепашкой зерна.

Влияние температуры на активность протеиназы зерна, поврежденного клопом-черепашкой, схематически показало на рис. 49, б. Понижение температуры в пределах практически применяемой при приготовлении теста (25–35 °C) влечет за собой заметное снижение активности протеиназ пораженного зерна.

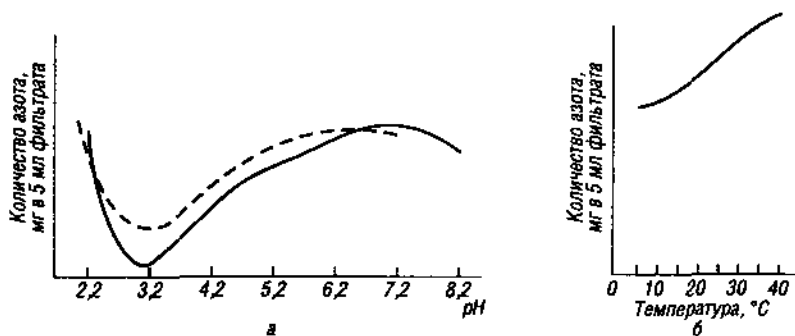


Рис. 49. Активность протеиназ в зависимости от pH среды (а) и температуры (б)

Из химических изменений, связанных с белково-протеиназным комплексом зерна, пораженного клопом-черепашкой, следует отметить некоторое понижение содержания общего азота, резкое повышение доли водорастворимого азота и значительное повышение доли глиадина и азота глиадина.

В отдельных работах имеются указания на увеличение содержания свободного тирозина. Имеются также сведения о возрастании титруемой кислотности.

Рядом работ установлена локальность (ограниченность) повреждения, охватывающего только часть эндосперма зерна, непосредственно прилегающую к зоне прокола клопом-черепашкой. Чем старше по стадии созревания зерно в момент, когда произошло его повреждение клопом-черепашкой, тем более четко ограничена поврежденная часть зерна. Остальная часть зерна нормальна как по структуре и внешнему виду, так и по состоянию белково-протеиназного комплекса.

Исходя из этого, можно легко объяснить тот общеизвестный факт, что при размоле зерна, пораженного клопом-черепашкой, на муку разных выходов и сортов дефектность белково-протеиназного комплекса муки меньшего выхода (высших сортов) выражена слабее, чем муки большего выхода (низших сортов).

Установлено, что поврежденная часть зерна отличается и резко повышенной микробной обсемененностью.

Поражение зерна пшеницы клопом-черепашкой, особенно в зоне зародыша, резко снижает и его всхожесть; при непосредственном поражении зародыша всхожесть полностью утрачивается.

Существенно и то, что повреждение зерна пшеницы вызывает ухудшающие хлебопекарные свойства изменения не только в поврежденных, но и в неповрежденных зернах этого растения. В неповрежденных зернах эти изменения, естественно, во много раз меньше по сравнению с поврежденными зернами. Высев зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, ухудшающе влиял на развитие растений и сказывался в известной мере ухудшающе и на хлебопекарных свойствах зерна — потомства.

Диагностика зерна, поврежденного клопом-черепашкой, и муки из него

При качественной характеристике зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, часто исходили из процента зерен, поврежденных клопом-черепашкой и имеющих следы прокола. Однако и практический, и экспериментально-исследовательский опыт показал необоснованность и неверность такого упрощенного подхода.

Было установлено, что степень повреждения зерна клопом-черепашкой зависит:

1) от стадии созревания, на которой зерно повреждено: чем в более поздней стадии созревания повреждено зерно, тем меньше ухудшается его качество;

2) от тина, сорта и качества пшеницы, повреждаемой клопом-черепашкой (одни сорта, например, Саррубра, очень стойки к повреждению клопом-черепашкой, другие значительно менее стойки).

Нельзя, наконец, игнорировать и факты, установленные К. К. Гривановым, нашедшим, что личинки пшеничного трипса вызывают образование на проколотой поверхности пшеничного зерна таких же светлых пятен с темной точкой в центре, которые характерны для зерна, поврежденного вредной черепашкой. Однако укол зерна пшеницы личинкой трипса не ухудшает его хлебопекарных свойств. Исходя из этого, процент зерен, имеющих внешние признаки укола зерна клопом-черепашкой, ни в какой мере нельзя считать показателем степени действительного ухудшения хлебопекарных свойств зерна и муки из него.

Значительно более обоснованны способы диагностики степени повреждения зерна клопом-черепашкой по биохимическим и другим показателям свойств, связанных с белково-протеиназным комплексом зерна и муки.

Из методов этой группы можно указать на диагностику по следующим данным:

1) протеолитической активности вытяжки раствором гидрокарбоната натрия из исследуемого зерна или муки;

2) атакуемости белков зерна и муки;

3) продуктам протеолиза (главным образом, тирозину), определяемым в зерне или муке;

4) реологическим свойствам клейковины и теста;

5) показателям качества хлеба, получаемого методом пробной выпечки.

В производственных лабораториях хлебозаводов практическое применение могут найти лишь простейшие методы диагностики, основанные на определении реологических свойств теста и клейковины, наряду с проведением пробных выпечек.

Пути улучшения хлебопекарных свойств зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой

Рядом работ была установлена возможность снижения протеолитической активности и улучшения хлебопекарных свойств зерна, по-

врежденного клопом-черепашкой, путем прогрева его в увлажненном состоянии. Гидротермическая обработка такого зерна улучшает хлебопекарные свойства муки.

В МТИППе был разработан (Э. Г. Пруидзе, Л. Я. Ауэрман, Ю. К. Губиев, Л. В. Яковлева, 1981) способ обработки предварительно увлажненного зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, в сверхвысокочастотном (СВЧ) электромагнитном поле (ЭМП). При СВЧ-обработке такого увлажненного зерна не только улучшается белково-протеиназный комплекс поврежденной зоны эндосперма зерна, но и существенно снижается влажность зерна.

Улучшающе может влиять и горячее кондиционирование зерна, пораженного клопом-черепашкой, проводимое на мельничных предприятиях перед помолом.

Предлагалось также (Н. В. Роменский и др., 1960) проводить на мельнице мойку зерна, поврежденного клопом-черепашкой, хлорированной водой. В результате этого способа мойки зерна значительно снижалась его протеолитическая активность и заметно улучшались хлебопекарные свойства.

При гидротермической и СВЧ-обработке основой улучшения хлебопекарных свойств зерна было термическое воздействие на его белково-протеиназный комплекс, а в случае мойки зерна хлорированной водой — окислительное воздействие на этот комплекс.

Приготовление хлеба из муки, полученного из зерна, поврежденного клопом-черепашкой

Длительное хранение после помола муки из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, существенно улучшает ее хлебопекарные свойства. Поэтому такую муку целесообразно использовать для приготовления хлеба после возможно длительной ее отлежки после помола.

Пневматическое перемещение такой муки, особенно с применением подогретого воздуха, также несколько улучшает ее хлебопекарные свойства. Еще более эффективен кратковременный (6 мин) прогрев муки в тонком слое инфракрасными лучами.

Как указывалось выше, дефектность хлеба из муки, поврежденной клопом-черепашкой, обуславливается белково-протеиназным комплексом муки. Из этого вытекает, что наилучший хлеб из такой муки можно получить, применяя режим технологического процесса, способствующий инактивированию или хотя бы замедлению протеолиза и укреплению белковых веществ муки.

Какие факторы можно и нужно использовать для этой цели?

Сокращение длительности брожения и расстойки теста имеет большое значение при работе на муке из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Чем короче процесс брожения теста, тем меньше длительность протеолиза и тем меньше ухудшаются реологические свойства теста. Чем меньше время расстойки, тем менее расплывчатым получится подовый хлеб.

Термическая обработка также может быть эффективным средством для улучшения качества хлеба из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Возможно использование и пониженных температур теста. Пониженная температура теста, как было указано, тормозит действие протеиназ теста.

Повышение кислотности теста резко тормозит протеолиз и улучшает реологические свойства клейковины и теста.

Чтобы повысить кислотность теста, надо или готовить его на жидких дрожжах, или применять часть старой опары либо теста в качестве закваски, или добавлять молочную кислоту. Может этому способствовать и применение сброженных заварок. Кислотность пшеничного теста повышается, если готовить его на специальных молочнокислых заквасках, в том числе и на КМКЗ.

В отдельных работах рекомендуется для повышения кислотности теста вносить в него пищевые органические кислоты и кислые фосфорнокислые соли.

Повышение количества поваренной соли в тесте, улучшая реологические свойства теста, в известной мере повышает и качество хлеба из зерна, пораженного клопом-черепашкой.

В табл. 27 приводим результаты выпечки хлеба из муки, смолотой из поврежденного зерна, без введения соли в тесто и с добавлением 1,5 и 1,8% соли.

Таблица 27

Хлеб	Отношение $H : D$	Объем, см ³
Без соли	0,28	610
С 1,5% соли	0,28	620
С 1,8% соли	0,40	645

Добавление соли тормозит действие протеаз, вносимых в зерно клопом-черепашкой.

Рекомендуется и внесение части соли в фазы, предшествующие тесту.

Внесение в тесто ПАВ (фосфатидного концентрата или препаратов, имеющих в основном лецитин) также способствует улучшению ка-

чества хлеба из муки, полученной из зерна, пораженного клопом-черепашкой.

Применение улучшителей окислительного действия (йодата калия, аскорбиновой кислоты, азодикарбонамида, пероксида ацетона, персульфата аммония и др.) при переработке такой муки рекомендуется в ряде работ.

К способам окислительного воздействия на тесто из муки, полученной из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, можно отнести улучшающее качество хлеба, влияние *усиленного механического воздействия* на тесто при интенсифицированном замесе его в условиях доступа атмосферного кислорода, а также *ферментный (литоксигеназный) способ улучшения качества хлеба*.

Рекомендуются и различные сочетания улучшающих качество хлеба добавок: повышенного количества соли, препарата лецитина и лимонной кислоты; пероксидов ацетона и карбамида и др.

Если на предприятии имеется также и сильная мука, то муку из зерна, пораженного клопом-черепашкой, следует употреблять в смеси с сильной мукой.

МУКА ИЗ ПРОРОСШЕГО ЗЕРНА

Неблагоприятные погодные условия (дожди) в период уборки урожая могут вызвать частичное прораствание заготавливаемого зерна. Мука из проросшего зерна существенно отличается по своим хлебопекарным свойствам и также может быть причиной дефектности хлеба.

Отличия в хлебопекарных свойствах муки из проросшего зерна

Пшеничный хлеб из муки, смолотой из проросшего зерна или зерна, содержащего часть проросших зерен, отличается следующими характерными свойствами: 1) корка хлеба имеет красновато-бурую окраску, напоминая в этом отношении хлеб с большим процентом сахара или хлеб, приготовленный с применением заварки; 2) мякиш хлеба липковатый, имеет пониженную эластичность и сладковатый («солоделый») вкус; 3) подовые изделия при значительной степени пророслости зерна имеют повышенную расплываемость.

Ржаной хлеб из проросшего зерна также отличается более темноокрашенной коркой, замипающимся и липким мякишем, при значительной степени пророслости зерна — иногда и пустотами в мякише и повышенной расплываемостью подового хлеба.

Изменяются и реологические свойства теста. Тесто делается более слабым по консистенции и быстрее разжижается при брожении. Особенно заметно это проявляется в тесте из ржаной муки, смолотой из проросшего зерна.

Изменение состава и свойств зерна при его прорастании

Прорастание зерна пшеницы и ржи может происходить только при достаточно высокой его влажности (порядка 30–50%) и температуре выше 1–3 °С.

Общим для процесса прорастания зерен пшеницы, ржи и других семян является резкое возрастание активности или образование ферментов, способных катализировать превращение высокомолекулярных запасных веществ эндосперма зерна (крахмала, белковых веществ, жира и пр.) в вещества более простые, легко растворимые и перемещаемые к зародышку, где они необходимы для построения тканей ростка и корешков новообразуемого растения и питания его в начальном периоде развития.

В результате этого в составе и свойствах прорастающего зерна происходят существенные изменения, в основном состоящие в следующем.

1. Повышается активность амилолитических ферментов, ферментативная атакуемость крахмала и содержание в зерне декстринов и сахаров. Содержание крахмала снижается.

Книг, Миллер и Санштедт, еще в 1942 г. исследовавшие влияние температуры (5, 10, 15 и 20 °С) и длительности (0; 0,5; 1; 3 и 5 сут) проращивания зерна пшеницы на активность α - и β -амилаз, установили, что:

а) активность общего количества β -амилазы изменяется в относительно узких пределах. В первые сутки прорастания она остается неизменной или незначительно возрастает. Незначительное нарастание активности наблюдается и при дальнейшем проращивании.

Активность свободной β -амилазы у исходного образца составляет немногим более одной трети (~37%) от активности общего ее количества. При проращивании зерна при 5 °С активность свободной β -амилазы в первые сутки несколько (примерно на 8%) возрастает, а затем даже несколько снижается.

Более высокая температура проращивания (10–20 °С) приводит уже к заметному возрастанию активности свободной β -амилазы, тем более быстрому и интенсивному, чем выше температура. Следует учесть, что в нормальном зерне пшеницы и пшеничной муке β -амилаза, как это отмечалось в главе III, содержится в практически избыточном количестве. Поэтому отмеченные выше изменения ее активности при прорастании зерна не оказывают существенного влияния на хлебопекарные свойства муки;

б) при проращивании зерна резко возрастает активность как свободной, так и всей α -амилазы. Это происходит тем быстрее и в тем большей степени, чем выше температура проращивания.

Так, при температуре проращивания 5 °С активность всей (свободной и связанной) α -амилазы зерна возрастала: за 1 сут — в 1,9 раза; за 3 сут — в 18,6 раза и за 5 сут — в 94,6 раза. При температуре проращивания 15 °С активность всей α -амилазы возрастала соответственно в 12,7; 942 и 5540 раз. Уже через сутки проращивания вся или почти вся α -амилаза зерна находилась в свободном состоянии;

в) увеличение активности α -амилазы в прорастающем зерне начинается еще до появления на нем видимого глазом ростка.

Зерно, проращиваемое в течение 0,5 сут при 20 °С, еще не имело ростка, а активность в нем свободной α -амилазы уже повысилась в 8,3 раза¹.

В более поздней работе Геддеса, Диксона и Кростона (1949 г.) также было показано резкое увеличение при прорастании зерна пшеницы активности α -амилазы, находящейся почти целиком в свободном состоянии. Общее количество β -амилазы возрастало незначительно, но увеличивалась ее доля, находящаяся в свободном состоянии.

Было установлено, что влажность проращиваемого зерна (35, 40 и 45%) также является фактором, в значительной мере влияющим на степень повышения активности α -амилазы. Так, например, активность свободной α -амилазы после 3 сут проращивания (при 16 °С) зерна при влажности зерна 45% была в 4,3 раза больше, чем при влажности зерна 35%.

Было также показано, что именно нарастание активности α -амилазы в основном обуславливает соответствующее повышение газообразующей способности муки из проросшего зерна (коэффициент корреляции между численными значениями этих показателей был равен +0,984).

Резкое возрастание активности α -амилазы при прорастании зерна пшеницы и ржи установлено и в многочисленных работах других исследователей.

В ряде работ изучалась активность α -амилазы в разных частях прорастающего зерна.

Можно считать установленным, что наиболее высокая активность α -амилазы в зародышевой части зерна, особенно в щитке зародыша. Относительно высокая активность α -амилазы в периферической части зерна и его эндосперма. Наиболее низкая она в центральной части эндосперма и особенно в части, расположенной в «верхней» половине зерна — с бородкой.

Представляет практический и теоретический интерес вопрос о том, в результате чего возрастает активность амилаз зерна при его прорастании.

Можно предполагать, что в непроросшем зерне часть амилаз находится в связанном состоянии («скрытом» в массе белка) и поэтому не проявляет своей активности. Дезагрегация белка зерна протеиназами, активность которых при прорастании повышается, высвобождает амилазы, переводя их в свободное и активное состояние. Именно на этом и основана методика определения активности свободных амилаз и общей активности амилаз в исходном и прорастающем зерне, применявшаяся в упоминавшихся выше работах.

¹ Отметим, что аналогичное явление установлено и для зерна ржи.

В отношении β -амилазы, судя по данным этих работ (заметное возрастание активности свободной амилазы и малое изменение активности общего ее количества), это представление может более или менее удовлетворительно объяснить изменения, происходящие при прорастании зерна. Повышение же активности свободной α -амилазы и общего ее количества при прорастании зерна в сотни и тысячи раз не может быть объяснено только высвобождением фермента.

Н. И. Проскураков полагал, что повышение активности α - и β -амилаз при прорастании зерна обусловлено увеличением в них количества сульфгидрильных групп, от которых зависит активность этих ферментов.

Однако количество этих групп за 4 дня проращивания увеличивалось в препаратах этих амилаз примерно в 2 раза. Активность же α -амилазы, как было ранее отмечено, возрастает в несоизмеримо большее число раз. Очевидно, в повышении активности α -амилазы при прорастании зерна существенную роль играет и ее новообразование.

В работах последующих лет показано, что при прорастании зерна большая часть α -амилазы новообразуется при синтезе белка в алейроновом слое зерна. Отмечалось и то, что образование α -амилазы стимулируется гибберелловой кислотой, продуцируемой при этом в зародыше зерна. Указывается на то, что α -амилаза способна образовываться и в зародыше зерна.

Новообразование при прорастании зерна в алейроновом слое и постепенное перемещение и в прилегающие слои эндосперма может хорошо объяснить повышенную активность α -амилазы в периферических слоях зерна.

Установлено, что, применяя гибберелловую кислоту как стимулятор, можно вызвать новообразование активной α -амилазы в части зерна, лишенной зародыша, т. е. независимо от процесса собственно прорастания зерна.

Установлено, что атакуемость крахмала зерна и муки в результате прорастания зерна повышается. Так, трехсуточное проращивание зерна ржи повышало атакуемость крахмала почти в 2 раза.

В результате повышения активности амилаз (в основном α -амилазы) и атакуемости крахмала прорастание зерна приводит к соответствующему повышению сахаро- и газообразующей способности муки из него.

Микроскопическое исследование процесса клейстеризации водно-мучных суспензий (А. Н. Харина, Г. М. Маслова, Л. Я. Ауэрман, 1969) показывает, что прорастание зерна ржи уменьшает стойкость его крахмала в процессе клейстеризации. Температура клейстеризации основной массы зерен крахмала сдвигается в сторону ее снижения.

При прорастании зерна повышается содержание в нем продуктов гидролиза крахмала — декстринов и сахаров. Поэтому прорастание зерна влечет за собой снижение содержания в нем крахмала.

2. Процесс прорастания зерна связан с изменением реологических свойств эндосперма, обусловленным разрушением его клеточных структур под действием цитолитических ферментов.

Можно полагать, что процесс разрушения клеточных структур вызывается комплексом цитолитических ферментов, включающим по меньшей мере целлюлазу, гемицеллюлазу, гуммифермент (слизеразлагающий фермент) и целлобиазу.

Установлено, что при прорастании зерна злаков активность ферментов цитолитического комплекса возрастает.

Доказано, что при прорастании зерна ржи повышается активность ферментов, катализирующих гидролиз и дезагрегацию высокомолекулярных пентозанов и так называемых слизей (гуммибеществ). Возрастание активности ферментов цитолитического комплекса прорастающего зерна — один из факторов, вызывающих ухудшение реологических свойств (разжижение) теста из муки, полученной из проросшего зерна.

Действие цитолитических ферментных препаратов, ослабляющее клейковину и тесто из пшеничной муки, установлено экспериментально.

3. При прорастании зерна весьма существенные изменения происходят и в его белково-протеиназном комплексе.

При прорастании зерна пшеницы резко возрастает активность протеиназы, глутатион-редуктазы и протеин-дисульфидредуктазы. В клейковинных белках зерна происходит постепенное разрушение части водородных и дисульфидных связей.

Общее количество доступных определению $-S-S-$ связей и $-SH$ -групп увеличивается при уменьшении величины соотношения $-S-S- : -SH$.

Клейковинные белки в результате протеолиза сперва дезагрегируются, а затем частично расщепляются и по пептидным связям. Атакующесть их протеиназой повышается.

Аминокислотный состав белков клейковины остается практически неизменным.

В результате этих процессов прорастание зерна пшеницы приводит к снижению количества отмываемой из него сырой и сухой клейковины и к изменению ее реологических свойств в направлении ослабления — увеличивается растяжимость и расплываемость клейковины и снижается ее сопротивление деформациям. Это является, очевидно, основной причиной ухудшения реологических свойств теста — его разжижения в процессе замеса и особенно последующего брожения.

При прорастании зерна ржи также увеличивается его протеолитическая активность, что наряду с возрастанием активности комплекса цитолитических ферментов и амилазы и обуславливает сильное разжижение теста, приготовленного из муки, полученной из проросшего зерна.

Установлено, что при прорастании зерна пшеницы в ростке зерна происходит биосинтез нуклеиновых кислот (РНК и ДНК).

Одновременно снижается содержание в зерне фитинового фосфора, продукты минерализации которого, очевидно, используются при синтезе нуклеиновых кислот.

Минерализация фосфора фитина вызывается действием фермента фитазы, активность которого при прорастании зерна резко возрастает.

Увеличивается при прорастании зерна и активность липазы. Поэтому при прорастании зерна кислотность жира резко увеличивается. Содержание жира в зародыше при этом резко снижается. При удалении из проросшего зерна (муки из него) жировой фракции происходило дополнительное ослабление клейковины.

Таким образом, при прорастании зерна во много раз повышается активность амилолитических, протеолитических и ряда других гидролитических и дезагрегирующих ферментов. Повышается и атакуемость субстрата, на который эти ферменты действуют.

В результате этого в проросшем зерне значительно увеличивается и общее содержание водорастворимых веществ как углеводной, так и белковой природы.

Комплекс описанных выше процессов и изменений, происходящих в зерне при его прорастании, обуславливает особенности в свойствах теста и хлеба из муки, полученной из проросшего зерна.

Пути улучшения хлебопекарных свойств проросшего зерна, муки из него и качества хлеба

Рожь культивируется в районах, в которых погодные условия в период уборки урожая чаще вызывают прорастание зерна, чем в районах культивирования пшеницы. Зерно ржи к тому же легче прорастает. Поэтому селекционеры отдельных стран работают над созданием сортов ржи, более устойчивых к прорастанию.

Прогрев увлажненного или естественно высоковлажного проросшего зерна является перспективным путем улучшения его биохимических и хлебопекарных свойств. Эффективность этого пути улучшения хлебопекарных свойств проросшего зерна ржи исследовалась и испытывалась во ВНИИХПе (Т. С. Лурье и др.).

Установлено (МТИПП, 1959), что весьма кратковременный (8–10 мин) прогрев ржаной сеяной муки из проросшего зерна в тонком (1 см) слое инфракрасными лучами — весьма эффективный способ улучшения ее хлебопекарных свойств.

Рассматривая методы улучшения хлебопекарных свойств зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, мы указали на перспек-

тивность разработанного в МТИППе (1981) способа СВЧ-обработки этого вида дефектного зерна. Еще более перспективна СВЧ-обработка проросшего зерна пшеницы. Проросшее зерно имеет высокую влажность и на хлебоприемных предприятиях перед закладкой на хранение должно высушиваться. СВЧ-обработка влажного проросшего зерна до его сушки не только улучшает его хлебопекарные свойства, но и резко снижает его влажность. Это значительно ускоряет процесс его досушивания и соответственно сокращает затраты энергии на этот процесс.

В процессе проведения помола проросшего зерна хлебопекарные его свойства также могут быть улучшены либо путем отделения зародышевой части зерна, либо путем отделения в процессе помола отдельных промежуточных фракций, имеющих наиболее высокую активность α -амилазы.

Наибольший интерес для работников хлебопекарной промышленности представляют, однако, мероприятия, улучшающие качество хлеба, выпекаемого из муки из проросшего зерна, которые могут осуществляться непосредственно на хлебозаводе. К этим мероприятиям можно отнести:

а) *применение муки из проросшего зерна в смеси с нормальной в этом отношении мукой* или, что еще лучше, с мукой, имеющей пониженную сахаро- и газообразующую способность;

б) *повышение кислотности теста*, снижающее температуру инактивации α -амилазы при выпечке хлеба, а также активность протеиназы в тесте;

в) *применение улучшителей окислительного действия* в сочетании с добавками молочной кислоты или форсированием кислотоакпления в тесте (молочнокислые закваски, внесение части спелого теста прошлого приготовления). Внесение улучшителя окислительного действия снижает активность α -амилазы (окисление активных —SH-групп в ее структуре) и интенсивность протеолиза в тесте;

г) *увеличение количества поваренной соли*, вносимой при приготовлении теста, также улучшает качество хлеба из муки, полученной из частично проросшего зерна. Это обусловлено торможением амилолиза и протеолиза в тесте, снижением атакуемости крахмала и повышением температуры его клейстеризации.

Естественно, что речь может идти об увеличении дозировки соли в пределах, допустимых с точки зрения вкуса хлеба и тормозящего влияния соли на интенсивность брожения в тесте.

МУКА ИЗ МОРОЗОБОЙНОГО ЗЕРНА

В северных и северо-восточных районах РФ иногда зерно пшеницы еще до уборки (на корню) повреждается морозом, в результате чего становится шуплым и слегка морщинистым. Хлеб из такого зерна отличается специфическим солодовым вкусом и темным, заминающимся и липким мякишем.

Установлено, что мука из морозобойного зерна характеризуется повышенной кислотностью, повышенной сахарообразующей и особенно декстринообразующей способностью, повышенной протеолитической активностью, несколько большим содержанием общего азота и увеличенным количеством водорастворимого азота, сниженным содержанием клейковины при пониженной связности и растяжимости ее.

Такие свойства морозобойного зерна обусловлены тем, что воздействие мороза как бы приостанавливает развитие зерна на стадии неполной его спелости. Чем на более ранней стадии созревания зерна оно подвергалось действию мороза, тем выше степень его дефектности.

При переработке муки из морозобойного зерна следует применять примерно тот же технологический режим, что и при переработке муки из проросшего зерна. Основным мероприятием должно быть повышение кислотности теста, снижающее декстринирующий эффект α -амилазы. Для достижения этого тесто следует готовить на жидких дрожжах, добавляя часть спелого теста предыдущего приготовления, или на специальных молочнокислых заквасках.

МУКА НЕПОЛНОЦЕННАЯ ИЛИ ДЕФЕКТНАЯ ПО ДРУГИМ ПРИЧИНАМ

При работе на «несозревшей» муке и муке с недостаточной газообразующей способностью необходимо при составлении смеси сочетать такие партии муки, в которых недостатки одних перекрывались бы достоинствами других. Кроме того, при работе на несозревающей муке можно применять окислительные улучшители, форсирующие процесс созревания муки.

При выпечке хлеба из муки с недостаточной газообразующей способностью следует прибавлять к тесту заварку или сахар, или соответствующие солодовые препараты, или, наконец, даже некоторый процент муки из проросшего зерна.

Мука из зерна пшеницы, подвергнувшегося сушке при недопустимо высокой температуре, также дефектна в хлебопекарном отношении. Как показали исследования, такая мука характеризуется пониженным

количеством отмывающейся клейковины, пониженной ее влагоемкостью и резко измененными свойствами.

Клейковина утрачивает способность образовывать связный гомогенный комок, становится губчатой, а при значительной степени перегрева зерна — крошащейся. Способность клейковины к растяжению и распылению резко снижается. Перечисленные изменения свойств клейковины объясняются значительной тепловой денатурацией белков зерна и почти полным тепловым инактивированием протеиназы.

Активность амилаз зерна при этом снижается весьма незначительно.

Для хлеба из такой муки характерен резко пониженный объем, малоразвитая и толстостенная пористость. Цвет корки хлеба очень бледный, несмотря на мало изменившуюся активность амилаз и практически неизменившееся содержание сахара в корке. Выше уже отмечалось, что это объясняется практически полной инактивацией протеиназ зерна и отсутствием в тесте продуктов протеолиза, которые могли бы в корке хлеба, взаимодействуя с восстанавливающими сахарами, образовывать меланоидины.

Подовые хлебцы из такой муки малораспыльчаты и также имеют пониженный объем и бледноокрашенную корку.

При приготовлении теста из такой муки рекомендуется увеличивать влажность опары и долю муки в ней, применять (в заквасках или жидких дрожжах) заварки с активным белым солодом, увеличивать длительность брожения опары, вносить часть соли в фазы, предшествующие тесту, а также добавлять леопогенные ПАВ и микробные ферментные препараты.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНЫМ ПРОВЕДЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНЫМ ПРИГОТОВЛЕНИЕМ ТЕСТА

Дефекты хлеба могут быть вызваны рядом отклонений от оптимального режима и нормальной техники приготовления теста.

Неправильная или неточная дозировка муки, воды, соли, дрожжей или дополнительного сырья соответственно влияет на качество хлеба.

Укажем в качестве примера, что отклонение влажности теста от величины, определенной расчетом для данного изделия, вызываемое неправильной или неточной дозировкой муки и воды, сказывается не

только на ходе процесса приготовления изделия, но и на его качестве. Повышенная влажность теста может вызвать чрезмерную расплываемость подовых изделий и заминаемость мякиша, не говоря уже о том, что с повышением влажности изделия снижается его энергетическая ценность. Заниженная влажность теста может привести к получению изделия недостаточного объема, с плотным, сухим на ощупь, слабо разрыхленным мякишем. Такое изделие черствеет быстрее.

Недостаточный промес теста может привести к наличию в мякише хлеба комочков непромешанной муки. Это может быть следствием либо недостаточной длительности замеса теста, либо неудовлетворительного технического состояния тестоприготовительного оборудования. Так, деформация деж или неправильная их внутренняя конфигурация может привести к тому, что и при нормальной длительности замеса на дне дежи будет оставаться слой непромешанной муки.

Чрезмерная длительность замеса теста из слабой пшеничной муки может резко ухудшить реологические свойства теста и привести к получению хлеба недостаточного объема, очень расплывчатого при выпечке на поду.

Отклонения от заданной оптимальной температуры теста влияют на интенсивность брожения теста и его реологические свойства, а в связи с этим и на качество хлеба.

Повышенная температура теста вызывает чрезмерно интенсивное его брожение. В результате тесто к моменту выпечки может содержать количество сахаров, недостаточное для нормального окрашивания корки. Кислотность такого хлеба окажется повышенной, и хлеб по этому показателю может быть нестандартным.

Эти же дефекты качества хлеба могут быть результатом и чрезмерно длительного брожения теста, имевшего нормальную температуру.

Пониженная температура или недостаточная длительность брожения теста приводит к тому, что оно идет на разделку и затем на выпечку недостаточно выброженным. В этом случае хлеб может иметь нормально или интенсивно окрашенную корку с характерными темноокрашенными вздутиями (пузырями). Мякиш такого хлеба будет иметь недостаточную кислотность и «дрожжевой» привкус и может быть заминающимся и липковатым. На хлебе из недовыброженного («моложавого») теста часто наблюдаются подрывы и трещины корки.

Образование высохшего слоя на поверхности теста в процессе брожения может произойти при низкой относительной влажности воздуха. В мякише хлеба, выпеченного из такого теста, могут попадаться участки (слои или полосы) более плотные и темные по сравнению с остальным мякишем.

Недостаточная обминка теста может быть причиной пониженного объема и неравномерной пористости мякиша. Чрезмерная обминка тес-

та, особенно из слабой муки, ухудшает реологические свойства теста и может привести к получению хлеба пониженного объема, а в случае выпечки на поду — повышенной расплывчатости.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНОЙ РАЗДЕЛКОЙ ТЕСТА

Недостаточная механическая проработка пшеничного теста при его округлении и закатке может привести к получению хлеба с неравномерной пористостью мякиша, с отдельными крупными порами или даже пустотами (полостями расслоения).

Отсутствие операции округления при изготовлении булочных изделий из пшеничной сортовой муки обуславливает пониженный объем готовых изделий и недостаточно мелкую и равномерную пористость их мякиша.

Неправильная форма кусков теста после закатки или иной завершающей операции формования неизбежно скажется и на форме хлеба или хлебного изделия.

Очень резко влияет на качество хлеба избыточная или недостаточная длительность расстойки или недостаточная относительная влажность воздуха, в среде которого она происходит (см. главу VII).

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНОЙ ВЫПЕЧКОЙ

Увеличенная длительность выпечки может привести к получению хлеба с чрезмерно толстой и темноокрашенной (горелой) коркой. При недостаточной длительности выпечки хлеб получается с заминающимся и влажноватым на ощупь («сыропеклым») мякишем. Слишком высокая температура выпечки может привести к получению хлеба либо с очень толстой и темноокрашенной коркой, либо с нормальной коркой, но недостаточно пропеченного, с заминающимся мякишем. Низкая температура выпечки является причиной получения хлеба с непропеченным мякишем и бледноокрашенной коркой. Подовые изделия при этом могут быть излишне расплывчатыми.

Недостаточное увлажнение в первой фазе выпечки может привести к получению хлеба с матовой, неглящейевой («седой») коркой, с подрывами и трещинами.

Попадание в этой фазе выпечки капель воды на поверхность ВТЗ может быть причиной темноокрашенных пятен, а иногда и вздутий — пузырей на поверхности корки.

Слишком близкая рассадка тестовых заготовок на поду (или подках люлек) приводит к появлению на боковых корках «притисков»

(участков без корки в местах соединения двух расплывшихся ВТЗ), или «выплывов» мякиша, или бледноокрашенных участков боковых корок.

Неравномерное тепловое напряжение по ширине пода (или длине люльки) приводит к получению изделий с весьма неравномерной окраской, разной толщиной корки и разным объемом.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНЫМ ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ И ХРАНЕНИЕМ ПОСЛЕ ВЫПЕЧКИ

На значительном количестве хлебозаводов хлеб перемещается от печей к циркуляционным столам по ленточным транспортерам и спускам. При этом иногда можно наблюдать, что при переходе с одного транспортера на другой или при прохождении по спускам хлеб механически повреждается.

В ржаном формовом хлебе у нижней корки иногда наблюдается уплотнение мякиша. Как показали наблюдения, проведенные на хлебозаводах, основной причиной появления этого дефекта хлеба является механическая деформация (сжатие и уплотнение) слоя мякиша, расположенного около корки, в процессе перемещения хлеба по транспортерам и спускам и при укладке и хранении горячего хлеба на полках вагонов или лотках.

Практикуемая на отдельных хлебозаводах укладка горячего хлеба в ящики со сплошными стенками и ящиков с горячим хлебом на вагонетки-платформы или в штабеля приводит к тому, что влажность корки хлеба очень быстро повышается и корка быстро теряет ценную потребителем хрупкость. То же наблюдается и при укладке горячего хлеба на стеллажи вплотную один к другому или в несколько слоев по высоте.

В последнем случае обычно наблюдается также деформация нижнего ряда хлеба.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ДЕФЕКТОВ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Зная научные основы технологического процесса приготовления хлеба, можно с достаточной достоверностью предвидеть, как то или иное отклонение от нормального хода процесса скажется на качестве хлеба.

Значительно труднее по тому или иному дефекту в качестве хлеба определить, какая причина вызвала в данном конкретном случае этот дефект хлеба. Объясняется это тем, что каждый из дефектов качества хлеба может иметь ряд причин.

Так, чрезмерная распычатость пшеничного подового хлебного изделия может быть следствием таких причин: слабой муки, повышенной влажности теста, чрезмерной длительности замеса или обминок, повышенной температуры или длительности брожения теста, низкого качества дрожжей, выделяющих в тесто значительное количество глютамина, излишней длительности расстойки или чрезмерно высокой температуры и влажности воздуха при расстойке, низкой температуры среды пекарной камеры и др.

Для любого дефекта качества хлеба возможен по меньшей мере ряд причин, которые могут его вызвать. Поэтому при установлении причин дефектности хлеба в каждом отдельном случае необходимо сначала перечислить все возможные причины данного дефекта, а потом уже уточнять, восстанавливая характеристику качества сырья и режим ведения всех фаз технологического процесса, что явилось причиной дефектности хлеба в данном случае.

БОЛЕЗНИ ХЛЕБА

Наиболее распространенными болезнями хлеба следует считать картофельную болезнь и плесневение.

КАРТОФЕЛЬНАЯ БОЛЕЗНЬ ХЛЕБА

Картофельная болезнь хлеба выражается в том, что мякиш хлеба под действием микроорганизмов, вызывающих эту болезнь, делается тягучим (при разломе даже черствого хлеба такой мякиш тянется слизистыми, очень тонкими паутинообразными нитями) и приобретает резкий, весьма специфический неприятный запах и вкус. Возбудителями этой болезни являются спорообразующие бактерии вида *Bacillus subtilis* (сенная палочка). Эти микроорганизмы широко распространены в природе (в воздухе, на почве, на растениях) и встречаются в том или ином количестве на всяком зерне и в любой муке.

Они имеют вид палочек длиной 1,5–3,5 мкм и толщиной, соответственно равной 0,8 и 0,7 мкм,

Они образуют споры, весьма устойчивые при повышении температуры среды. Установлено, что они погибают при 100 °С через 6 ч, при 113 °С — через 45 мин, при 125 °С — через 10 мин, а при 130 °С — мгновенно. Поэтому эти споры хорошо переносят прогрев ВТЗ, сохраняя в мякише хлеба свою жизнеспособность.

Оптимальная температура для развития сенной палочки — от 35 до 50 °С. Сенная палочка чувствительна к повышению кислотности среды. Оптимальная для нее зона рН от 5 до 10.

Для размножения и активной жизнедеятельности этих бактерий оптимальной является температура от 35 до 40–50 °С. Поэтому заболевание хлеба картофельной болезнью чаще происходит в жаркое время года.

Было установлено, что снижение температуры хранения хлеба с 37 до 25 °С значительно (на 24–30 ч) задерживало его заболевание. Хранение же хлеба при 16 °С практически полностью предотвращало его заболевание. Повышенная влажность хлеба является фактором, ускоряющим заболевание хлеба картофельной болезнью.

Сенная палочка обладает комплексом активных амилолитических (в том числе α -амилолитических) и протеолитических (протеиназа, полипептидаза, дипептидаза) ферментов, действие которых и вызывает отмеченные выше специфические изменения мякиша хлеба при заболевании его картофельной болезнью.

Специфический вкус и запах хлеба, пораженного картофельной болезнью, приписывают продуктам глубокого протеолиза белковых веществ мякиша.

Протеиназа сенной палочки активна в широком диапазоне рН — от 5 до 10 — и имеет максимум активности при рН 7–9.

Кислотность хлеба является фактором, обуславливающим возможность и быстроту заболевания хлеба картофельной болезнью. При рН ниже 4,8–5 заболевание хлеба практически не возникает. Поэтому повышение кислотности теста и является одним из основных путей борьбы с картофельной болезнью хлеба. По этой причине не наблюдалось случаев заболевания хлеба из ржаной обойной муки, имеющего кислотность до 12 град.

Изучение изменений коллоидных свойств мякиша, происходящих при заболевании хлеба, показало, что повышается гидрофильность коллоидов мякиша, их набухаемость и растворимость. Особенно неприятным у хлеба, пораженного картофельной болезнью, является специфический и неприятный вкус и запах. Поэтому очень важен вопрос о том, какие вещества, образующиеся в мякише при заболевании хлеба, вызывают эти изменения.

В некоторых работах этого направления исследовалось накопление в мякише заболевшего хлеба отдельных карбоильных соединений. Исходя из полученных данных, полагают, что появление неприятного запаха связано с резким увеличением содержания в мякише диацетила. Допускают, что нарастание при этом содержания изовалерианового альдегида также может играть известную роль.

Степень зараженности муки микроорганизмами группы *Bac. mesentericus* и *Bac. subtilis* и их спорами может определяться следующими методами:

- 1) пробной выпечкой с последующим хранением хлеба в условиях, оптимальных для развития картофельной болезни;
- 2) по изменению отдельных показателей гидрофильных свойств муки и хлеба;
- 3) по изменению содержания водорастворимых веществ по биуретовой реакции и реакции обесцвечивания йода;
- 4) люминесцентным анализом хлеба;
- 5) серодиагностическими методами, основанными на капельной агглютинации;
- 6) определением в муке количества клеток картофельной и сенной палочки и ее спор микробиологическими методами.

Наибольшее практическое применение находит метод пробной выпечки. Чем раньше заболевает хлеб, хранящийся в условиях (температура и относительная влажность воздуха), оптимальных для развития картофельной болезни, тем выше степень зараженности муки.

Предотвращение заболевания пшеничного хлеба из сортовой муки картофельной болезнью, особенно в жаркое летнее время, является одной из актуальных задач.

Наиболее эффективными путями ее разрешения являются следующие:

а) *повышение конечной кислотности теста* путем применения молочнокислых заквасок, жидких дрожжей, части спелого теста (или опары) прошлого приготовления или внесение в тесто соответствующего количества молочной или уксусной кислоты. Ограничивают применение этого пути нормы кислотности хлеба и хлебных изделий, установленные в соответствующих стандартах. В этих случаях используют повышение кислотности на 1 град сверх установленной нормы, допускаемое стандартами для хлеба, тесто для которого готовится на жидких дрожжах.

Установлено, однако, что при значительной зараженности муки картофельной палочкой повышение кислотности хлеба на 1 град лишь задерживает, но не предотвращает его заболевание;

б) *добавление в тесто уксусной кислоты и ацетата кальция* в количестве соответственно 0,1 и 0,2% к массе муки.

В США для предотвращения заболевания хлеба картофельной болезнью рекомендовалось добавлять не более 0,32% пропионата натрия или 0,4% диацетата натрия, или 0,75% монофосфата кальция;

в) при выработке пшеничного хлеба из сортовой пшеничной муки в летнее время *предотвращение вторичной переработки черствого хлеба или сухарной муки* из пшеничного хлеба, высушенного при тем-

пературе ниже 80 °С; эти продукты могут быть как бы концентратом культуры картофельной и сенной палочки;

г) в летнее время систематический контроль за зараженностью сортовой пшеничной муки картофельной и сенной палочкой с применением метода пробной выпечки (партии сильно зараженной муки следует направлять на выработку хлеба или хлебных изделий с кислотностью не ниже 4–6 град или перерабатывать в смеси с минимально зараженной мукой);

д) снижение температуры в хлебохранилище и максимальное усиление его вентиляции;

е) дезинфекция лотков, вагонеток и стеллажей, на которых хранился хлеб, зараженный картофельной болезнью, а в случае необходимости и другого оборудования в соответствии с инструкцией по предупреждению картофельной болезни хлеба; для этой цели может быть использован и бактерицидный эффект ультрафиолетового облучения отдельно или в сочетании с обработкой 1%-ным раствором соляной кислоты.

Отметим, что Казгипропищепром, работая над совершенствованием и интенсификацией процесса приготовления теста для пшеничного хлеба из сортовой муки, учитывал и задачу предотвращения заболевания этого хлеба картофельной болезнью.

С учетом этой задачи был разработан способ приготовления пшеничного теста на закваске из культуры мезофильных молочнокислых бактерий *L. fermenti*, штамм 27, имеющих такой же температурный оптимум, как и возбудители картофельной болезни¹.

Опыт работы хлебопекарных предприятий Алма-Аты показал целесообразность и эффективность применения заквасок мезофильных бактерий *L. fermenti* 27 при производстве пшеничного хлеба из теста, приготовляемого как на жидких, так и на прессованных дрожжах.

Работами, проведенными во ВНИИХПе и на московском хлебозаводе № 22², установлено, что применение концентрированной молочнокислой закваски (КМКЗ), приготовленной на чистой культуре *L. plantarum* 30, при производстве теста для саратовского калача ускоренным способом также предотвращало заболевание этого хлеба картофельной болезнью.

Большой объем исследований по предотвращению картофельной болезни хлеба был проведен в 1980–2000 гг. в ГосНИИХПе Т. Г. Бога-

¹ Подробнсс см. в обзорной информации «Интенсификация приготовления пшеничного хлеба молочнокислой закваской» / [О. П. Ельцова, И. М. Ройтер, А. В. Витавская и др.]. — М.: ЦНИИТЭИпищепром. — Сер. 14. — Вып. 4. — 1979. — С. 1–28.

² См. журнал «Хлебопекарная и кондитерская промышленность». — 1981. — № 9. — С. 32–33.

тыревой и Р. Д. Поладовой. Установлено, что бактерии *Bac. Subtilis*, споры которых попадают в муку в процессе сбора зерна и последующего его помола, сохраняют свою активность после выпечки хлеба и при благоприятных условиях (повышенная влажность и температура) прорастают и развиваются. Обладая мощным комплексом амилолитических и протеолитических ферментов, они расщепляют полисахариды крахмала муки до мальтозы и большого количества декстринов, а полипептиды клейковины — до тирозина. При этом мякиш хлеба становится липким, с темными пятнами и неприятным запахом (излишек диацетила и альдегида — продуктов взаимодействия сахаров и аминокислот).

Для предотвращения картофельной болезни используется комплекс мероприятий, подробно изложенный в инструкции («Инструкция по предупреждению картофельной болезни хлеба». — М.: Минсельхозпрод, 1998), где приводится ряд мероприятий, включающих биологические и химические способы подавления их развития.

К химическим способам относится внесение при замесе теста растворов молочной, уксусной, пропионовой кислот и их солей (кальций уксуснокислый, диацетат натрия, пропионаты натрия, калия, кальция и др.).

К биологическим способам относится применение различных заквасок направленного культивирования в них микроорганизмов: мезофильной закваски кислотностью 18–22 град, приготовляемых на чистых культурах молочнокислых бактерий *Lactobacillus fermenti*-27; концентрированной молочнокислой закваски (КМКЗ) кислотностью 16–18 град, полученные на чистых культурах *L. plantarum*-30; пропионовокислой закваски кислотностью 12–14 град, полученную на чистой культуре *Propionibacterium shermani* ВКМ-103; комплексной закваски на чистых культурах молочнокислых бактерий, пропионовокислых бактерий и дрожжей кислотностью 6–9 град.

В регионах России с жарким климатом и в Средней Азии эффективным средством предотвращения картофельной болезни хлеба являются жидкие дрожжи, приготовляемые по рациональной или усовершенствованной схеме ГосНИИХП кислотностью 10–14 град.

Рекомендуется добавление в тесто пищевой добавки «Селектин» (ТУ 9291-009-0049997-98).

Для предупреждения картофельной болезни хлеба на предприятиях необходимо осуществлять контроль микробиологической чистоты сырья и готовой продукции. Исследователями разработано много методов определения картофельной болезни, которые могут быть разделены на четыре группы: технологические, биологические, физические и биохимические. Наибольшее применение нашел технологический метод пробной лабораторной выпечки по ГОСТу 26669. ГосНИИХП разрабо-

тал экспресс-метод определения спорных бактерий в хлебопекарном сырье и готовой продукции, который включен в инструкцию по предупреждению картофельной болезни хлеба.

ПЛЕСНЕВЕНИЕ ХЛЕБА

При хранении в условиях, благоприятных для развития плесеней, хлеб может плесневеть. Чаще всего плесневение хлебобулочных изделий вызывается грибами *Aspergillus* (*Asp. flavus*, *Asp. fumigatus*, *Asp. glaucus*, *Asp. nidulans*, *Asp. niger*); *Penicilium* (*P. crustaceum*, *P. olivaceum*); *Rhizopus nigricans*; *Mucor pusillus*; *Oospora variabilis* и *Monilia Candida*.

Плесневые грибы широко распространены в природе, поэтому зерно и мука всегда содержат известное их количество. Однако при прогреве ВТЗ в процессе выщечки плесневые грибы и их споры полностью отмирают. Поэтому наличие плесневых грибов в муке не является причиной возможного плесневения хлеба.

Плесневение хлеба вызывается попаданием плесеней и их спор на уже выпеченный хлеб. Как показали исследования, воздух в помещениях хлебопекарных предприятий и в их хлебохранилищах содержит весьма значительные количества спор плесеней (от 60 до 17 000 спор на 1 м³ воздуха). Было установлено, например, что на одном из хлебозаводов на 100 см² площади поверхности хлеба за 1 ч его хранения после выпечки «оседало» в среднем около 160 спор плесневых и дрожжевых грибов.

Таким образом, заражение выпеченного хлеба спорами плесневых грибов вполне возможно. Для того чтобы плесневение хлеба произошло, необходимо наличие соответствующих условий, благоприятных для развития плесеней.

Полагают, что развитие и рост плесеней возможны при температуре от 5 до примерно 50 °С. С этой точки зрения лишь хранение хлеба или хлебных изделий в замороженном состоянии исключает возможность их плесневения, так же как и развитие в них картофельной болезни.

Повышенная относительная влажность воздуха, в атмосфере которого хранится хлеб, особенно благоприятствует развитию плесеней.

С точки зрения возможного плесневения большое значение имеют свойства хлебобулочных изделий. Существенна влажность продукта. В этом отношении мякиш, имеющий влажность в пределах от 40 до 50%, является более благоприятной средой для развития плесени, чем корка, имеющая значительно меньшую влажность. Поэтому плесневение мякиша обычно начинается с мест, примыкающих к трещинам или разры-

вам в корке или к участкам с наиболее тонкой и недостаточно обезвоженной корочкой.

Кислотность продукта также является фактором, влияющим на возможность и степень роста в нем микроорганизмов. Однако оптимальным для развития плесневых и дрожжевых грибов является рН продукта в пределах от 4,5 до 5,5. Поэтому кислотность хлебобулочных изделий не ограничивает развитие в них плесеней. Установлено, что заворачивание изделий в обычные пленочные упаковочные материалы, приводящее к более быстрому нарастанию влажности корки хлеба, также является фактором, способствующим возможному его плесневению.

Хлеб, упакованный в пленку в нарезанном на ломти виде, в наибольшей степени подвержен опасности плесневения. Уже в процессе резки хлеба споры плесневых грибов неизбежно попадают на мякиш хлеба, являющийся наиболее благоприятной средой для их развития.

Наибольшее практическое значение предотвращение плесневения хлеба и хлебных изделий имеет для тех их видов, которые предназначены для длительного хранения, исчисляемого днями, неделями, а для специальных видов хлеба — месяцами и даже годами.

Хлеб, предназначенный для длительного хранения, нужен участникам экспедиций, работникам лесоразработок, геологических партий, экипажей кораблей рыболовного флота и другим специальным контингентам.

В связи с этим мероприятия по предотвращению плесневения хлеба различны в зависимости от выпуска его в неупакованном или упакованном виде и длительности предлагаемого хранения.

Для хлебобулочных изделий, выпускаемых в незавернутом виде, основным является снижение зараженности спорами плесеней воздуха производственных помещений и хлебохранилища, а также оборудования и инвентаря, на котором хранится и транспортируется готовая продукция. Для этого необходимо соблюдение максимальной чистоты в производственных помещениях, борьба с запылением воздуха и хорошая вентиляция, особенно в хлебохранилище. Оборудование и инвентарь, используемые при хранении и транспортировании готовой продукции, должны содержаться в хорошо очищенном состоянии, мыться и периодически дезинфицироваться (см. выше — в разделе о картофельной болезни хлеба).

Эти мероприятия будут эффективны лишь в случае проведения их и в торговых предприятиях, через которые производится продажа хлеба и хлебных изделий.

Широко исследуются вопросы, связанные с применением для борьбы с плесневением хлеба разных видов его облучения (ультрафио-

летнего, инфракрасного, микроволнового, гамма-облучения и др.). Однако в практике хлебопекарного производства эти методы не нашли еще широкого применения.

Плесневение хлеба, рассчитанного на более или менее длительное хранение, может быть предотвращено или на определенное время задержано следующими путями и способами:

а) *внесение в тесто химических консервантов* применяется в ряде стран. Для этой цели исследовалось применение ряда солей пропионовой и уксусной кислот, а также и пропионовой, сорбиновой и некоторых других органических кислот.

Естественно, что речь может идти о применении химических консервантов, безукоризненных в пищевом отношении и разрешенных для внесения в хлеб соответствующими органами.

б) *заворачивание хлеба* (целого или порезанного на ломти) в герметическую влагонепроницаемую термостойкую пленку с последующей тепловой стерилизацией прогревом до температуры 85–90 °С в центре хлеба. Этот путь позволяет получать хлеб, не плесневеющий, по меньшей мере, в течение ряда месяцев;

в) *стерилизация поверхности хлеба 96%-ным спиртом* и последующая одиночная или групповая *герметическая упаковка* в соответствующие пленочные материалы или специальные короба. Этим путем плесневение хлеба может быть задержано на 2–6 нед;

г) *заворачивание хлеба в бумагу или пленки, пропитанные сорбиновой кислотой с последующей герметической упаковкой*.

Этот метод обеспечивает хранение хлеба без плесневения в течение 4–6 мес.

Для весьма длительного хранения хлеб может производиться с применением расстойки и выпечки в консервных жестяных банках с закаткой их сразу же после выпечки. Здесь термическая стерилизация продукта и тары происходит в процессе выпечки.

Предотвращение плесневения хлеба необходимо также и в связи с возможным образованием и накоплением в нем микотоксинов (афлатоксинов).

ДРУГИЕ БОЛЕЗНИ ХЛЕБА

Известны такие болезни хлеба, как меловая болезнь и появление на хлебе красных пятен, также вызываемые соответствующими микроорганизмами. В связи с тем что случаи этих болезней хлеба крайне редки, ниже приведена лишь весьма краткая их характеристика.

Меловая болезнь хлеба вызывается развитием на хлебе, обычно на мякише, грибов *Endomyces fibuliger* или *Monilia variabilis* в виде образований — пятен или меловидного налета белого цвета.

Появление на хлебе красных пятен вызывается развитием в мякише пшеничного хлеба бактерий *Micrococcus prodigiosus* с образованием в мякише участков, окрашенных в ярко-красный цвет. Сами клетки этой бактерии бесцветны. Окрашивание же мякиша обусловлено красящим веществом (продигиозином), выделяемым ими в окружающую среду. Оптимальная температура для развития этой бактерии лежит около 25 °С. Поэтому весьма редкие случаи такого окрашивания мякиша пшеничного хлеба наблюдались преимущественно летом.

Причиной появления красных пятен в хлебе может быть и развитие грибных микроорганизмов *Oidium auranticum* и др.

Глава XIII

Ассортимент хлеба и хлебных изделий

В ассортимент продукции хлебопекарной промышленности входят различные виды хлебобулочных изделий. К ним относятся: хлеб, булочное изделие, мелкоштучное булочное изделие, изделие пониженной влажности, пирог, пирожок, пончик.

Перечисленные группы хлебных изделий включают сотни их наименований и разновидностей.

В учебнике по технологии хлебопекарного производства невозможно и нецелесообразно приведение рецептов и описание приготовления множества отдельных разновидностей хлебобулочных изделий. Эти материалы приводятся в сборниках рецептов и технологических инструкциях, в справочниках, в специальной литературе и практических пособиях по производству отдельных видов хлебобулочных изделий.

В связи с этим мы ограничиваемся здесь лишь весьма кратким описанием отдельных групп ассортимента хлебопекарной продукции и специфики технологического процесса производства бараночных изделий, сдобных и простых сухарей.

ХЛЕБ РЖАНОЙ ИЗ ОБОЙНОЙ МУКИ

Хлеб ржаной из обойной муки может производиться формовым или подовым, весовым или штучным.

Помимо хлеба ржаного простого из ржаной обойной муки готовятся и улучшенные изделия с добавлением пшеничной муки, солода, кориандра, тмина и т. д.

ХЛЕБ РЖАНОЙ ИЗ ОБДИРНОЙ И СЕЯНОЙ МУКИ

Эта группа разновидностей хлеба включает также и такие, которые готовятся с заменой части ржаной муки на пшеничную.

Из одной ржаной муки готовятся хлеб из ржаной обдирной муки — подовый или формовой, весовой или штучный, и хлеб пеклеванный из сеяной муки — подовый или формовой, весовой или штучный.

Из смеси ржаной и пшеничной муки производят хлеб украинский — подовый, весовой и штучный, из 20–80% муки обдирной и соответственно 80–20% муки пшеничной обойной и хлеб украинский новый — из муки ржаной обдирной и пшеничной II сорта.

К этой же группе относятся: хлеб мишский — подовый, весовой и штучный из 90% ржаной сеяной муки и 10% пшеничной I сорта с 2% патоки и в случае приготовления на заварке — 2% неферментированного (белого) ржаного солода; хлеб рижский — подовый, штучный в виде батонов, из 85% ржаной сеяной муки, 10% пшеничной муки I сорта, 5% неферментированного белого ржаного солода и 0,4% тмина, с приготовлением на сброженной заварке; хлеб каунасский — подовый, весовой, из 92% ржаной обдирной муки, 5% пшеничной муки II сорта, 3% красного ржаного солода и 0,4% тмина и хлеб орловский — формовой, штучный, из 70% ржаной обдирной муки, 30% муки пшеничной II сорта и 6% патоки.

ХЛЕБ РЖАНО-ПШЕНИЧНЫЙ И ПШЕНИЧНО-РЖАНОЙ ИЗ ОБОЙНОЙ МУКИ

Хлеб ржано-пшеничный готовится подовым и формовым, весовым и штучным из 60% ржаной и 40% пшеничной обойной муки, а хлеб пшенично-ржаной, наоборот, — из 60% пшеничной и 40% ржаной обойной муки. Рецептуры предусматривают и производство ржано-пшеничного заварного хлеба с 5% красного ржаного солода.

Общие основы технологии ржаного и ржано-пшеничного хлеба изложены в главе VI.

ХЛЕБ ПШЕНИЧНЫЙ

К пшеничному хлебу принято относить подовый и формовой, весовой и штучный хлеб из пшеничной обойной муки и хлеб из пшеничной муки II, I и высшего сортов.

Производится большое количество видов и наименований пшеничного хлеба. Так, из пшеничной обойной муки готовят хлеб простой формовой и подовый, весовой и штучный. Хлеб забайкальский производят из 50% обойной пшеничной муки и 50% пшеничной муки II сорта.

Из пшеничной муки II сорта выпекаются: хлеб простой (формовой и подовый); хлеб красносельский (подовый); паляница украинская (подовая) и др.

Из пшеничной муки I сорта готовятся: хлеб простой (формовой и подовый), хлеб горчичный, хлеб красносельский, хлеб домашний (подовый), хлеб молочный, калач саратовский, паляница украинская, арнаут киевский и пр.

Из пшеничной муки высшего сорта производят хлеб простой формовой и подовый, хлеб ситный с изюмом, хлеб молочный, калач саратовский и пр.

Общие основы технологии приготовления пшеничного теста изложены в главе V.

БУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К булочным изделиям из пшеничной муки II, I и высшего сортов относят подовые штучные изделия в виде батончиков, булочек и булочек, хал, плетенки, витушек, подковок, калачей и пр. массой 500 г и менее, в рецептуру которых входит менее 7% жира и 7% сахара на 100 кг муки.

Отдельные виды булочных изделий, например батончики простые и городские, вообще не имеют в своей рецептуре сахара и жира.

Некоторые из видов булочных изделий изображены на рис. 50.

СДОБНЫЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К этой группе изделий относят все виды хлебобулочных изделий, содержащих на 100 кг муки по 7% и более сахара и жиров.

По этому признаку в группу сдобных изделий включаются различные виды изделий (например, булочки гражданские, булочки сдобные, плюшки московские; изделия, объединяемые названием сдоба и др.).

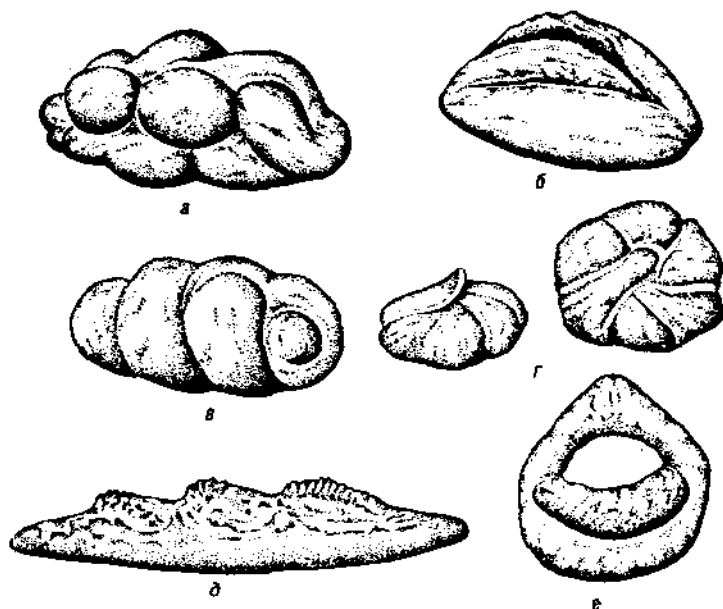


Рис. 50. Булочные изделия:

а — плетеная хала; б — городская булка; в — булочная плетенка; г — розанчики; д — городской батон; е — московский калач

БАРАНОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Бараночные изделия имеют форму кольца или овала и круглое сечение. В группе бараночных изделий различают сушки, баранки и бублики.

Сушки представляют собой маленькие тонкие колечки (от 6,7 до 11,8 г в штуке) с влажностью отдельных их разновидностей не выше 9–13%. *Баранки* являются несколько более крупными изделиями (для разных их видов от 25 до 40 г в штуке), имеющими и несколько более высокую влажность (для отдельных наименований не выше 14–19%). *Бублики* — еще крупнее (от 50 до 100 г в штуке), имеют большую толщину и влажность отдельных их разновидностей — не выше 22–27%.

Баранки и особенно сушки вследствие их низкой влажности способны длительно сохраняться и поэтому являются своеобразным видом хлебных консервов. Бублики, имеющие более высокую влажность, наоборот, рассчитаны на потребление в свежее выпеченном состоянии.

Бараночные изделия готовят из крутого теста, имеющего соответствующую относительно низкую влажность. Тесто для сушек имеет, например, влажность 33–36,5%.

Тесто для бараночных изделий готовят или на специальной, непрерывно возобновляемой закваске («притворе»), или на опаре с применением прессованных дрожжей. Ввиду малого содержания воды процесс приготовления теста состоит из двух операций: замеса в тестомесильной машине, конструктивно рассчитанной на замес крутого теста, и дополнительной механической обработки на натирочной машине с целью обеспечения однородности структуры и свойств теста.

После натирки тесто должно иметь период отлежки — брожения (30–60 мин). Затем тесто поступает на делительную-закаточную машину, из которой выходят сформованные тестовые заготовки.

Сформованным тестовым заготовкам дают необходимое время (при машинном формовании от 30 до 90 мин) для расстойки, после чего следует операция обварки в кипящей воде¹ или ошпарки в соответствующих паровых камерах при давлении 0,14–0,15 МПа. Длительность обварки колеблется в пределах 0,5–3 мин. Чем крупнее изделие, тем длительнее обварка.

В процессе обварки объем бараночных изделий резко увеличивается, масса же изделия возрастает очень незначительно. Поэтому готовые тестовые бараночные заготовки при обварке всплывают на поверхность. При обварке температура в центре тестовой заготовки достигает 50–60 °С, а на поверхности 60–70 °С.

В результате прогрева при обварке в тестовых заготовках начинаются процессы клейстеризации крахмала и денатурации белков, особенно интенсивно происходящие в поверхностном слое теста. В результате этого поверхность изделия после выпечки становится блестящей, глянцевой.

После обварки тестовые заготовки подвергаются обсушиванию (обдуванием горячим воздухом).

Выпечка бараночных изделий производится в конвейерных печах разных конструкций и длится в зависимости от вида и массы изделий обычно от 10 до 20 мин.

Механизм процесса выпечки бараночных изделий отличается от механизма процесса выпечки хлеба. При выпечке бараночных изделий ввиду быстрого их прогрева испарение начинается происходить также в центральных слоях изделий, и влага из них перемещается к поверхности изделия в виде пара. Температура центральных слоев достигает к концу выпечки: у бубликов 104–106 °С, баранок 107–108 °С и сушек 110–112 °С.

При выпечке бараночных изделий как бы совмещаются процессы собственно выпечки и сушки.

В специальных бараночных печах со стационарным подом применяется так называемая «засветка» — облучение поверхности выпекаемых изделий пламенем горящего топлива. Исследования процесса засветки показали, что в конвейерных печах этот процесс, улучшающий форму, характер и окраску поверхности изделия, может быть заменен обжаркой в начале процесса выпечки в течение 1–2 мин при температуре среды лекарной камеры 300–350 °С и пода 250–280 °С.

Как показали опыты, при выпечке бараночных изделий большое значение имеет скорость влагоотдачи, которая должна составлять 1,6–1,8% в минуту.

На основании работ, проводившихся в МТИППе, были рекомендованы параметры оптимального режима выпечки бубликов, баранок и сушек.

Из пшеничной муки I сорта производят бублики (украинские, ванильные, горчичные, бублики простые с маком, тмином и др.), баранки

¹ Для лучшего зарумянивания готовых изделий в воду для обварки добавляют патоку или сахар.

(простые, сахарные, горчичные, молочные и др.) и сушки (простые, соленые, чайные, минские и др.).

Из муки пшеничной высшего сорта готовят баранки (сахарные с маком, лимонные, ванильные, яичные и др.) и сушки (простые, с маком, лимонные, ванильные, горчичные и др.).

Рецептуры, детали технологического процесса приготовления, требования к качеству готовых бараночных изделий приводятся в соответствующих руководствах.

Оборудование для производства бараночных изделий описано в соответствующей литературе.

СДОБНЫЕ СУХАРИ

Сдобные сухари имеют низкую влажность (у отдельных их наименований от 8 до 12%) и поэтому способны храниться относительно долгое время. Готовятся сдобные сухари из пшеничной сортовой муки.

Рецептуры сдобных сухарей предусматривают внесение в тесто соответствующих для каждого сорта количеств сахара и жиров — масла животного и маргарина. Указывается и количество яиц на смазку и отделку.

Для отдельных видов сдобных сухарей предусмотрено применение дополнительных количеств сахара на обсыпку и отделку (сухари сахарные), ванилина (сухари ванильные) и др.

В связи с тормозящим влиянием больших количеств сахара и жира в тесте на спиртовое брожение в нем количество прессованных дрожжей максимально в рецептурах сортов с наибольшим процентом сахара.

Для каждого наименования сдобных сухарей еще со времен их кустарного приготовления вручную установились соответствующие рецептуры, форма и размеры [30, 34, 35 и др.]. На 1 кг приходится 200–230 шт. наиболее мелких — детских сухарей и 40–45 шт. наиболее крупных — городских и дорожных сухарей.

На рис. 51 показана типичная форма двух разновидностей сухарей — московских и детских.

Технологический процесс производства сдобных сухарей включает: приготовление теста, формование из выброженного теста так называемых сухарных

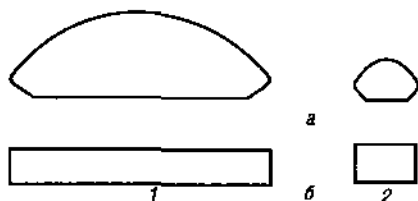


Рис. 51. Форма сдобных сухарей:
а — вид сбоку; б — вид сверху; 1 — сухарь московский; 2 — сухарь детский

плит, их расстойку, отделку, выпечку, выдержку, резку на ломти, их отделку, сушку—обжарку, охлаждение, отбраковку и упаковку.

Тесто для сдобных сухарей готовят опарным способом. Сахар и жир в тесто для наиболее сдобных сортов сухарей вносят в процессе его отсодбки.

Из выброженного теста формируют плиты — тестовые заготовки, по профилю поперечного сечения примерно соответствующие профилю готового сухаря данного сорта.

Сухарные плиты должны иметь мелкую, однородную и тонкостенную пористость. Поэтому ранее применявшееся формование плит вручную сводилось к следующим операциям: 1) деление теста на маленькие кусочки, 2) раскатка этих кусочков в жгуты («пальцы»), по длине равные требуемой ширине полосы плиты, 3) укладка «пальцев» на листе в ряд, один вплотную к другому (плита) и 4) оправка плит (придание плите, расположенной на листе по его длине, необходимого для данного сорта сухаря профиля).

Для машинного формования сухарных плит на московском хлебозаводе № 2 была создана машина, в которой тесто нагнетается через формирующие мундштуки (матрицы), имеющие отверстия с профилем, соответствующим необходимому профилю плиты. Плиты, выходящие из формирующих отверстий машины, также укладывают на листы по их длине и в случае необходимости выравнивают вручную. Однако характер пористости плит, выпеченных из тестовых заготовок, сформованных на такой машине, отличается в худшую сторону от плит, сформованных из отдельных жгутиков — «пальцев».

Более совершенна в этом отношении машина для формования сухарных плит, осуществляющая деление теста на мелкие дольки, раскатку их в жгуты и затем укладку их в ряды на листах.

Расстойка отформованных плит производится на листах в камерах или конвейерных установках при температуре 35–40 °С и относительной влажности воздуха 75–85% в течение 40–120 мин (в зависимости от сорта и свойств муки и количества сдобы в тесте).

Перед выпечкой расстаявшие плиты смазывают яичной болтушкой и для отдельных видов (городских и кофейных сухарей) обсыпают сухой крошкой. Выпечка плит производится в хлебопекарных печах разных конструкций при температуре от 180 до 250 °С в течение 7–20 мин (в зависимости от сорта сухарей и размеров плит). Увлажнения пекарной камеры при выпечке плит не требуется.

Выпеченные плиты в течение 15–20 мин обычно охлаждают на тех листах, на которых они выпекались. При охлаждении спустя 5–8 мин после выпечки плиты переворачивают. Охлажденные плиты перекладывают на деревянные лотки и на специальных стеллажах выдерживают в течение 8–24 ч. Выдержка сухарных плит имеет целью приведение их в состояние, оптимальное для резки на ломти.

Помещение, в котором выдерживаются плиты, должно быть сухим и хорошо вентилируемым. Температура воздуха в этом помещении желательна в пределах 12–15 °С при относительной влажности 65–70%. Омывание выдерживаемых плит воздухом должно быть равномерным.

Установлена возможность ускорения охлаждения и сокращения выдержки плит до 3,5–7 ч, а также целесообразность ее проведения в конвейерных охладителях при оптимальном режиме воздухообмена.

Выдержанные плиты на специальных резальных машинах нарезаются на ломти толщиной, обусловленной размерами сухаря данного вида.

Нарезанные из плит ломти при производстве некоторых видов сухарей подвергаются обсыпке. Для этого поверхности ломтей, подлежащие обсыпке, слегка смазы-

вают яичной болтушкой, после чего их обсыпают сахаром, смесью мака и сахара, крошкой из ядра ореха, смесью сухарной крошки, сахара и ореха.

Нарезанные и в случае необходимости отделанные ломти плашмя укладывают на листы для сушки. Размеры листов (как и при выпечке плит) должны быть увязаны с размерами пода или подиков печи, в которой производится сушка сухарей.

Сушка производится в хлебопекарных печах при температуре 165–220 °С в течение 12–35 мин (в зависимости от размеров и рецептуры сухарей данного сорта).

Этот этап процесса производства сдобных сухарей правильнее было бы именовать их сушкой–обжаркой, так как готовые сухари должны быть не только высушены до требуемой влажности (8–12%), но иметь зарумяненный слой на боковых поверхностях ломтя. Поэтому сушка сдобных сухарей и производится не в сушилках с конвективным подводом теплоты, а в хлебопекарных печах. Излучение от теплоотдающих поверхностей пекарной камеры и обеспечивает зарумянивание боковых поверхностей сухарей.

Готовые сдобные сухари охлаждают в течение 2–3 ч и после отбраковки упаковывают или расфасовывают.

Наследовались различные способы приготовления теста, влияние усиленной механической обработки теста при замесе и дополнительных операций, а также и влияние специальных добавок–улучшителей. Особое внимание было уделено ускорению процесса выдержки сухарных плит до их резки на ломти, длящемуся от 7 до 24, а в ряде случаев и до 48 ч.

Снижение температуры воздуха, в условиях которого выдерживаются плиты, с 20–25 до 8–11 °С примерно в 2 раза снижает длительность этого процесса. Еще большее ускорение может быть достигнуто путем дополнительной кратковременной (до 3 мин) выдержки еще горячих после выпечки плит в поле токов высокой частоты. Применение этого способа [а. с. 491367 (СССР), Б. И., 1975, № 24] позволяет ускорить процесс выдержки сухарных плит в 7–24 раза при одновременном улучшении качества сдобных сухарей (по чистоте срезов у ломтей плиты, по равномерности окраски и набухаемости сухарей).

Для производства сдобных сухарей разработаны как новые виды соответствующего оборудования, так и комплексно-механизированные точные линии [3, 20 и др.].

РЖАНЫЕ И РЖАНО–ПШЕНИЧНЫЕ ОБОЙНЫЕ СУХАРИ

Ржаные и ржано–пшеничные сухари, получаемые обычно из ржаного или ржано–пшеничного хлеба, нарезанного на ломти и высушенного до влажности 10%, являются продуктом, выдерживающим длительное хранение.

Большим преимуществом сухарей является то, что вследствие низкого содержания влаги они пригодны для непосредственного употребления в пищу в любых температурных условиях, тогда как хлеб на морозе замерзает.

Производство ржаных или ржано-пшеничных сухарей состоит из следующих процессов и операций: приготовления хлеба, выдержки хлеба, резки хлеба на ломти, укладки ломтей в кассеты, сушки и упаковки сухарей.

Производство сухарного хлеба и требования к его качеству. Для сушки на простые сухари можно использовать хлеб из ржаной обойной муки, из смеси 70% ржаной обойной муки и 30% пшеничной обойной муки и из пшеничной обойной муки. Допускается также применение хлеба из смеси 70% ржаной обойной и 30% ржаной обдирной муки.

Приготовление теста и хлеба производится обычным способом. Влажность целого хлеба, предназначенного для сушки сухарей, должна находиться в пределах 42–44%, что соответствует влажности мякиша 47–50%.

В сушильной технике принято влажность сушеного продукта выражать в процентах к массе абсолютно сухого вещества продукта. Выражаемую таким образом влажность называют суммарной (интегральной) влажностью. Суммарная влажность W^s (на рис. 52–54 обозначено W^s) целого сухарного хлеба должна находиться в пределах 72–78,5%.

По всем остальным показателям качество сухарного хлеба должно удовлетворять нормам стандарта на соответствующий сорт хлеба. Особое значение имеет хорошо развитая и равномерная пористость хлеба.

Обычно сухарный хлеб выпекают в формах массой 1,5–2 кг.

Было экспериментально установлено, что для сушки сухарей целесообразно применение ржаного или ржано-пшеничного бескоркового хлеба электроконтактной выпечки (см. главу VIII). Такой хлеб имеет повышенную и равномерную пористость. Поэтому ломти этого хлеба высыхают и дают сухари с усадкой, равномерной по их сечению.

Выдержка сухарного хлеба. Хлеб, предназначенный для производства сухарей, после выпечки выдерживают в течение 12–18, а иногда и 24 ч и только после этого режут на ломти.

Выдержка хлеба имеет целью приведение его в состояние, при котором он не деформировался бы при резке на ломти и давал наименьшее количество отходов (крошки и поврежденных ломтей).

Длительность выдержки сухарного хлеба зависит от температуры в хлебохранилище и конструкции хлеборезальной машины, а также от состояния ее режущих деталей. Чем совершеннее конструкция хлеборезки и острее ее режущие детали, тем меньше может быть длительность выдержки хлеба. Чем выше температура воздуха в хлебохранилище, тем длительнее должна быть выдержка хлеба.

Резка хлеба на ломти. Резка хлеба производится на хлеборезальных машинах. Хлеб режут на ломти толщиной 20–25 мм. Оптимальная толщина ломтя около 22 мм. При этой толщине сушка ломтей идет быстро и сухари получаются спокойными и достаточно механически прочными.

Ломти, деформированные в процессе резки или с отслоившейся коркой, подлежат отбраковке.

Укладка ломтей хлеба в кассеты. Нарезанные ломти хлеба укладываются в металлические кассеты, рассчитанные на вертикальное размещение в них ломтей

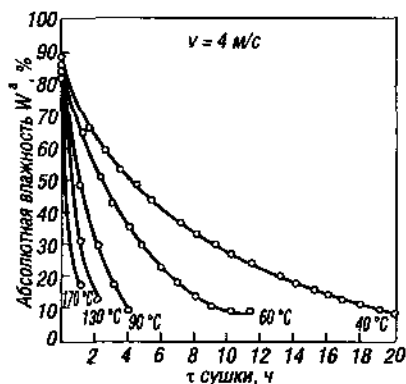


Рис. 52. Кривые сушки ржаных сухарей при разной температуре сушильного воздуха

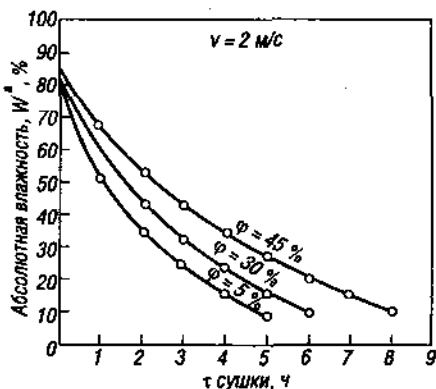


Рис. 53. Кривые сушки ржаных сухарей при разной относительной влажности сушильного воздуха

с определенными зазорами между ними. Применяются также и металлические кассеты рамочного типа (рамка из металлического прутка с натянутой на ней сеткой), рассчитанные на укладку на них ломтей плашмя.

При сушке сухарей в наиболее распространенных сушилках туннельного типа кассеты с ломтями хлеба укладывают на полки каркаса металлической вагонетки.

Сушка ломтей хлеба. Для получения сухарей из 1 т ломтей хлеба надо испарить 350–400 кг воды.

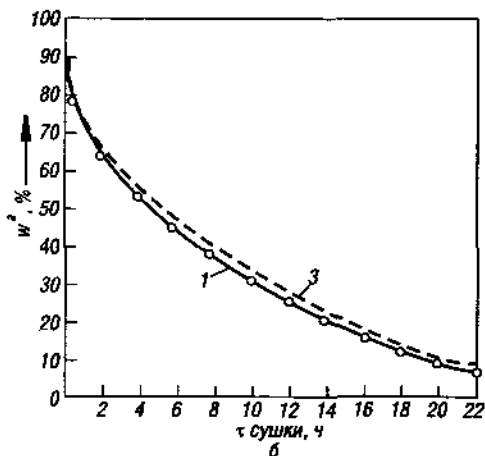
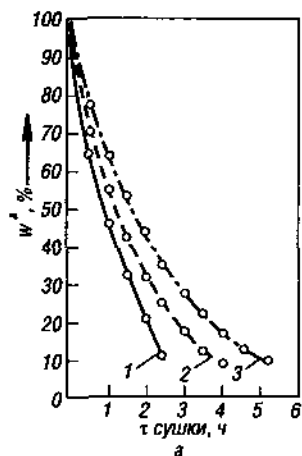


Рис. 54. Кривые сушки ржаных сухарей при разной скорости и температуре сушильного воздуха:

а — при 120 °С; б — при 40 °С; 1 — 5 м/с; 2 — 2,5 м/с; 3 — 0,3 м/с

Для сушки ломтей хлеба обычно применяются сушилки конвекционного типа, в которых теплоносителем служит нагретый в калорифере воздух, передающий теплоту, необходимую для испарения из ломтей влаги, конвекцией.

При конвекционной сушке длительность сушки ломтей хлеба и качество сухарей обуславливается параметрами сушильного воздуха: его температурой (t_c), относительной влажностью (ϕ) и скоростью (v) по отношению к сушимуому продукту.

Влияние параметров сушильного воздуха на процесс сушки ломтей хлеба иллюстрируется кривыми сушки [$W^c = f(\tau)$], приведенными на рис. 52–53. Как видно из графика, приведенного на рис. 52, чем выше температура сушильного воздуха, тем быстрее идет сушка.

Сушка ломтей хлеба до влажности около 10% при $v = 4$ м/с и $\phi = 5\%$ длилась: 20 ч при 40 °С, 10 ч при 60 °С, 4 ч при 90 °С и около 2 ч при 130 °С. Более высокая температура сушильного воздуха (170 °С), хотя и ускоряла еще более процесс сушки, однако приводила к получению сухарей неудовлетворительного качества (темно-бурых и горьковатых).

Увеличение относительной влажности сушильного воздуха с 5 до 45% при $t_c = 90$ °С и $v = 2$ м/с увеличивало длительность сушки сухарей с 5 до 8 ч (рис. 53).

Увеличение скорости сушильного воздуха с 0,7 до 2,5 и 5 м/с при $t_c = 120$ °С имело результатом сокращение длительности сушки с 8 до 6,5 и 4,5 ч (рис. 54, а). При $t_c = 40$ °С (рис. 54, б) увеличение скорости воздуха с 0,7 до 5 м/с практически не повлияло на скорость сушки.

Объясняется это тем, что хлеб имеет сравнительно низкую теплопроводность. В связи с этим скорость сушки ломтей хлеба толщиной 20–22 мм при низкой температуре сушильного воздуха в основном обусловлена не скоростью испарения влаги с поверхности материала, а скоростью внутреннего перемещения влаги к поверхности испарения. Поэтому при $t_c = 40$ °С увеличение скорости сушильного воздуха с 0,7 до 5 м/с, которое может увеличить только испарение влаги с поверхности материала, не привело к ускорению процесса сушки.

Коэффициент теплопроводности сушеного материала резко увеличивается при повышении температуры материала, происходящем при повышении температуры сушильного воздуха.

Так, исследования процесса сушки сухарей показали, что при увеличении температуры сушильного воздуха с 40 до 120 °С численное значение коэффициента теплопроводности возрастает в 26,6 раза. Поэтому при $t_c = 120$ °С увеличение скорости сушильного воздуха с 0,7 до 2,5 и даже до 5 м/с имело результатом существенное ускорение процесса сушки сухарей.

В значительной мере этим же повышением теплопроводности хлеба при увеличении температуры сушильного воздуха объясняется и то, что чем выше температура сушильного воздуха при постоянной его скорости, тем скорее идет процесс сушки сухарей (см. рис. 52).

При исследовании процесса сушки сухарей было установлено, что при обычной толщине ломтей хлеба (20–22 мм) процесс протекает при падающей скорости сушки. Период постоянной скорости сушки при этом отсутствует. Это также обусловлено относительно малой теплопроводностью хлеба. Как показали эксперименты и аналитические расчеты, период постоянной скорости сушки при $t_c = 45$ °С и $\phi = 15\%$ может наблюдаться только при сушке ломтей хлеба толщиной менее 5 мм. Экспериментальная сушка ломтей хлеба толщиной 3 мм при этом режиме подтвердила наличие в этих условиях начального периода постоянной скорости сушки.

Специфические свойства хлеба как объекта сушки (в первую очередь его низкая теплопроводность) обуславливают то, что поверхность испарения при сушке

ломтей хлеба углубляется при интенсивной влагоотдаче с поверхности. В результате этого на поверхности ломтей хлеба может образовываться постепенно утолщающийся слой, имеющий влажность, равновесную по отношению к параметрам сушильного воздуха, в то время как центральная часть ломтя может иметь влажность, близкую к исходной.

Температура ломтей хлеба в процессе сушки быстро повышается и на поверхности достигает значений, близких к t_c сушильного воздуха. Поэтому повышенные температуры сушильного воздуха до уровня, допустимого с точки зрения качества сухаря, являются наиболее эффективным методом ускорения процесса сушки сухарей.

Сушенные ломти хлеба в результате отдачи влаги имеют усадку, особенно значительную в центральной части ломтя. По нашим данным, ломоть хлеба в процессе сушки имеет усадку: по высоте на 8%, по ширине на 6–7%, по толщине периметра ломтя (по его корке) на 5% и по толщине центральной части ломтя на 35%.

Исходя из анализа влияния на процесс сушки сухарей различных факторов и с учетом нежелательности больших значений градиента влажности в сушеном ломте хлеба, вызывающих растрескивание сухаря, можно считать целесообразным такой режим сушки хлеба на сухари, при котором первая стадия сушки происходила бы не при очень высокой температуре и повышенной относительной влажности сушильного воздуха. Вторая стадия сушки, к началу которой ломти хлеба уже достаточно прогреты, может происходить при более высокой температуре и более низкой относительной влажности сушильного воздуха.

Исходя из этого в туннельных сушилках для сухарей в основном принят принцип противотока сушеного материала и сушильного воздуха с частичной рециркуляцией отработанного сушильного воздуха. При этом процесс сушки ломтей хлеба начинается при $t_c = 70 \div 80^\circ\text{C}$ и $\phi = 25 \div 35\%$. Завершается сушка сухарей при $t_c = 120 \div 130^\circ\text{C}$ и $\phi = 5 \div 10\%$. Скорость воздуха $v = 3,5$ м/с. Длительность сушки в этих условиях составляет 7–8 ч.

Для сушки хлеба на сухари используются сушилки разных типов и конструкций. Основным видом сухарных сушилок являются туннельные вагонеточные сушилки конвекционного типа с применением в качестве теплоносителя воздуха, нагреваемого в специальных трубчатых огневых калориферах.

Описание и техническая характеристика сухарных сушилок приводятся в специальной литературе¹.

Охлаждение, отбраковка и упаковка сухарей. Готовые сухари после выхода из сушилки необходимо охладить и только после этого упаковывать. Охлаждение сухарей обычно производят, выдерживая вагонетку с сухарями в помещении.

Охлажденные сухари выгружают из кассет на упаковочный стол. В процессе отбора сухарей с этого стола для упаковки их отбраковывают по признакам качества, определяемым органолептически и предусмотренным в стандарте на сухари.

Отбраковке подлежат: сухари горелые, с крупными сквозными трещинами, с посторонними включениями, загрязненные, а также сухари, нестандартные по размерам. Учитывается при этом и количество крупного и мелкого лома, допускаемого стандартом.

Одновременно с этим органолептически отбраковывают и сухари, явно непросушенные, руководствуясь тем, что сухарь со значительной прослойкой невысушен-

¹ Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 528 с.

Гинзбург А. С. Технология сушки пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 240 с.

ного мякиша при сдавливании его с боков пальцами и при постукивании сухаря о сухарь издает глухой звук.

Следует иметь в виду, что тонкие прослойки непросушенного мякиша в центральной части сухаря допустимы при общей его влажности не выше 10%. При хранении таких сухарей их влажность выравнивается, и эти прослойки полностью исчезают.

Влажность, кислотность и намокаемость сухарей, нормируемые стандартом, контролируются лабораторией хлебозавода (или сахарного предприятия).

Сухари упаковывают в следующие виды потребительской транспортной тары: мешки бумажные многослойные, пакеты из полиэтиленовой пленки, пакеты бумажные, ящики из гофрированного картона, ящики дощатые и фанерные и др.

Ассортимент продукции хлебопекарной промышленности включает и хлебобулочные изделия, предназначенные для диетического (лечебного и профилактического) питания, а также и для разных возрастных групп населения. Эти изделия будут рассмотрены в главе XIV.

Глава XIV

Пищевая ценность хлеба и его качество

Одной из задач повышения благосостояния народа является его высококачественное питание, оптимально сбалансированное по содержанию отдельных пищевых веществ, их физиологической и энергетической ценности.

Ежедневное, повсеместное и всенародное потребление хлебных изделий дает основание считать их продуктами питания, имеющими первостепенное значение.

Не случайно поэтому русскими учеными, работавшими в области гигиены питания еще в конце прошлого столетия (А. Доброславил, М. Покровский, М. Попов, С. Руднев, В. Самгин, Ф. Эрисман и др.), большое внимание уделялось не только разработке научных основ питания, но и исследованию пищевой ценности хлеба и его значимости в пищевом рационе.

Работы в области основ рационального питания, потребностей человека в пищевых веществах и энергии, а также исследования пищевой ценности и хлебных изделий, разработка путей и средств ее повышения

широким фронтом ведутся и современными гигиенистами, биохимиками и технологами как в нашей стране, так и за рубежом.

ПОТРЕБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В ПИЩЕВЫХ ВЕЩЕСТВАХ И ЭНЕРГИИ

В пище, потребляемой человеком, должны содержаться пищевые вещества (вода, белки, углеводы, жиры, минеральные вещества, витамины, пищевые волокна и др.), необходимые для нормального функционирования организма: для обмена веществ, для восстановления, а в период роста — новообразования его тканей.

Пища является и источником энергии, необходимой организму человека как для процессов обмена веществ, так и для покрытия затрат энергии на двигательные, трудовые и другие процессы.

Поэтому пищевые рационы и отдельные пищевые продукты оцениваются не только по содержанию в них необходимых человеческому организму пищевых веществ, но и по энергетической ценности (далее сокращенно — ЭЦ), характеризующей энергией, которая может быть выделена этим рационом или 100 г определенного продукта в процессе его усвоения организмом человека.

Для оценки достаточности и пищевой полноценности отдельных пищевых рационов, а также входящих в них отдельных пищевых продуктов необходимо располагать определенными нормативами потребности человека в отдельных пищевых веществах и энергии.

Потребность отдельных компонентов и групп населения в пищевых веществах и энергии у нас в стране утверждается органами здравоохранения.

Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения нашей страны, разработанные в 1991 г. Министерством здравоохранения СССР, являются государственным нормативным документом, определяющим величины оптимальных потребностей в пищевых веществах и энергии для различных контингентов населения. Содержащиеся в «Нормах» величины носят групповой характер и относятся к одинаковым группам населения по полу, возрасту, массе тела, размерам энергозатрат.

В этих «Нормах» отражена потребность разных групп и контингентов населения нашей страны в ЭЦ пищи: в белках (в том числе отдельно в животных); в жирах; в углеводах; в таких минеральных веществах как кальций, фосфор, магний, железо, цинк, йод; в витаминах (С, А, Е, D, В₁, В₂, В₆, ниацин, фолат, В₁₂).

В «Нормах» учитывается коэффициент физической активности. Он характеризует соотношение общих энергозатрат на все виды жизнедеятельности с величиной основного обмена — расходом энергии в состоянии покоя.

В табл. 28 приведены нормы физиологических потребностей для взрослого населения мужчин и женщин, а также дневная потребность во всех незаменимых аминокислотах и двух заменимых аминокислотах — цистине и тирозине.

В разделе «Витамины» изменена последовательность расположения данных по отдельным витаминам с учетом их буквенного обозначения.

По тем пищевым веществам, по которым в таблице приведены величины потребности «от» и «до» такой-то, в скобках дано и среднее значение потребности в данном веществе. Этими величинами мы пользуемся при оценке пищевой ценности отдельных продуктов (хлеба и хлебных изделий и сырья, из которого они производятся) и их роли и значения в питании взрослого человека.

ЗНАЧЕНИЕ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА, СТЕПЕНЬ ЕГО ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Для установления роли и значения хлеба и хлебных изделий в питании взрослого человека необходимо условно принять, сколько и каких видов этих изделий он съедает за день.

Мы приняли, что взрослый человек ежедневно съедает 450 г хлебных изделий, включающих 150 г столового подового хлеба, 150 г подового хлеба из пшеничной муки II сорта и 150 г нарезного батона из пшеничной муки I сорта.

Рецептура этих видов изделий (в кг на 100 кг муки) предусматривает изготовление их из приводимых ниже видов и количеств сырья.

1. *Хлеб столовый* — из 50 кг муки ржаной обдирной и 50 кг муки пшеничной II сорта, 0,3 кг прессованных дрожжей, 1,5 кг соли и 3 кг сахара.

2. *Хлеб из пшеничной муки II сорта* — из 100 кг этой муки, 0,5 кг прессованных дрожжей и 1,3 кг соли.

3. *Нарезной батон* — из 100 кг пшеничной муки I сорта, 1,5 кг прессованных дрожжей, 1,3 кг соли, 5 кг сахара и 3,5 кг маргарина.

Для этих трех видов хлебных изделий мы в дальнейшем изложении будем использовать сокращенные обозначения: 1) хлеб столовый; 2) хлеб из М-Пш II с; 3) батон нарезной из М-Пш I с.

В таблицах же, отражающих суммарное содержание в 450 г этих трех хлебных изделий (по 150 г каждый) отдельных пищевых веществ, мы будем для краткости писать: «содержание в 450 г хлебных изделий».

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

ЭЦ дневного рациона, необходимая для здоровья и нормальной жизнедеятельности человека, колеблется в широких пределах в зависимости от возраста, пола, интенсивности труда и других факторов.

Так, численные значения суточной потребности в энергии колеблются от 1300 ккал, или 5542,8 кДж (ребенок в возрасте от 1 до 1,5 лет), до 4500 ккал или 18 840 кДж (мужчина, занимающийся тяжелым ручным трудом), и даже до 5000 ккал или 20 934 кДж (спортсмен в период соревнований и усиленных тренировок).

У статистически усредненного взрослого человека потребность в ЭЦ дневного пищевого рациона принята равной 11 932 кДж (2850 ккал).

Этими численными значениями ЭЦ мы и будем руководствоваться при установлении энергетической значимости хлебных изделий в питании взрослого человека.

Факторы, обуславливающие ЭЦ хлеба и других пищевых продуктов, и методика ее установления. В таблицах химического состава пищевых продуктов величины их ЭЦ приведены в расчете на 100 г съедобной части продукта и выражены в ккал и кДж энергии, выделяющейся при окислении пищевых веществ в организме человека.

Таблица 29

Вещества	Теплота сгорания		ЭЦ при окислении в организме		Коэффициент усвоения
	ккал/г	кДж/г	ккал/г	кДж/г	
Белки	5,65	23,65	4,00	16,75	0,71
Жиры (липиды)	9,35	39,15	9,00*	37,68*	0,96
Усвояемые углеводы	3,75	15,70	3,75	15,70	1,00
Этиловый спирт	7,07	29,60	7,00	29,31	0,99
Уксусная кислота	3,49	14,61	3,49	14,61	1,00
Молочная кислота	3,62	15,61	3,62	15,16	1,00

*Значения 9,00 ккал/г и 37,86 кДж/г приняты для жиров природных продуктов.

Для хлебных изделий, все части которых съедобны, их ЭЦ выражается на 100 г продукта (включая их корку и мякиш).

ЭЦ хлебных изделий обусловлена рядом факторов, к числу которых можно отнести: соотношение в массе изделия воды и сухих питательных веществ. Чем больше в продукте воды, не выделяющей в нашем организме энергии, тем соответственно ниже будет его ЭЦ; количество в массе сухих веществ продукта — белков, усвояемых углеводов и липидов, различающихся по количеству энергии, выделяемой единицей их массы в организме человека.

Эти группы веществ различаются и по теплоте сгорания, и по энергии, выделяемой в нашем организме, что связано и с различной степенью их усвоения. В табл. 29 приведены значения этих показателей, принятые [38] для расчета ЭЦ пищевых продуктов, в том числе и хлеба, булочных и других хлебопекарных изделий.

ЭЦ отдельных видов хлебных изделий. Данные, приведенные в табл. 29, позволяют отметить, что теплота сгорания и ЭЦ в организме человека наиболее высоки у жира (липидов). Поэтому чем больше в рецептуре хлебного изделия жира, тем выше его ЭЦ.

На втором месте по ЭЦ находится этиловый спирт. Однако его содержание в хлебных изделиях столь невелико, что не сказывается ощутимо на их ЭЦ.

Коэффициент усвоения в организме человека энергии, содержащейся в пищевых продуктах, наиболее низок у белков (0,71), значительно выше у жиров (0,96) и максимален у усвояемых углеводов (1,0).

ЭЦ хлебных изделий в значительной степени связана с их влажностью, причем для хлеба и булочных изделий с влажностью не мякиша, нормируемой ГОСТами, а целых изделий, отражающей влажность и корок и мякиша.

В табл. 30 в качестве примера приведены значения ЭЦ ряда видов хлебных изделий из муки разных видов и сортов: ржаной обойной (М-Рж об), обдирной (М-Рж обд) и сеяной (М-Рж сеян); пшеничной обойной (М-Пш об), II сорта (М-Пш II с), I сорта (М-Пш I с) и высшего сорта (М-Пш в. с). Приводятся в этой таблице и значения ЭЦ видов хлеба, принятых нами в качестве потребляемых взрослым человеком (хлеб столовый подовый, хлеб подовый из М-Пш II с и батон нарезной из М-Пш I с).

Помимо величин ЭЦ отдельных хлебных изделий приводим и соответствующие им значения влажности целых изделий ($W_{\text{цел.изд}}$) и содержания жира (липидов).

Как видно из данных табл. 30, содержание влаги в хлебных изделиях действительно является одним из основных факторов, влияющих на ЭЦ хлеба. Например, хлеб из М-Рж об при $W_{\text{цел.изд}}$ 47,5% имеет

Таблица 30

Виды хлебных изделий	$W_{\text{цел. изд.}}$ %	Содержание жира, %	ЭЦ	
			ккал/100 г	кДж/100 г
1. Хлеб формовой из М-Рж об	47,5	1,0	190	795,49
2. —" М-Рж обд	45,8	1,1	199	833,17
3. —" М-Рж сеян	42,4	0,7	214	895,97
4. —" М-Пш об	44,3	1,2	203	849,92
5. —" М-Пш II с	41,2	1,2	220	921,10
6. —" М-Пш I с	39,5	0,9	226	946,22
7. —" М-Пш в/с	37,8	0,6	233	976,52
8. Батон простой из М-Пш I с	37,2	1,0	236	988,08
9. Сдоба выборгская из М-Пш в/с	26,1	4,5	297	1243,48
10. Баранки простые из М-Пш I с	17	1,3	312	1306,28
11. Сушки простые из М-Пш I с	12	1,3	330	1381,64
12. Сухари армейские из М-Рж об	11	1,7	326	1364,90
13. Сухари сливочные из М-Пш в/с	8	10,6	397	1662,16
14. Хлеб столовый подовый из М-Рж обд и М-Пш II с	40,4	1,17	203	849,92
15. Хлеб подовый из М-Пш II с	39,8	1,29	208	870,85
16. Нарезной батон из М-Пш I с	36,3	2,89	235	983,90

Примечание. Численные значения ЭЦ по пп. 1–13 приведены из таблиц химического состава пищевых продуктов, 1976 г. [38], а по пп. 13–14 рассчитаны по данным состава изделий, приведенным в таблицах 1979 г. [39].

ЭЦ = 795,49 кДж/100 г, а армейские сухари из этого хлеба при их влажности 11% — 1364,90 кДж/100 г, т. е. в 1,7 раза большую.

Существенно отметить и то, что чем больше выход муки, тем выше $W_{\text{цел. изд}}$ из нее и соответственно ниже величины ЭЦ.

$W_{\text{цел. изд}}$ из ржаной муки несколько выше $W_{\text{цел. изд}}$ из пшеничной муки примерно того же выхода, а величины ЭЦ изделий из ржаной муки соответственно ниже.

Степень покрытия потребности взрослого человека в энергии за счет потребления хлебных изделий. Взрослому человеку необходимо получать в его пищевом рационе 11 932 кДж в день. Исходя из данных, приведенных в пп. 14–16 табл. 30, и ежедневного потребления взрослым человеком 150 г столового хлеба, 150 г хлеба из М-Пш II с и 150 г нарезного батона из М-Пш I с, легко подсчитать, что ЭЦ этого количества перечисленных изделий равняется 4060 кДж.

Таким образом, потребление хлебных изделий играет существенную роль в энергетическом балансе питания взрослого человека, примерно на одну треть (на 34%) покрывая его потребность в энергии.

БЕЛКОВАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА И ЗНАЧЕНИЕ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ В БЕЛКОВОМ БАЛАНСЕ ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Белковые вещества играют очень существенную роль в питании человека, физиологических функциях и состоянии его организма. Белок пищи — это источник восстановления и обновления клеток и тканей организма. Белковые вещества являются составной частью цитоплазмы клеток, в которой происходит процесс распада белка и одновременный его синтез за счет белка пищи. Белок — это также составная часть ядер и других органелл клеток и межклеточных веществ. Специфические белки входят в состав ферментов, гормонов и других образований, выполняющих очень важные функции в нашем организме.

В белках пищи большое значение имеет их аминокислотный состав. Из 20 аминокислот, входящих в состав пищевых белков, 8 (изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан, треонин и валин) считаются *незаменимыми аминокислотами*, так как не могут в нашем организме синтезироваться и поэтому должны обязательно поступать с белками пищи.

Полагают, что из числа незаменимых аминокислот одной из самых важных является *лизин*. Недостаток его в пище приводит к нарушениям в кроветворении, снижению количества эритроцитов и уменьшению содержания в них гемоглобина. Особое значение придают также *триптофану и метионину*.

При современной оценке аминокислотного состава отдельных пищевых продуктов или рационов за такой оптимально аминокислотной сбалансированный эталон принимается так называемый *идеальный белок*. В 1 г этого белка содержится (в мг): изолейцина 40, лейцина 70, лизина 55, метионина и цистина в сумме 35, фенилаланина и тирозина в сумме 60, триптофана 10, треонина 40 и валина 50.

Отметим, что в перечне аминокислот идеального белка наряду с незаменимыми фигурируют и 2 заменимых аминокислоты: цистин (в сумме с метионином) и тирозин (в сумме с фенилаланином). Очевидно, каждая из этих пар аминокислот сопряжена по их действию в организме человека.

Зная содержание отдельных аминокислот в белке оцениваемого пищевого продукта (в мг на 1 г белка), можно для него определить степень соответствия аминокислотному составу идеального белка. Для этого надо содержание интересующей нас аминокислоты в белке оцениваемого продукта (в мг/1 г белка) выразить в процентах к содержанию данной аминокислоты в идеальном белке. Это процентное соотношение принято обозначать термином *скор* (по данной аминокислоте).

Пример. В 1 г белка оцениваемого продукта содержится 4 мг триптофана, в идеальном же белке триптофана 10 мг/1 г. Следовательно, белок оцениваемого продукта содержит только 40% триптофана от его содержания в «идеальном белке».

В данном примере — скор по триптофану равен 40%.

В таблицах химического состава пищевых продуктов [39] для отдельных продуктов приведены значения скор только по двум, наиболее недостаточным в данном продукте (лимитирующим) аминокислотам. Однако для правильной оценки аминокислотного состава отдельных продуктов и их важности в аминокислотном составе рациона питания необходимо знать степень не только недостаточности, но и избыточности отдельных аминокислот. Скор этих «избыточных» аминокислот будет также выражаться в процентах, но будет превышать 100%.

Аминокислотный состав белков животного происхождения (белки яиц, молока, мяса, животных, птицы и рыбы) значительно ближе к аминокислотному составу идеального белка, чем белки растительного происхождения, в частности белки зерна, муки и хлеба.

В связи с этим в нормативах дневной потребности человека в белках пищи предусматриваются величины общей потребности в белке, в том числе особо — потребности в животном белке. Учтена и потребность в важнейших аминокислотах.

Мы условно приняли, что взрослый статистически усредненный человек ежедневно съедает 450 г хлебных изделий (150 г столового хлеба, 150 г хлеба из М-Пш II с и 150 г нарезного батона из М-Пш I с).

Данные, приводимые в табл. 31, показывают, сколько в этом количестве изделий содержится белка и важнейших для питания аминокислот, а также степень покрытия за счет хлеба потребности взрослого человека в белке и аминокислотах.

Данные, приведенные в табл. 31, позволяют отметить, что потребление взрослым человеком 450 г указанных видов хлебных изделий играет существенную роль в покрытии его потребности в белке и наиболее важных аминокислотах. Общая дневная потребность в белке (90 г) покрывается на 38%, а потребность в растительном белке ($90 - 50 = 40$ г) на 85,5%. Потребность в отдельных, приведенных в таблице аминокислотах удовлетворяется в пределах от 23,1 до 58,1%.

Резко недостаточно покрывается потребность в лизине (всего лишь на 23,1%) — аминокислоте, наиболее дефицитной и в мировом балансе питания человечества.

Недостаточно удовлетворяется и суммарная потребность в метионине и цистине — на 24,6%, а в метионине только на 18,5%.

Отметим, кстати, что и скор по лизину у белка трех видов хлебных изделий, принятых в качестве потребляемых взрослым человеком, был наименьшим и был равен у белка: столового хлеба 57,4%, хлеба из М-Пш II с 49,6% и нарезного батона из М-Пш I с — только 40,5%.

Поэтому ниже приводится содержание белка и его скор по лизину в отдельных видах *белоксодержащего хлебопекарного сырья*.

Таблица 31

Пищевые вещества	Средняя дневная потребность	Содержание в 450 г хлебных изделий	Покрывие потребности, %
Белки, г:			
в целом	90	34,2	38,0
растительные	40	34,2	85,0
Аминокислоты, мг:			
изолейцин	3500	1309,5	37,4
лейцин	5000	2334,0	46,7
лизин	4000	922,5	23,1
метионин	3000	556,0	18,5
метионин + цистин	5500	1353,0	24,6
фенилаланин + тирозин	6500	2757,0	42,4
триптофан	1000	401,5	40,2
треонин	2500	1092,0	43,7
валин	3500	1579,5	45,1

Основным видом сырья является мука. Белковая ценность муки зависит от вида зерна (пшеница или рожь), сорта и выхода муки.

В муке пшеничной высшего, I и II сорта и обойной белка содержится соответственно 10,3; 10,6; 11,7 и 12,7%, а в муке ржаной сеяной, обдирной и обойной содержание белка соответственно 6,9; 8,9 и 10,7%.

Более высокое содержание белка в пшеничной муке по сравнению с мукой ржаной обусловлено содержанием белка в зерне (у пшеницы мягкой озимой и яровой 11,6 и 12,7%, а у ржи — 9,9%).

Однако скор по лизину у белка обойной муки из ржи и пшеницы равен соответственно 61 и 57%, т. е. выше у белка ржи.

Следует отметить и то, что чем выше сорт муки и соответственно ниже ее выход, тем ниже содержание в муке белка. Так, в муке пшеничной высшего сорта белка 10,3%, а в муке пшеничной обойной 12,7%.

Скор по лизину для белка пшеничной муки высшего и I сортов и обойной также существенно различен и равен соответственно 44, 50 и 57%, т. е. тем выше, чем больше выход муки и чем выше содержание в данном сорте муки измельченных частиц периферийных слоев зерна.

Следует учитывать содержание и аминокислотный скор белка и других видов хлебопекарного сырья.

У таких видов сырья, как прессованные дрожжи, творожная сыворотка и сухое обезжиренное молоко, содержание белка равно 12,7; 0,8 и 37,9%, а скор белка по лизину — 130,7; 136,4 и 108,4%. Белок этих видов сырья очень выгодно отличается от белков муки по содержанию наиболее дефицитной аминокислоты — лизина.

Сказанное выше о белковой ценности хлеба и хлебных изделий, факторах и показателях, ее обуславливающих, позволяет полагать, что основными задачами повышения белковой ценности этих важнейших продуктов питания являются:

- повышение содержания в этих изделиях белка путем включения в их рецептуру дополнительных видов сырья и добавок с повышенным по сравнению с мукой содержанием белка и наиболее дефицитных в муке и хлебе аминокислот — лизина и треонина; белок этих видов сырья и добавок должен иметь и соответственно более высокий скор по лизину и метионину;
- тщательная и глубокая проверка отобранных белковых обогатителей хлеба с точки зрения их пищевой допустимости и отсутствия в них веществ и компонентов, которые могут отрицательно влиять на физиологические процессы, происходящие в организме человека.

РОЛЬ УГЛЕВОДОВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Углеводы, как один из источников энергии в нашем организме, способны в нем окисляться как аэробным, так и анаэробным путем. Углеводы входят в состав клеток и тканей нашего организма и постоянно расходуются на энергетические цели. Углеводы и их метаболиты играют важную роль в синтезе нуклеиновых кислот, аминокислот, гликопротеидов, коэнзимов и других жизненно важных веществ.

Отдельные углеводы обладают биологической активностью; например, аскорбиновая кислота обладает С-витаминными свойствами, гепарин предотвращает свертывание крови в сосудах, гиалуроновая кислота препятствует проникновению бактерий через стенки кровеносных сосудов.

Такие углеводы, как сахара, вызывают ощущение сладости пищевых продуктов, в которых они содержатся.

Способность организма депонировать (запасать) углеводы ограничена. Поэтому для удовлетворения потребностей организма в углеводах он должен бесперебойно получать их с пищей.

Углеводы тесно связаны с обменом жира в нашем организме. При усиленной затрате энергии и недостаточном поступлении углеводов из жира образуются сахара. Чаще, однако, наблюдается обратное — образование в организме жира за счет избыточного поступления угле-

водов в пищу. Это один из основных факторов, обуславливающих чрезмерное и вредное человеку нарастание массы его тела.

В таблицах химического состава пищевых продуктов [39] для зерна, муки и хлеба приводятся данные о содержании в них общего количества углеводов и отдельных моно- и дисахаридов и таких полисахаридов, как крахмал и декстрины, клетчатки (очевидно, целлюлозы — Л. А.), гемицеллюлоз, а в таблицах по плодам и овощам — также и пектина.

Углеводы подразделяются на *усвояемые* (сахара, крахмал, декстрины, а также гликоген) и *неусвояемые* (инулин, маннан, целлюлоза, гемицеллюлозы, гумми-вещества и слизи). При определении ЭЦ продукта учитывается содержание в нем только усвояемых углеводов. Однако и неусвояемые углеводы играют в организме человека весьма существенную и нужную роль, положительно влияя на моторные функции пищеварительного тракта, на перистальтику кишечника и жизнедеятельность в нем полезной микрофлоры. Положительная роль этих веществ в организме человека отмечается рядом исследователей, часто объединяющих целлюлозу, гемицеллюлозы и лигнин под общим названием пищевая или сырая клетчатка.

Чем больше выход муки из размалываемого зерна, тем больше доля в ней частиц измельченных оболочек зерна, значит, и пищевой клетчатки.

С этой позиции многие исследователи (см. например [13 и др.]) полагают физиологически неоправданным все большее сокращение выработки хлеба из муки высших выходов за счет все большего увеличения выработки хлеба и хлебных изделий из муки высшего и I сортов. Не случайно в ряде стран практикуется производство хлеба из «целого зерна».

Полагают, что в рационально сбалансированной углеводной части пищевого рациона доля крахмала в общей массе углеводов должна составлять -75%, доля сахаров -20%, пектиновых веществ -3% и клетчатки -2%.

Потребность человека в углеводах удовлетворяется в основном за счет пищевых продуктов растительного происхождения. Так, в зерновых продуктах на долю углеводов приходится около трех четвертей их сухих веществ.

Значение животных продуктов как источников углеводов невелико. Основным углеводом животных тканей (аналогом крахмала растений) является гликоген, но содержание его невелико.

В молоке, продукте также животного происхождения, содержится и такой углевод, как лактоза, но в количестве до 5%. В сухом обезжиренном молоке содержание лактозы может доходить уже примерно до 50% от массы продукта.

В табл. 32 приведены данные, отражающие потребность взрослого человека в основных видах углеводов, содержание углеводов в 450 г съедаемых им хлебных изделий и покрытие за счет этих изделий потребности в углеводах.

Таблица 32

Пищевые вещества	Средняя дневная потребность	Содержание в 450 г хлебных изделий	Покрытие потребности, %
Крахмал и декстрины, г	425	174,15	41,0
Моно- и дисахариды, г	75	13,08	17,4
Пищевые волокна (гемицеллюлозы и клетчатка), г	25	14,3	57,2

Данные, приведенные в табл. 32, свидетельствуют о том, что 450 г хлебных изделий являются важным источником удовлетворения потребности взрослого человека в углеводах. Потребность покрывается: в крахмале и декстринах — на 41%, в балластных веществах — на 57,2%, а в моно- и дисахаридах — только на 17,4%. В случае включения в рацион более сложных видов хлебных изделий потребность в сахарах покрывалась бы в соответственно большей степени.

ЗНАЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Органические кислоты, получаемые человеком в пище, также имеют существенное значение в процессах, происходящих в организме. Они активизируют деятельность пищеварительного тракта, снижая рН среды и способствуя изменению состава микрофлоры в благоприятную сторону.

Потребность взрослого человека в органических кислотах равна 2 г в день.

Органические кислоты, содержащиеся в 450 г трех сортов хлебных изделий, условно съедаемых ежедневно взрослым человеком, удовлетворяют потребность в этих кислотах на 49,5%. Из этого следует, что и в этом отношении хлебные изделия в пищевом рационе имеют существенное значение.

ЗНАЧЕНИЕ ЖИРОВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Мы уже отмечали наибольшую удельную ЭЦ жиров при окислении их в нашем организме.

Физиологическое значение жиров обусловлено и тем, что они являются структурной частью клеток и тканей, в том числе и первой ткани. Жиры являются и растворителями витаминов А и Д и способствуют их усвоению. В составе жиров содержатся полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды и другие вещества, обладающие соответствующей биологической активностью.

Недостаточность жира в пище может вызвать ряд нарушений в организме (в центральной нервной системе, в иммунобиологическом механизме, в функциях почек, органов зрения и др.).

Следует иметь в виду, что и избыточное потребление жира, особенно животного, также вызывает отрицательные явления в организме. Данные средней потребности взрослого человека в жирах, полиненасыщенных жирных кислотах и фосфолипидах, о содержании этих веществ в 450 г трех видов хлебных изделий и покрытии за счет этих изделий потребности в этих липидах приведены в табл. 33.

Таблица 33

Пищевые вещества	Средняя дневная потребность, г	Содержание в 450 г хлебных изделий, г	Покрытие потребности, %
Жиры	90	8,03	8,9
Полиненасыщенные жирные кислоты	4	2,48	62,0
Фосфатиды	5	1,17	23,4

Из трех видов хлебных изделий, отображенных в табл. 33, только нарезной батон из М-Пш I с предусматривает по рецептуре внесение в тесто 3,5 кг жира (маргарина) на 100 кг муки. Поэтому ежедневное употребление в пищу 450 г этих хлебных изделий только на 8,9% покрывает потребность в жире взрослого человека. Потребность же в полиненасыщенных кислотах покрывается на 62%, по фосфатидам — на 23,4%.

ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Минеральные элементы и соединения относятся к жизненно необходимым компонентам питания, обеспечивающим развитие и нормальное функционирование организма человека.

Минеральные вещества наряду с другими пищевыми веществами участвуют в биологических процессах, происходящих в организме, имеют свою специфическую активность и могут считаться истинными биоэлементами.

Функции минеральных веществ разносторонни. Кальций, фосфор и магний обеспечивают построение и нормальное состояние тканей скелета; фтор необходим для устойчивости эмали зубов к кариесу; железо и медь выполняют роль переносчиков кислорода; натрий и калий поддерживают нормальную осмотическую среду клеток в крови; хлор необходим для образования соответствующих пищеварительных соков; кобальт входит в состав витамина В₁₂; недостаток йода в воде и пище вызывает эндемическое заболевание щитовидной железы и т. д.

Более полное и детальное рассмотрение роли и физиологических функций отдельных минеральных веществ можно найти в специальной литературе по гигиене питания [23, 24, 25, 26].

Следует иметь в виду, что избыток ряда минеральных веществ в пище человека (фосфора, магния, хлоридов) может отрицательно влиять на состояние человеческого организма. В частности, избыток поваренной соли затрудняет деятельность сердца и почек и отрицательно сказывается на состоянии соответствующих категорий больных.

Данные о дневной потребности взрослого человека в минеральных веществах, приведенные в табл. 28, включают сведения по 15 минеральным элементам и соединениям. В данном разделе мы ограничимся приведением данных о содержании в хлебных изделиях и удовлетворении за их счет потребности человека только по четырем минеральным веществам.

К этим веществам мы отнесли: *кальций, фосфор и магний*, от поступления которых с пищей зависит состояние костных тканей организма, и *железо*, входящее в состав гемоглобина и играющее исключительно важную роль в кроветворении. Недостаточное поступление в организм железа приводит к анемии. Очень важной функцией железа является его активное участие в окислительных процессах, обеспечивающих организм энергией.

Данные, приведенные в табл. 34, показывают, в какой мере потребление хлебных изделий покрывает потребность взрослого человека в отдельных минеральных элементах.

Данные, приведенные в табл. 34, дают основание сделать следующие заключения о хлебных изделиях как источнике минеральных веществ.

За счет 450 г хлебных изделий потребность в кальции покрывается только на 11,5%, в фосфоре — на 45,6% и в магии — на 43,1%. Таким образом, наиболее дефицитен в хлебных изделиях кальций.

Таблица 34

Минеральные элементы	Средняя дневная потребность, мг	Содержание в 450 г хлебных изделий, мг	Покрывие потребности, %
Кальций	900	103,5	11,5
Фосфор	1250	570,0	45,6
Магний	400	172,5	43,1
Железо	15	12,7	84,7

Это усугубляется тем, что содержание кальция наиболее высоко в молочных продуктах, которыми население ряда регионов страны обеспечено еще в недостаточной мере.

Физиологически оптимальным [23, 25, 39] является соотношение кальций : фосфор в пределах от 1 : 1 до 1 : 1,5 или как максимум до 1 : 2.

В характеризуемых хлебных изделиях это соотношение равно 1 : 5,5, т. е. содержание фосфора по отношению к содержанию кальция намного превышает оптимальное.

То же наблюдается и в соотношении кальций : магний. Оптимально соотношение от 1 : 0,44 до 1 : 0,7, а в припеченых хлебных изделиях оно равно 1 : 2,3. Эта величина соотношения тоже выше оптимальной.

Избыточное по отношению к кальцию содержание фосфора, особенно в виде фитиновых соединений, так же как и избыточное содержание магния, снижает усвоение человеческим организмом и так резко недостаточного в хлебных изделиях кальция.

Из этого следует, что в части минерального обогащения хлебных изделий наиболее важной задачей является обогащение его кальцием, причем в виде соединений, наиболее легко и полно усваиваемых человеческим организмом (например, лактатом кальция).

Потребность взрослого человека в железе за счет 450 г принятых нами хлебных изделий удовлетворяется на 84,7%.

Следует отметить, что содержание железа в муке тем ниже, чем выше ее сорт и ниже выход из размалываемого зерна. Поэтому для потребителей, питающихся хлебными изделиями только из пшеничной

муки высшего и I сортов, вопрос обогащения этих изделий железом очень актуален.

Решение проблемы обогащения хлебных изделий железом очень важно в связи с исключительной ролью железа в системе кроветворения организма человека.

ЗНАЧЕНИЕ ВИТАМИНОВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Значение витаминов для организма человека очень велико, так как они необходимы [25] для нормального течения биохимических реакций, усвоения других пищевых веществ, роста и восстановления клеток и тканей организма.

Витамины, выполняя роль коферментов, участвуют также в образовании и функционировании ферментных систем в нашем организме.

Значительный дефицит определенных витаминов в рационе питания вызывает *авитаминозы* — заболевания иногда с тяжелыми проявлениями.

Перечень основных витаминов и дневная потребность в них взрослого человека приведены в табл. 28.

Витамины А, С и D вообще не содержатся в зерне, муке и хлебе. Правда, в этих продуктах содержатся каротиноиды, которые в организме животных и человека могут частично быть превращены в витамин А. Витамин В₁₂ также практически не содержится в продуктах растительного происхождения, в том числе и в хлебе.

Витамины, содержащиеся в зерне и переходящие в муку и хлеб, распределены в зерне неравномерно. Их содержание наименьшее в центральной части эндосперма зерна и значительно более высокое в его зародыше и оболочках. Поэтому чем больше выход муки и содержание в ней измельченных периферических частей зерна, тем выше и содержание в муке и хлебе из нее витаминов. Относительно высоко содержание витаминов в дрожжах.

Следует учитывать, что в процессе выпечки хлеба отдельные менее термостабильные витамины (например, витамины В₁, В₂ и Е) частично теряют свою активность. Это происходит в основном в корке хлеба и в значительно меньшей степени в его мякише. Наиболее термоустойчив витамин РР.

В табл. 35 приведены данные о средней дневной потребности взрослого человека в витаминах В₁, В₂, В₃, В₆, В₉, Е и РР, их содержание в 450 г принятых нами трех сортов хлебных изделий и о том, в какой сте-

пени это количество изделий удовлетворяет потребность в этих витаминах.

Таблица 35

Витамины	Средняя дневная потребность, мг	Содержание в 450 г хлебных изделий, мг	Покрытие потребности, %
B ₁ — тиамин	1,75	0,95	54,3
B ₂ — рибофлавин	2,25	0,42	18,7
B ₃ — пантотеновая кислота	7,5	1,88	25,1
B ₆ — пиридоксин	2,5	0,97	38,8
B ₉ — фолаты	0,3	0,11	37,0
E — токоферолы	17,5	13,32	76,1
PP — ниацин	20,0	9,54	47,7

Данные табл. 35 показывают, что хлеб и хлебные изделия играют весьма существенную роль в покрытии потребности взрослого человека в таких витаминах, как E, B₁, PP, B₆ и B₉. На 1/4 покрывается и потребность в витамине B₃. Хуже всего удовлетворяется потребность в витамине B₂ — рибофлавине — лишь на 18,7%. В связи с этим очень важно при подборе продуктов-обогащителей для повышения пищевой ценности хлеба учитывать и содержание в этих продуктах рибофлавина.

Из этих же данных следует исходить и при витаминизации муки синтетическими препаратами витаминов.

ВКУС, АРОМАТ И ДРУГИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИ ВОСПРИНИМАЕМЫЕ СВОЙСТВА ХЛЕБА

На пищевую ценность хлеба и хлебных изделий влияют также их свойства, органолептически (сенсорно)¹ воспринимаемые потребителем или дегустатором.

В процессе органолептической оценки свойств хлеба воспринимаются и характеризуются ощущения вкуса, аромата и текстуры.

Ощущения *вкуса* воспринимаются рецепторами, расположенными в полости рта на языке. Ощущения вкуса хлеба могут восприниматься только в процессе его разжевывания.

¹ Сущность терминов «органолептически» и «сенсорно» одинакова: это определение свойств продукта с помощью органов чувств человека. Ряд авторов применяют термин «сенсорно» только к органолептическому определению свойств продукта специально отобранными и обученными специалистами-дегустаторами и при проведении дегустации в соответствующей обстановке.

Ощущения *аромата (запаха)* воспринимаются обонятельными рецепторами, расположенными в верхней части носовой полости.

Вещества, обуславливающие аромат или запах продукта, обладают той или иной степенью летучести. Поэтому основным способом определения этих свойств у оцениваемого продукта является вдыхание через нос воздуха непосредственно над поверхностью продукта.

Для хлеба — это вдыхание воздуха непосредственно над поверхностью целого хлеба или свежесрезанного ломтя. Однако аромат (запах) хлеба частично улавливается и при съедании хлеба. При разжевывании хлеба и смешении его со слюной *перезжевываемая масса прогревается, часть содержащихся в ней ароматных (запаховых) веществ улетучивается и из полости рта поступает в верхнюю часть носовой полости, где и воспринимается рецепторами аромата (запаха)*. При этом ощущения аромата в сознании человека как бы складываются с собственно вкусовыми свойствами хлеба.

Ощущения *текстуры* хлебных изделий органолептически воспринимаются потребителем и также учитываются при оценке его качества и состояния.

У хлеба потребитель органолептически определяет: сопротивление, которое он оказывает при надавливании пальцами руки или лопаточкой (ложечкой) на поверхность изделия, или на мякиш на разрезе, или на поверхность ломтя изделия с целью определения степени его свежести или черствости; сопротивление и усилие при откусывании от ломтя; затрату усилий на разжевывание откусенной порции, ощущения свойств разжевываемой массы (комкуется, липкая, рассыпчатая или неоднородная по консистенции), которые могут положительно или отрицательно восприниматься и при проглатывании разжевываемой массы. У некоторых видов изделий (сдобные сухари, хлебные палочки или «соломка», хрустящие хлебцы и т. п.) дополнительно ощущаются и оцениваются такие свойства, как прочность, хрупкость и хруст при откусывании и разжевывании. При этом хруст ощущается и с помощью слуха.

Для определения ряда свойств, характеризующих текстуру хлебных изделий, разработаны соответствующие реологические инструментальные методы.

Участвует в оценке качества хлеба и наше зрение, фиксирующее *внешний вид* хлеба, правильность его формы, состояние, характер и степень окрашенности поверхности корки, а у ломтей хлеба — структуру пористости и цвет мякиша.

Комплекс всех этих органолептически воспринимаемых и оцениваемых свойств хлеба в конечном счете обуславливает и общую оценку его качества потребителем.

От уровня этой оценки зависит и удовольствие (или неудовольствие), получаемое во время еды, и аппетит, с которым хлеб съедается. Чем больше аппетит, с которым хлеб съеден, тем выше и усвояемость его пищевых веществ и энергия, выделенная этими веществами в организме человека.

Вероятно, поэтому в ряде стран при органолептической оценке качества пищевых продуктов применяется английский термин «флавор» (Flavour, в США — Fla-

vor), комплексно сочетающий приятные и свойственные оцениваемому продукту ощущения его вкуса, аромата (запаха) и текстуры продукта.

Продукты, при органолептическом определении свойств которых установлены неприятные или несвойственные продукту привкусы, запахи или структура, комплекс этих нежелательных ощущений объединяют термином *Off-flavour*.

На чешский язык термин *Flavour* переводится как *chutnast* (по-русски — вкусность). Тогда термин *Off-flavour* можно перевести как «невкусность».

И тот и другой термин комплексно объединяют ощущения и собственно вкуса, и аромата (запаха), и текстуры продукта.

При дегустационной оценке вин наши виноделы применяют термин «букет», также комплексно объединяющий сумму всех ощущений, воспринятых органолептически при оценке пробы вина определенного вида и сорта.

Мы уже отметили, что свойства продукта, воспринимаемые обонянием, обозначаются словами «аромат» либо «запах» как в отечественной, так и зарубежной литературе и документации, связанной с органолептической оценкой свойств хлеба и других продуктов. В наших ГОСТах на хлебобулочные изделия, воспринимаемые обонянием ощущения именуется только словом запах.

Однако в русском языке, да и в нашем сознании, понятие «аромат продукта» ассоциируется с приятным и свойственным данному продукту ощущением, воспринимаемым обонянием. Термин же «запах» чаще ассоциируется с неприятным или несвойственным данному продукту обонятельным ощущением.

Правильнее было бы учитывать это различие и, говоря о воспринимаемых обонянием свойствах продукта, соответственно применять термины аромат или запах.

Слово вкус также ассоциируется со специфическим для данного продукта приятным ощущением. Поэтому неприятные или несвойственные данному продукту вкусовые ощущения правильнее именовать словом привкус.

Вкус хлеба

Органолептически различаются четыре основных вкуса — сладкий, кислый, соленый и горький.

Степень *сладости* хлеба обусловлена содержанием в нем остаточных сахаров, количество которых зависит от сахарообразующей способности муки, количества и активности бродильной микрофлоры в тесте, способов и параметров приготовления теста и в очень значительной степени от количества сахара, вносимого в тесто по рецептуре.

Количество сахара в тесте и хлебе и его сладость повышается в случае применения ферментных препаратов амилотического действия и при внесении в тесто видов сырья с высоким содержанием лактозы (например, сухого обезжиренного молока) и ферментного препарата β -галактозидазы, гидролитически расщепляющего лактозу на глюкозу и галактозу.

Степень сладости хлеба зависит не только от общего количества в нем сахаров, но и от того, какие сахара и в каком соотношении содержатся в хлебе. Это обусловлено тем, что разные сахара имеют соответственно различную относительную сладость. Если принять сладость сахарозы за 100, то сладость отдельных сахаров будет следующей [23, с. 49]: фруктозы 173; инвертного сахара 130; глюкозы 74; галактозы 32,1; рафинозы 22,6; лактозы 16.

Из приведенных данных ясно, почему расщепление лактозы повышает сладость хлеба.

Степень *кислотности* хлеба обусловлена количеством и составом кислот, содержащихся в нем.

Факторы, влияющие на кислотообразование, состав и соотношение кислот, образуемых в тесте бродильной микрофлорой, изложены в главах V и VI. Там указан состав этих кислот и отмечено, что количественно основными являются молочная кислота (нелетучая) и уксусная кислота (летучая). Отмечено также, что чем больше доля уксусной кислоты при том же уровне общей кислотности, тем резче ощущается кислый вкус хлеба.

В хлебе из числа летучих кислот могут присутствовать и такие, как муравьиная, пропионовая, масляная, изомаляновая и т. п. Возрастание содержания отдельных из них (в частности, пропионовой и масляной) может придавать специфический оттенок вкусовым ощущениям при дегустации хлеба.

Соленый вкус хлеба и хлебных изделий обусловлен в основном количеством соли, вносимой в тесто по рецептуре изделия. В изделиях, посыпаемых солью, соленость при потреблении или дегустации ощущается, естественно, во много раз резче.

Горький привкус у хлеба обычно не ощущается. Причиной его возможного появления чаще всего является применение дефектного во вкусовом отношении сырья: муки с горькопшынным привкусом; муки из плесневелого и затхлого зерна, прогорклых жировых продуктов и т. п.

Выпечка хлеба в условиях, вызывающих образование на нем горелой корки, также может вызывать ощущение при разжевывании горьковатого привкуса. Этот привкус обусловлен тем, что при резком перегреве корки в ней происходит процесс карамелизации (пиролиза) сахаров. При этом в числе продуктов пиролиза образуются и высокомолекулярные вещества, горькие на вкус. Усиливается в горелой корке и интенсивность процесса меланоидинообразования, при котором в качестве побочных продуктов также могут образовываться некоторые количества труднолетучих горьковатых веществ [32].

Следует отметить, что названные четыре вкусовых ощущения воспринимаются при дегустации одновременно и в различных сочетаниях интенсивности отдельных из этих ощущений.

Степень и характер кислотности хлеба из ржаной обойной муки резко отличается, например, от интенсивности и характера этого вкусового ощущения от хлеба из пшеничной муки высшего или I сорта. То же можно отметить и в отношении степени ощущения сладости сдобных (с высоким содержанием сахара по рецептуре) и несдобных (без внесения в тесто сахара) хлебных изделий.

ГОСТы на хлебобулочные изделия включают и требования к вкусу и запаху этих изделий. Отмечается, что изделия должны иметь вкус, свойственный данному виду изделий, без признаков горечи и постороннего привкуса. Для отдельных видов изделий приведены и специфические для них требования.

Аромат (запах) хлеба

Вещества, образующие аромат хлеба. Исследование содержания в хлебе отдельных ароматообразующих веществ началось [32] в 1910 г. За период с 1910 по 1956 г. в хлебе было обнаружено и идентифициро-

вано всего лишь 9 таких веществ (мальтол, изомальтол, диацетил, ацетонин, фурфурол, оксиметилфурфурол, ацетальдегид, изобутаналь и метилглиоксаль). В последующие годы в связи с совершенствованием аналитических методов количество вновь открываемых ароматообразующих веществ стало резко возрастать.

К 1974 г. количество ароматообразующих веществ, идентифицированных в тесте, хлебе и парах упека, возросло уже до 211. В число этих веществ входят углеводороды (4), гетероциклические углеводороды (28), спирты (17), фенолы (6), альдегиды (44), кетоны (31), кислоты (23), лактоны (9), серосодержащие соединения (9), эфиры (17) и амины (23).

Из этого перечня следует, что на долю карбонильных соединений (альдегиды и кетоны) приходится около 1/3 общего количества ароматообразующих веществ хлеба.

За 1975–1977 гг. количество обнаруженных ароматообразующих веществ возросло до 283. Это дополнительно усложняет установление роли отдельных из этих веществ в сенсорно воспринимаемом и комплексно ощущаемом аромате хлеба.

Сложность состоит в том, что разные по составу и количественному соотношению отдельных ароматообразующих веществ их комбинации и смеси могут обладать резко различным по характеру ароматом. Это хорошо знают и используют парфюмеры, создавая духи с разными типами и оттенками аромата.

Нельзя не учитывать и того, что отдельные ароматообразующие вещества при небольшой концентрации их в продукте придают ему приятный аромат, а при резко повышенном их содержании могут у этого же продукта вызвать очень неприятный запах. Так, например, диацетил и ацетонин при обычном их содержании в хлебе участвуют в создании его приятного аромата. У хлеба же, заболевшего картофельной болезнью, их содержание увеличивается в 100 раз и более, и это придает хлебу такой неприятный запах и вкус, что есть его невозможно.

Многие из идентифицированных в хлебе веществ, образующих его вкус и аромат, содержатся в нем в столь ничтожных количествах, что их присутствие не может быть установлено и воспринято человеком с помощью соответствующих органов чувств. В связи с этим и было предложено понятие *пороговой концентрации* этих веществ, под которой подразумевается наименьшая сенсорно ощутимая их концентрация. Введено было [32, с. 177–178] и понятие коэффициента ароматичности отдельных ароматообразующих веществ. Величина этого коэффициента получается делением фактического содержания в хлебе оцениваемого вещества (в мг/кг) на его пороговую концентрацию (в мг/кг). Если коэффициент менее единицы, то данное вещество в данном образце хлеба не может быть сенсорно ощущено.

Опубликованные численные значения пороговых концентраций ряда ароматообразующих веществ [32, с. 176] определялись в их водных растворах. Та же концентрация того же вещества в корке и мякише хлеба может ощущаться с иной интенсивностью. К тому же в хлебе присутствует не только данное ароматообразующее вещество, а целый комплекс, который может быть различным как по сочетанию, так и по соотношению отдельных компонентов.

В 1961 г. Р. Р. Токарева и В. Л. Кретович предложили метод определения аромата хлеба по количеству карбонильных соединений (альдегидов и кетонов), связы-

ваемых бисульфитом натрия. Этот метод и по настоящее время используется в работах ряда наших исследователей аромата хлеба. В 1965 г. чехословацкие исследователи применили полярографический метод определения в хлебе суммарного количества карбонильных соединений.

М. Роте и др. в 1967 г. предложили определять в качестве показателя интенсивности аромата хлеба содержание в хлебном изделии пумперникель-фурфурола и 5-оксиметилфурфурола, а в 1972–1974 гг. в пшеничном хлебе — изопентанола [32].

Можно полагать, что индикатором резко неприятного запаха хлеба, заболевшего картофельной болезнью, может явиться в 100–200 раз большее, чем у нормального хлеба, содержание диацетила и ацетона. Однако запах такого хлеба столь отвратителен и очевиден, что аналитические индикаторы его наличия просто не нужны.

Исследователи аромата ряда других пищевых и вкусовых продуктов полагают, что индикатором их аромата является не содержание отдельных ароматообразующих веществ, а количественное соотношение определенных из них, например в вине соотношение изопентанол : изобутанол [32].

В перспективе, по крайней мере, ближайших лет количество открытых и идентифицированных ароматообразующих веществ хлеба будет продолжать увеличиваться. Это еще более усложнит установление роли и значения отдельных из этих веществ в комплексно ощущаемом человеком аромате хлеба. Поэтому все большее значение приобретает установление аналитически просто и быстро определяемых веществ или их групп, которые могли бы являться надежными индикаторами комплексно воспринимаемого и ощущаемого аромата хлеба. Надежность таких индикаторов аромата хлеба должна быть подтверждена четкой корреляционной связью между их содержанием в хлебе и результатами высококвалифицированной сенсорной, количественно (в баллах) выражаемой оценки его аромата.

Возможно, что для существенно различных по вкусу и аромату видов хлеба и хлебных изделий придется устанавливать разные индикаторы, учитывающие специфику их аромата.

Процессы и факторы, обуславливающие аромат хлеба. Вещества, обуславливающие аромат и вкус хлеба, и их «предшественники» начинают образовываться уже в процессе приготовления теста и расстойки тестовых заготовок. На этих стадиях технологического процесса в результате спиртового и молочнокислого брожения в тестовых полуфабрикатах образуются конечные, промежуточные и побочные продукты этих видов брожения, а частично и продукты их взаимодействия (спирты, органические кислоты, эфиры, карбонильные соединения и т. п.).

В результате амилолиза крахмала муки в процессе приготовления теста образуются восстанавливающие сахара, а в результате протеолиза белков — пептиды и частично свободные аминокислоты. Эти сахара и продукты гидролиза белка, как известно, являются необходимыми компонентами процесса меланоидинообразования в корке хлеба при последующей его выпечке.

Следовательно, процессы, происходящие при приготовлении и брожении теста, тоже играют существенную роль в создании не только вкуса, но и аромата хлеба. Это должно учитываться при разработке современных прогрессивных схем ускоренного приготовления теста.

Однако не только вещества, образующиеся при приготовлении и брожении теста, обуславливают аромат хлеба.

Первостепенное значение в образовании аромата хлеба имеют процессы, происходящие в нем при выпечке.

Многовековой практикой домашнего и кустарного, а затем и промышленного хлебопечения установлено, что чем дольше выпекается хлеб, тем толще его корка и интенсивнее ее окраска, тем хлеб ароматнее и вкуснее.

Аналитические исследования последних десятилетий, посвященные содержанию в хлебе ароматообразующих веществ [13, 32 и др.], установили, что общее содержание карбонильных соединений и аминов в корке свежвыпеченного хлеба в несколько раз выше их содержания в мякише хлеба.

Объясняется это прежде всего тем, что температура корки хлеба в процессе его выпечки (см. главу VIII) значительно выше температуры мякиша. Повышенная температура корки обуславливает образование в ней темно-буроватоокрашенных веществ — *меланоидинов*.

Чем больше в корке образовалось меланоидинов, тем интенсивнее (от светло-желтого до румяно-золотистого, а затем до буроватого оттенка) она окрашена.

Реакция меланоидинообразования в корке выпекаемого хлеба (см. главу VIII [13, 32 и др.]) — это реакция окислительно-восстановительного взаимодействия между восстанавливающими сахарами и отдельными карбонильными соединениями — аминокислотами, полипептидами и белками, а также аминами. Наряду с меланоидинами — основным продуктом этой реакции — в качестве промежуточных и побочных продуктов образуются многочисленные карбонильные и другие соединения, являющиеся веществами, образующими комплексно воспринимаемый нами аромат хлеба. Сами меланоидины также обладают специфическим вкусом и ароматом, свойственным, в частности, красному ржаному солоду.

В зависимости от сочетаний сахаров и аминокислот, участвующих в меланоидинообразовании, оттенки ощущений аромата и вкуса, воспринимаемых при употреблении хлеба, имеют некоторые различия.

Изменения аромата хлеба и содержания в нем ароматообразующих веществ при хранении хлеба после выпечки рассмотрены в главе IX.

Напомним лишь, что собственно аромат хлеба, воспринимаемый нашими органами чувств, наиболее интенсивен у горячего, только что выпеченного хлеба, заметно снижается по мере его остывания и в еще большей мере утрачивается при последующем хранении.

При хранении хлеба общее содержание карбонильных соединений у целого хлеба непрерывно снижается.

Особенно быстро в первые часы хранения хлеба снижается содержание карбонильных веществ в корке хлеба как в результате их улетучивания, так и вследствие концентрационного перемещения в подкорковые слои мякиша, а из них — в центральную часть мякиша. Поэтому в первые сутки хранения содержание карбонильных соединений в мякише хлеба повышается.

При дальнейшем хранении хлеба их содержание продолжает снижаться как в корке, так и в мякише.

Через 5 сут хранения хлеба снизившееся в целом содержание карбонильных соединений относительно выше в корке, значительно ниже в подкорковом слое и еще ниже в центральной части мякиша хлеба. Сенсорно ощутить аромат такого хлеба практически уже невозможно.

Термическое освежение черствого хлеба хотя и не полностью, но в значительной мере восстанавливает аромат, свойственный свежеспецированному хлебу. Что же должен предусматривать технолог для получения хлеба со свойственным ему и интенсивно выраженным ароматом?

Для нормального протекания меланоидинообразования в корке хлеба при его выпечке необходимо, чтобы в тестовых заготовках, поступающих на выпечку, содержалось достаточное количество остаточных (несброженных) восстанавливающих сахаров, а также продуктов протеолиза белка.

В то же время необходимо и наличие в тесте достаточного количества веществ, образующихся в нем при брожении как самого теста, так и предшествующих ему полуфабрикатов (опар, заквасок и т. п.). Недостаточная выбраженность теста снижает интенсивность аромата и вкуса хлеба.

Чрезмерная степень выбраженности теста также отрицательно влияет на вкус и аромат хлеба: хлеб будет слишком кислым и будет иметь бледноокрашенную корку, так как процесс меланоидинообразования в ней не обеспечен достаточным количеством несброженных сахаров; поэтому такой хлеб будет обладать и резко пониженной интенсивностью аромата.

В интенсивности процесса меланоидинообразования в корке хлеба, а в результате этого и интенсивности его аромата основную роль играют длительность и температурные параметры выпечки, а также плотность размещения выпекаемых изделий на поду печи.

Толщина и степень окрашенности корки хлеба являются индикаторами, по которым производитель уже в момент выхода хлеба из печи может судить о его аромате.

Оптимальная толщина корок неодинакова у разных видов хлеба и хлебных изделий, а толщина верхней, нижней и боковых корок обычно неодинакова и у одного и того же вида хлеба. Поэтому, например, в стандартах на хлеб, действующих в Болгарии, для каждого вида хлеба допустимая толщина корки нормируется в определенных пределах.

Для количественного выражения степени окрашенности корки хлеба в МТИППе разработаны [27] и с успехом используются цветные эталоны, выражающие этот показатель в баллах. Баллом 1 оценивается самая бледная, а баллом 5 — самая темноокрашенная корка.

Оптимальная интенсивность окрашенности корки различна у разных видов хлебных изделий. Горелая, почти черноокрашенная корка недопустима и является признаком брака.

Суммируя сказанное, можно отметить, что для получения хлеба с хорошо выраженным вкусом и ароматом, нужно обеспечивать достаточную выброженность тестовых полуфабрикатов, необходимую степень протекания в них биохимических процессов и соблюдение условий и параметров процесса выпечки хлеба, способствующих меланоидинообразованию в его корке.

При интенсифицированном тестоприготовлении целесообразно не только повышать дозировки и активность броидильной микрофлоры, но и применять соответствующие ферментные препараты¹, обладающие амилотической, а также в целесообразной степени протеолитической способностью. Это обеспечит при выпечке хлеба достаточное меланоидинообразование и должную интенсивность его аромата.

Для потребителей хлеба очень важно, чтобы он попал на стол в еще достаточно свежем состоянии, при котором аромат хлеба сенсорно ощутим. Это существенно и потому, что, как утверждают гигиенисты [23, с. 127], «черствый хлеб хуже пропитывается соками в процессе пищеварения, что сказывается на его усвоении».

К числу прочих факторов, также влияющих на пищевую ценность хлеба, можно отнести степень разрыхленности и характер пористости мякиша хлеба, а также правильность формы и привлекательность внешнего вида хлеба. Чем лучше разрыхлен мякиш хлеба, чем мельче и равномернее его пористость, тем тоньше стенки пор, тем лучше может усваиваться хлеб. Правильность формы и привлекательность внешнего вида хлеба также может способствовать развитию аппетита и лучшему усвоению хлеба. Заминяемость мякиша и комкуемость его при разжевывании снижают усвояемость хлеба.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА И ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Из данных, приведенных в табл. 31, 34, и 35, видно, что при дневном потреблении взрослым человеком 450 г хлебобулочных изделий в наименьшей степени покрывается потребность в следующих пищевых и биологически необходимых веществах: по лизину на 23,1%; по суммарному количеству метионина и цистина — на 24,6%; по кальцию — на 11,5% и по витамину В₂ (рибофлавиру) — на 18,7%.

В минеральном составе хлеба отрицательным является соотношение кальций: фосфор, равное 1 : 5,5, в то время как оптимально для организма человека соотношение 1 : 1,5. Это понижает усвояемость каль-

¹ О ферментных препаратах см. в главе XI, а об их влиянии на аромат хлеба — в [13, 32 и др.].

ция, и так уже содержащегося в хлебе в резко недостаточном количестве.

В связи с этим повышение содержания белка, богатого лизином и метионином, кальция и рибофлавина в хлебобулочных изделиях масового потребления является основной задачей повышения степени пищевой полноценности продукции хлебопекарной промышленности.

Актуальность решения этой задачи усиливается еще и тем, что лизина, кальция и рибофлавина недостаточно еще и в рационах питания значительной части населения.

Основные направления повышения пищевой ценности хлеба

В начале пути решения этой задачи находятся специалисты по *селекции зерновых культур*. Они трудятся над созданием новых сортов пшеницы и ржи не только высокоурожайных, стойких к неблагоприятным погодно-климатическим условиям и заболеваниям, но и с повышенным содержанием белка и лизина.

Селекционерами впервые в истории человечества создана новая зерновая культура — *тритикале*. Этот пшенично-ржаной гибрид сочетает лучшие свойства родительских форм, получив от пшеницы высокую урожайность, а от ржи — лучший, чем у пшеницы, аминокислотный состав белка, морозоустойчивость и стойкость к заболеваниям.

Повышение содержания в зерне белка зависит и от *агротехники выращивания* зерновых культур на полях нашей страны.

Существенный вклад в повышение качества и пищевой ценности зерна делают и работники предприятий, принимающих и хранящих заготавливаемое зерно, обеспечивая *оптимальные варианты обработки* поступающего зерна и необходимые параметры его последующего *хранения*.

Очень многое в повышении пищевой ценности хлеба зависит от *мукомольной промышленности*, особенно это касается пищевой полноценности пшеничной муки.

В табл. 36 и 37 приведены данные [39] по содержанию в пшеничной и ржаной муке отдельных сортов наиболее дефицитных в хлебе пищевых веществ.

Данные табл. 36 и 37 показывают, что чем выше сорт и соответственно ниже выход муки, тем ниже его пищевая ценность.

Так, в муке пшеничной обойной по сравнению с мукой высшего сорта белка содержится в 1,2 раза больше; лизина — более чем в 1,5 раза; метионина — в 1,8 раза; кальция — в 2,2 раза и витамина В₂ — 3,75 раза. Скор по лизину у белка муки высшего сорта 44%, а у белка муки обойной — 57%, т. е. в 1,3 раза выше.

Таблица 36

Пищевые вещества	Мука пшеничная			
	высшего сорта	I сорта	II сорта	обойная
Белок, г на 100 г муки	10,3	10,6	11,7*	12,5
Лизин, мг на 100 г муки	250	290	—	390
Метионин, мг на 100 г муки	100	160	—	180
Сумма незаменимых аминокислот, мг на 100 г муки	289	340	—	387
Кальций, мг на 100 г муки	0	0	—	0
Витамин В ₂ , мг на 100 г муки	18	24	32	39
Скор по лизину, %	0,04	0,08	0,12	0,39
	44	50	—	57

*По данным работы [38]

Таблица 37

Пищевые вещества	Мука ржаная		
	сеяная	обдирная	обойная
Белок, г на 100 г муки	6,9	8,9	12,7
Лизин, мг на 100 г муки	280	300	360
Метионин, мг на 100 г муки	100	120	150
Сумма незаменимых аминокислот, мг на 100 г муки	2260	2830	3190
Кальций, мг на 100 г муки	19	34	43
Витамин В ₂ , мг на 100 г муки	0,04	0,13	0,15

Это позволяет отметить, что пшеничная мука высшего сорта при многосортных помолах является низшей по пищевой ценности. Обусловлено это тем, что в муку высшего и I сортов поступает наименьшая часть измельченного алейронового слоя, шитка и зародыща, отличающихся от эндосперма зерна и особенно его центральной части существенно более высоким содержанием белка и наиболее дефицитных аминокислот, минеральных веществ (кальция) и витаминов (В₂).

Не случайно в специальной литературе, посвященной проблеме повышения пищевой ценности хлеба [10, 13 и др.], увеличение производства пшеничной муки с повышенным выходом рассматривается как основной и первый этап решения этой проблемы.

Опыт производства пшеничного хлеба из муки односортовых помолов позволяет отметить, что мука помолов этого типа не только имеет соответствующую выходу муки пищевую ценность, но и позволяет (особенно мука II сорта) выпекать хлеб существенно лучшего качества, чем из муки того же сорта при многосортном помоле.

Необходимо также установить и оптимальное соотношение выпуска муки односортовых помолов разного (75, 80, 85 и 96%) выхода.

Работами, проведенными во ВНИИЗе и ВНИИХПе, показана возможность получения муки из целого зерна и разработан способ получения из нее хлеба специфически высокой пищевой ценности.

Еще большие задачи по проблеме повышения пищевой ценности хлеба стоят перед *хлебопекарной промышленностью* и отраслями промышленности, основная или побочная продукция которых может быть использована для решения этой проблемы.

Рассмотрим некоторые из этих задач.

Повышение белковой ценности хлеба

Для хлебопекарной промышленности нашей страны повышение белковой ценности хлебобулочных изделий является одной из важнейших задач, которую следует решать не только увеличением выработки пшеничных хлебобулочных изделий из муки односортового помола и повышенных выходов.

Очень эффективным является и путь включения в рецептуру и состав хлеба пищевых по природе высокобелковых добавок с более высоким, чем у белков зерна и муки, содержанием лизина и метионина.

Из продуктов животного происхождения в качестве таких добавок наиболее желательны *молочные продукты* — цельное молоко, творог, сухое обезжиренное молоко (СОМ), сухое цельное молоко (СЦМ) и молочные сыворотки: творожная, подсырная и др. Особенно желательно и эффективно применение сывороток в их сгущенном, а еще лучше — в высушенном состоянии.

Эффективность добавления в хлеб именно высокобелковых молочных продуктов обусловлена тем, что они повышают не только белковую ценность хлеба (содержание в хлебе белка, лизина и метионина), но и содержание в хлебе наиболее дефицитных биологически очень нужных человеку веществ — кальция и витамина В₂.

Для подтверждения укажем, что в СОМ по сравнению с пшеничной мукой I сорта содержится: белка — более в 3,6 раза; лизина — в 7,8 раз; метионина — в 5 раз; кальция, причем в виде лактата кальция, наиболее легко усваиваемого человеком, — в 48 раз и витамина В₂ — более в 22,5 раза. Следует отметить, что в 100 г СОМ содержится 49,3 г лактозы. Этот сахар обычными хлебопекарными дрожжами не сбраживается и поэтому при выпечке участвует в процессе меланоидинообразования, повышая этим самым вкус и аромат хлеба.

Очень существенно и то, что соотношение кальций : фосфор в пшеничной муке I сорта 1 : 4,8, а в СОМ 1 : 0,8. Таким образом, введение в хлеб такой добавки не только повышает содержание в нем кальция, но и смещает величину соотношения кальций : фосфор в оптимальную для человека сторону.

Если добавлять в хлеб из пшеничной муки I сорта всего лишь 5% СОМ, то содержание в нем лизина повышается на 38%, метионина — на 30%, кальция — в 1,5 раза, а рибофлавина — в 2 раза.

Применяются в ряде стран и такие молочные белковые обогатители хлеба, как казеинаты, казециты и копреципитаты.

В США и ряде других стран при производстве пшеничного хлеба практикуется добавление СОМ в количестве 4–6% от массы муки.

Сухие молочные сыворотки также применяются в хлебопечении ряда стран.

Практика использования молочных сывороток в хлебопечении свидетельствует о том, что даже в их нативном состоянии они не только повышают пищевую ценность хлеба и булочных изделий, но и улучшают их вкус и аромат и удлиняют период сохранения свежести изделий.

Из других пищевых продуктов животного происхождения для белкового обогащения хлеба могут быть использованы не только молочные продукты, но также и рыбная пищевая мука и белки боенской крови.

Большие белковые ресурсы кроются и в белках бобовых и масличных культур, более полноценных по аминокислотному составу, чем белки основных зерновых культур. Первое место в этом отношении следует отвести белкам соевых бобов.

Если сравнить бобы сои с зерном мягкой пшеницы, то они содержат белка почти в 3 раза больше (34,9% и 12,1%). У белка сои скор по лизину равен 108,9%, а у белка пшеницы — 52,6%. Скор по метионину + цистин соответственно равен 96,6 и 92%.

С учетом этого общее содержание лизина в 100 г сои в 6 раз больше, чем в 100 г зерна пшеницы. Метионина + цистина — в бобах сои в 3 раза больше.

Дефицитного в хлебе кальция в бобах сои в 6,4 раза больше, чем в зерне пшеницы. Соотношение кальций : фосфор в отличие от зерна пшеницы (1 : 7) у бобов сои физиологически оптимальное (1 : 1,7). Витамина В₂ в бобах сои также в 1,5 раза больше, чем в зерне пшеницы. В несколько меньшей степени, но также выгодно по содержанию и аминокислотному составу белка отличаются и семена гороха, подсолнечника и хлопчатника¹. В семенах подсолнечника также кроются большие резервы высококачественного белка, которые могут быть использованы и для белкового обогащения продукции хлебопекарной промышленности.

В этом плане могут быть использованы: мука из ядра подсолнечного семени (обезжиренная и полуобезжиренная) и белковые концентраты или изоляты. Наиболее высоко содержание белка в изолятах из подсолнечного шрота.

В отдельных странах используются и изоляты белков семян сои, подсолнечника и хлопчатника.

Большие потенциальные ресурсы для белкового, витаминного и минерального обогащения хлеба скрыты в культивировании этой цели соответствующих микроорганизмов (главным образом — соответствующих видов дрожжей) и водорослей (хлореллы, *Laminaria digitata*), а в случае необходимости повышения содержания в хлебе соединений йода — и морской капусты.

¹ При пищевом использовании белков семян хлопчатника после экстракции из них масла следует учитывать наличие в этих семенах токсического соединения — госсипола. Методы термической интоксикации этого вещества разработаны и применяются не только при пищевом, но и при кормовом использовании белков семян хлопчатника.

Повышение минеральной ценности хлеба

Минеральное обогащение хлеба наиболее целесообразно производить в направлении повышения содержания в хлебе кальция. Это связано с тем, что кальция недостаточно не только в хлебе, но и в ряде продуктов массового потребления.

В предыдущем разделе мы уже отмечали, что молоко и молочные продукты, в том числе и такие, как сухое обезжиренное молоко, сыворотки сухие, сгущенные и т. п., являются высокоценным обогатителем хлеба кальцием, так как содержат его в оптимальной для усвоения человеком форме лактата кальция. Соотношение Са : Р в молочных продуктах также более оптимально, чем в зерне, муке и хлебе.

В Англии в первые же годы второй мировой войны стали обогащать всю муку кальцием, вносимым в виде мела. Это мероприятие было введено в связи с повышением выхода муки и связанным с этим повышением доли фитинового фосфора, снижающего усвоение человеком кальция пищи.

При внесении мела в муку на мельнице кальций мела усваивается человеком только примерно на 16–17%.

В связи с этим в МТИПШ была разработана иная технология использования пищевого мела для обогащения хлеба кальцием. Порошкообразный пищевой мел, содержащий до 98% карбоната кальция, при приготовлении пшеничного хлеба вносился в специальную молочнокислую закваску. В этой закваске 50–70% кальция мела переходило в форму лактата кальция, легко усваиваемого человеческим организмом.

При приготовлении теста из ржаной обойной муки, имеющего кислотность около 12 град, применение особой молочнокислой закваски излишне.

Как показали физиологические опыты, проведенные на людях, усвояемость кальция мела, вносимого при приготовлении хлеба этим методом, возросла до 37,8%. В связи с этим было отмечено, что в случае длительного дефицита кальция в питании той или иной группы взрослого населения внесение кальция в хлеб следует считать целесообразным.

Обогащение пшеничного хлеба железом, практикуемое с 1942 г. в США, в СССР ввиду потребления наряду с хлебом из муки малого выхода хлеба из обойной муки не является актуальной проблемой.

Фосфора же вполне достаточно как в хлебе, так и в ряде других продуктов массового потребления.

В отдельных районах страны в целях профилактики эндемического зоба целесообразно обогащение хлеба йодом. Установлено, что для этого могут быть использованы препараты, содержащие йод (морские водоросли и продукты их переработки, йодированная соль и др.).

Повышение витаминной ценности хлеба

Обогащение хлеба витаминами также может быть целесообразно в случае недостаточности отдельных из них в повседневном пищевом

рационе. Наиболее актуально обогащение витаминами хлеба из муки малых выходов, бедной витаминами.

В отношении витаминов, имеющих в зерне, а следовательно, в муке и хлебе, повышение их содержания в хлебе может быть достигнуто двумя путями: 1) повышением содержания витаминов в зерне путем направленной на это селекции и 2) применением таких методов помола зерна на сортовую муку, при которых щиток зародыша, наиболее богатый витаминами, целиком остается в муке.

Однако эти мероприятия не исключают целесообразности прямого обогащения хлеба витаминами, вносимыми в муку еще на мельницах или в тесто при его приготовлении на хлебопекарных предприятиях.

Наибольшее значение имеет обогащение хлеба *витамином* B_2 , содержащимся в зерне, муке и хлебе в наименьших количествах.

В США начиная с 1942 г. широко применяется обогащение хлеба из пшеничной сортовой муки витаминами B_1 , B_2 и РР и др.

В СССР в послевоенные годы также проводилась широкая витаминизация хлеба витаминами B_1 и РР. На 1 кг хлеба из сортовой пшеничной муки вносилось 2 мг витамина B_1 и 20 мг витамина РР. На 1 кг хлеба из обойной муки вносился 1 мг витамина B_1 .

Применение витаминов B_1 , B_2 и РР для обогащения хлеба возможно ввиду их относительно хорошей сохраняемости в процессе приготовления хлеба.

Витамин С, вносимый в тесто, сохраняется при приготовлении хлеба в количестве всего лишь примерно 15%. Поэтому хотя в хлебе этого витамина не содержится совсем, обогащать им хлеб нецелесообразно.

В нашей стране часть вырабатываемой пшеничной муки высшего и I сортов витаминизировалась. При этом в муку этих сортов вносились (в мг на 100 г) витаминов: РР — 2; B_1 — 0,4; B_2 — 0,4.

Витаминизированная мука высшего и I сортов содержит (в мг на 100 г) соответственно витаминов: РР — 3,2 и 4,2; B_1 — 0,57 и 0,65 и B_2 — 0,44 и 0,48.

Повышение других показателей качества хлеба, влияющих на его пищевую ценность

Влияние разных технологических факторов и добавок на внешний вид, форму, объем хлеба, разрыхленность, структуру пористости и реологические свойства теста рассмотрено в предыдущих главах.

Здесь можно ограничиться лишь общим указанием на то, что для повышения этих показателей качества и пищевой ценности хлеба сле-

дует применять при производстве хлеба оптимальные с этой точки зрения способы подготовки сырья к пуску на производство, способы и параметры режима приготовления теста, его разделки, выпечки и последующего хранения хлеба, а также специальные улучшители и методы, рассмотренные в главе XI.

Очень важной задачей является и повышение пищевой ценности хлеба путем улучшения его вкуса и аромата.

На международных конгрессах и конференциях по зерну, муке и хлебу в докладах исследователей, работающих в области изучения веществ и факторов, обуславливающих вкус и аромат хлеба, так же как и в отдельных их работах, отмечалось, что механизация процессов приготовления хлеба, применение новых непрерывно-поточных и ускоренных способов приготовления теста, форсирование процесса выпечки, прекращение или резкое уменьшение выработки крупноштучного хлеба с длительной выпечкой, продажа потребителю хлеба не теплого, а уже хранившегося после выпечки в течение ряда часов — все это может быть причиной отмечаемого потребителями известного снижения вкуса и аромата хлеба и хлебных изделий. Поэтому целесообразно использование технологических факторов, мероприятий и специальных добавок, улучшающих вкус и аромат хлеба.

ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДИЕТИЧЕСКИЕ, ЛЕЧЕБНЫЕ И ДЛЯ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Проблема рационального питания народонаселения нашей страны предусматривает и производство хлебобулочных изделий, по своему составу и содержанию отдельных пищевых веществ предназначенных для диетического питания разных возрастных групп населения и для профилактического и лечебного питания больных разными видами заболеваний.

Классификация, рецептуры и технологические указания по производству отдельных видов диетических хлебобулочных изделий изложены в соответствующем сборнике рецептур и технологических инструкций. В этом сборнике приводится и химический состав и ЭЦ отдельных видов изделий.

Обзор работ, проводившихся в этом направлении, также приводится в соответствующей литературе.

Ниже дано краткое общее представление об основных группах диетических изделий (ГОСТ 25832–89).

Бессолевые хлебобулочные изделия, рекомендуемые для включения в рацион больных с заболеванием почек, сердечно-сосудистой системы, больных гипертонией и лиц, находящихся на гормонотерапии.

В эту группу включены: хлеб ахлоридный (без соли, из пшеничной муки I сорта); хлеб бессолевой обдирный (из ржаной обдирной муки); сушки бессолевые и сухари ахлоридные (из пшеничной муки I сорта).

Хлебобулочные изделия с пониженной кислотностью, рекомендуемые больным гиперацидным гастритом и язвенной болезнью.

В данную группу входят: булочки и сухари с пониженной кислотностью (из пшеничной муки I сорта).

Хлебобулочные изделия с пониженным содержанием углеводов, рекомендуемые больным сахарным диабетом, при ожирении, а также при остром ревматизме. Поскольку в этих изделиях содержание белка более высокое, их можно включать и в рацион больных, которым он необходим в большом количестве, например при ожоговых травмах.

В эту группу включены: хлеб белково-пшеничный, хлеб белково-отрубный и др.

Хлебобулочные изделия с пониженным содержанием белка (безбелковые изделия), рекомендуемые для питания больных с хронической почечной недостаточностью и при других заболеваниях с нарушением белкового обмена (фенилкетонурия, глютеновая энтеропатия и др.). Поскольку эти больные нуждаются и в ограничении натрия, соль в эти изделия не добавляется.

К этой группе относятся: хлеб безбелковый бессолевой и хлеб безбелковый из пшеничного крахмала.

Хлебобулочные изделия с повышенным содержанием пищевых волокон рекомендуются при атониях кишечника и пожилым людям, если это не противопоказано им по другим причинам.

К этой группе относятся: хлеб барвихинский и хлеб зерновой, хлебцы докторские и др.

Хлебобулочные изделия с добавлением лецитина или овсяной муки, рекомендуемые при атеросклерозе, ожирении, заболевании печени, первом истощении.

В эту группу включены: хлебцы «Геркулес», хлебцы диетические отрубные с лецитином.

Хлебобулочные изделия с повышенным содержанием йода: диетические отрубные хлебцы с добавлением лецитина и морской капусты, соловецкий хлеб, рекомендуемые в лечебном питании при заболевании щитовидной железы, сердечнососудистой системы, а также в профилактическом питании в пожилом возрасте.

Все рецептуры и технология производства перечисленных семи групп диетических изделий описаны в сборнике рецептур и технологи-

ческих инструкций по приготовлению диетических и профилактических сортов хлебобулочных изделий.

Кроме этих изделий, разработано много хлебобулочных изделий для детского и профилактического питания.

Вышеизложенное позволяет отметить, что производство и правильное, с учетом рекомендаций врачей, включение в рацион питания соответствующих видов диетических, лечебных и профилактических хлебобулочных изделий является существенным элементом системы рационального питания народа.

Отметим также, что при производстве отдельных видов перечисленных выше групп диетических хлебобулочных изделий должны строго соблюдаться их рецептуры, способы и параметры проведения технологического процесса их приготовления. Особое внимание должно уделяться точности дозировки специфических для каждого изделия добавок. Большое значение имеет также обеспечение и сохранение свежести, вкуса и аромата диетических изделий.

ПИЩЕВАЯ БЕЗВРЕДНОСТЬ ХЛЕБА

Значение хлеба в питании столь велико, что должна быть гарантирована его абсолютная безвредность для человека.

В связи с этим целесообразно напомнить о возможных причинах и случаях нарушения этого требования.

Применение *химических удобрений, инсектицидов и гербицидов*, особенно в период роста злаков, делает актуальной задачу контроля возможного остаточного содержания в зерне тех из них, которые могут отрицательно сказываться на здоровье человека.

В последние годы наблюдается присутствие в целом зерне пшеничных продуктов отдельных *радиоактивных продуктов ядерного распада*, из которых с точки зрения длительности периода полураспада наиболее вредными могут являться стронций-90, цезий и др. вещества.

Причинами заражения этими веществами атмосферного воздуха, осадков, вод и почвы, а отсюда зерна, овощей, плодов мяса, молока, рыбы является проведение испытаний ядерного оружия, а также всякого рода «несчастные случаи» с отдельными видами этого оружия и на разного рода ядерных установках и реакторах.

В связи с этим контроль за заражением зерна и зернопродуктов радиоактивными продуктами ядерного расщепления стал тоже актуальной проблемой. Разрабатываются мероприятия по «обеззараживанию» зерна в процессе его переработки, использующие тот факт, что радиоак-

тивные вещества располагаются в основном в поверхностных слоях зерна.

Необходимо напомнить и о возможном возникновении *токсичности зерна, зимовавшего в поле на корню*. Это зерно в результате воздействия грибной микрофлоры на жировую фракцию зерна может являться причиной заболевания человека алиментарной септической ангиной.

В отдельных странах применялась отбелка муки на мельницах *треххлористым азотом* (способ Agene). При этом метионин, входящий в состав белков муки, превращается в сульфоксимин, токсичный для животных и человека.

Причиной возможной токсичности хлеба могут являться и вещества, образуемые плесневыми грибами *Asp. flavus* и поэтому названные *афлатоксинами*. Производителями афлатоксинов могут быть и отдельные разновидности (штаммы) *Asp. penicillium*, а также и *Rhizopus*. Поэтому для обозначения этих ядовитых веществ применяют и более широкий термин — *микотоксины*.

Установлено, что продуценты микотоксинов могут развиваться на зерне, в муке и на хлебе и что образуемые ими микотоксины могут диффундировать в хлеб. Поэтому установлено предельно допустимое содержание афлатоксинов в зерне, муке и хлебе. Необходим контроль за возможным присутствием афлатоксинов и в ферментных препаратах, получаемых из культур отдельных видов плесеней.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Хлебобулочные изделия по показателям качества должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов (ГОСТ) или технических условий (ТУ).

С 1984 г. в нашей стране началось создание системы сертификации, которую считают одним из важнейших механизмов гарантии качества. Сертификация обеспечивает возможность объективно оценить продукцию, подтвердить ее безопасность, соответствие требованиям по экологической чистоте, потребительским свойствам.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ

Стандартизация — закрепление в нормативных документах (ГОСТ, ГОСТ Р, ТУ) требований к конкретным видам продукции.

Нормативный документ — основной документ, который используется при производстве и контроле качества продукции.

Предприятие должно иметь комплект нормативной документации (НД), включающий технические условия (ТУ), рецептуры (РЦ), технологические инструкции (ТИ), на вырабатываемую продукцию.

В хлебопекарной промышленности действуют два основных вида ГОСТ:

межгосударственные ГОСТы — действуют на территории стран СНГ, подписавших «Соглашение о проведении согласованной межгосударственной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» (№ 12/1 от 13 марта 1992 года). Это важнейший вид ГОСТов, к ним относятся все действующие в отрасли 37 ГОСТ на хлебобулочные изделия и методы контроля их качества. По этим ГОСТам вырабатывается около 80% всей продукции. С учетом изменений в экономике, требований безопасности и других факторов в ГОСТы вносятся необходимые изменения.

Эти межгосударственные ГОСТы, в свою очередь, делятся на ГОСТы типа технических условий (ТУ) и общих технических условий (ОТУ).

ГОСТы типа ТУ — относятся к конкретному перечню продукции с перечислением конкретных органолептических и физико-химических показателей, а также нормативов, которым должно соответствовать качество вырабатываемой и реализуемой продукции.

ГОСТы типа ОТУ — классификационные, используемые при разработке документации на новые виды хлебобулочных изделий. Приведенные в них таблицы физико-химических показателей содержат не конкретные нормативы, а интервалы предельных значений, которые позволяют отнести новое изделие к той или иной группе и разрабатывать документацию в рамках конкретного ГОСТа типа ОТУ (например, кислотность, влажность, пористость — предельные значения).

В отрасли действуют также нормативные документы — Технические условия (ТУ), которые могут разрабатываться на новые изделия. Необходимость разработки новой документации возникает в тех случаях, когда используется новая рецептура, новое сырье или принципиально новая технология.

Разработка новой продукции ведется в соответствии с ГОСТом 15.015-90 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Система разработки и постановки продукции на производство».

Сертификация — процедура подтверждения соответствия конкретной партии или серий партий продукции требованиям НД по показателям безопасности для жизни и здоровья потребителей.

Обязательная сертификация введена в России Постановлением Правительства РФ 1992 г. № 508 во исполнение Закона «О защите прав потребителей» с изменениями, принятыми 09.01.96 г. № 2-ФЗ.

Продукция хлебопекарной отрасли промышленности включена в «Перечень товаров, подлежащих обязательной сертификации», утвержденный Постановлением Правительства РФ от 13 августа 1997 г. № 1013.

В действующих НД на хлебобулочные изделия (ГОСТ, ГОСТ Р, ТУ) записаны обязательные требования, направленные на обеспечение безопасности для жизни и здоровья потребителей, а также то, что данные документы могут быть использованы для целей сертификации.

Обязательная сертификация производится на соответствии продукции обязательным требованиям НД.

Применяемое при производстве хлебопекарной продукции сырье (мука, сахар, жировые продукты и т. д.) подлежит добровольной сертификации, поэтому при заключении контрактов на поставку сырья необходимо включать требование о предоставлении поставщиком сертификата соответствия поставляемого продовольственного сырья требованиям НД.

Под НД понимаются не только ГОСТ, ГОСТ Р и ТУ, но также и законодательные акты, санитарные правила и нормы (СанПиН) и другие документы РФ.

Сертификация пищевых продуктов и продовольственного сырья в системе сертификации ГОСТ Р проводится в соответствии с «Правилами сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья».

При проведении сертификации продукции определяется ее соответствие гигиеническим нормативам качества и безопасности, приведенным в «Гигиенических требованиях к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов» (М., 1997) — СанПиН 2.3.2.560-96. В этом документе приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) важнейших загрязнителей — токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов, микробиологические показатели (для определенной группы продуктов).

Из всего многообразия загрязнителей для хлебобулочных изделий введены ПДК токсичных элементов — свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, медь, цинк; микотоксинов — афлотоксин В₁, дезоксиневаленол, Т-2 токсин, зеараленон; пестицидов — гексахлорбензол, ртутьорганические и др.; радионуклидов — цезий-137 и стронций-90.

Список рекомендуемой литературы

1. КНИГИ И БРОШЮРЫ

1. *Афанасьева О. В.* Микробиологический контроль хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 28 с.
2. *Гатилин Н. Ф.* Проектирование хлебозаводов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 376 с.
3. *Головань Ю. П., Ильинский Н. А.* Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 384 с.
4. *Гришин А. С.* Комплексная механизация процессов хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 40 с.
5. *Гришин А. С., Полторах М. И.* Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на хлебозаводах. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 280 с.
6. *Грачева И. М., Гаврилова Н. Н., Иванова Н. Н.* Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 448 с.
7. *Зайцев Н. В.* Технологическое оборудование хлебозаводов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1967. — 584 с.
8. *Ильясов С. Г., Красников В. В.* Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 360 с.
9. Интенсификация приготовления пшеничного хлеба молочной закваской / [О. П. Ельцова, И. М. Ройтер, А. В. Витавская и др.]. — М.: ЦНИИТЭИпищепром, сер. 14, 1979, вып. 4. — 30 с.
10. *Казаков Е. Д., Кретович В. Л.* Биохимия зерна и продуктов его переработки. — М.: Колос, 1980. — 320 с.
11. *Козьмина Н. П.* Биохимия хлебопечения. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 278 с.
12. *Кретович В. Л.* Биохимия растений. — М.: Высшая школа, 1980. — 445 с.

13. *Кретович В. Л., Токарева Р. Р.* Проблема пищевой полноценности хлеба. — М.: Наука, 1978. — 288 с.

14. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых продуктов / Под ред. З. Ф. Фалушиной. — 2-е изд. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 272 с.

15. *Маклюков И. И., Маклюков В. И.* Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 392 с.

16. *Мачихин Ю. А., Мачихин С. А.* Инженерная реология пищевых материалов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 216 с.

17. Минпищепром СССР, Упрхлеб, ВНИИХП. Инструкция по нормированию расхода муки (выхода хлеба) в хлебопекарной промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 48 с.

18. Минпищепром СССР, Упрхлеб, ВНИИХП. Рецентуры и технологические инструкции по приготовлению диетических сортов хлебобулочных изделий и характеристика их пищевой ценности. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 70 с.

19. Минпищепром СССР, Упрхлеб, ВНИИХП. Сборник рецептов и технологических инструкций по выработке национальных сортов хлебобулочных изделий. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 264 с.

20. *Михелев А. А.* Справочник по хлебопекарному производству. Т. 1. Оборудование и тепловое хозяйство. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 368 с.

21. *Николаев Б. А.* Структурно-механические свойства мучного теста. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 247 с.

21а. Новое в технологии хлебобулочных изделий [В. А. Патт, Л. Ф. Столярова, Л. А. Пасхна, А. И. Стребыкина]. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 48 с.

22. *Патт В. А., Казанская Л. Н.* Новые технологические процессы в хлебопекарной промышленности, обеспечивающие улучшение качества продукции и интенсификацию производства. — М.: ЦНИИТЭИпищепром, сер. 14, 1979, вып. 13. — 44 с.

23. *Петровский К. С.* Гигиена питания. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1975. — 400 с.

24. *Петровский К. С.* О рациональном питании. — Наука и жизнь, 1980. — № 8. — С. 76–79.

25. *Покровский А. А.* Гигиена питания. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1979. — Ч. 6. — С. 201–273.

26. *Покровский А. А.* Физиолого-биохимические аспекты питания и пищевая промышленность. — Прикладная микробиология и биохимия. — 1967. — №5. — С. 513–525.

27. *Пучкова Л. И.* Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 232 с.

28. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства / [А. А. Михелев, Н. М. Ицкович, М. Н. Сигал, А. В. Володарский]. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 328 с.

29. *Ройтер И. М.* Современная технология приготовления теста на хлебозаводах. — Киев: Техника, 1968. — 368 с.

30. *Ройтер И. М.* Справочник по хлебопекарному производству. Т. 2. «Сырье и технология». — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 504 с.

31. *Ройтер И. М.* Сырье хлебопекарного производства. — Киев: Техника, 1972. — 192 с.

32. *Pote M.* Аромат хлеба: перевод с немецкого / Под ред. Л. Я. Ауэрмана, пер. Н. Г. Еникеева, Э. Я. Вейцель. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 238 с.

33. *Сигал М. Н., Володарский А. В.* Конвейерные хлебопекарные печи. — М.: Пищевая промышленность, 1981. — 161 с.

34. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий [К. Н. Чижова, Т. И. Шкваркина, Н. П. Волкова, А. М. Чинчук]. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 192 с.

35. Технологические инструкции по выработке хлебобулочных изделий. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 352 с.

36. Технохимический контроль хлебопекарного производства / [К. Н. Чижова, Т. И. Шкваркина, П. В. Запешина и др.]. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 480 с.

37. Упрхлеб Мишницепрома СССР. Технологические рекомендации по применению молочной сыворотки при выработке хлеба и булочных изделий из ржаной и пшеничной муки. — М.: 1978. — 24 с.

38. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. А. А. Покровского. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 228 с.

39. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. М. Ф. Нестерина, И. М. Скурихина. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 248 с.

40. Экспрессная технология приготовления булочных изделий / [Р. В. Кузьминский, В. А. Патт, В. В. Щербатенко и др.]. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1978. — №11. — С. 25–27.

41. Щербатенко В. В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 232 с.

Список дополнительной литературы

1. Косован А. П., Полтораки М. И., Торкунова Т. В. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. — М.: ГосНИИХП, Рос. союз пекарей; 2000. — 243 с.

2. Матвеева И. В., Белявская И. Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба. — М.: Делпринт, 2001.

3. Матвеева И. В., Белявская И. Г. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий. Учеб. пособ. — М.: МГУПП, 2000. — 115 с.

4. Нечаев А. П., Кочеткова А. А., Зайцев А. Н. Пищевые добавки. — М.: Колос, 2001. — 254 с.

5. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А., Колпакова В. В., Витол И. С., Кобелева И. Б. Пищевая химия. — СПб.: Гиорд, 2001. — 565 с.

6. Поландова Р. Д., Богатырева Т. Г. Методическое руководство по производству жидких дрожжей на хлебопекарных предприятиях. — М.: РАСН, ГосНИИХП, 2001. — 54 с.

7. Пучкова Л. И., Гришин А. С., Шаргородский И. И., Черных В. Я. Проектирование хлебопекарных предприятий с основами САПР. — М., 1994. — 224 с.

8. Пучкова Л. И. Хлебобулочные изделия. Учеб.-метод. пособ. — М.: МГУПП, 2000. — 59 с.

9. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. — М.: Прейскурантиздат, 1989. — 490 с.

10. Сборник рецептов и технологических инструкций по приготовлению хлебобулочных изделий с использованием ржаной муки. — СПб–М.: Рос. союз пекарей, ГосНИИХП СПб филиал, 2000. — 183 с.

11. Сборник рецептов и технологических инструкций по приготовлению диетических и профилактических сортов хлебобулочных изделий. — М.: Пищепромиздат, 1997. — 190 с.

12. *Хромеевков В. М.* Оборудование хлебопекарного производства. — М.: ПрофОбрИздат, 2000. — 319 с.

13. *Цыганова Т. Б.* Технология хлебопекарного производства. — М.: ПрофОбрИздат, 2001. — 428 с.

Содержание

Предисловие	3
Глава I. Краткий обзор развития хлебопекарной промышленности России	5
Глава II. Этапы процесса производства хлебобулочных изделий	8
Прием и хранение сырья	8
Подготовка сырья к пуску в производство	9
Приготовление теста	9
Разделка теста	10
Выпечка	11
Хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть	11
Аппаратурно-технологическая схема производства хлеба	11
Глава III. Хлебопекарные свойства основного сырья	13
Мука хлебопекарная	13
Химический состав муки	16
Стандарт на методы испытаний муки	16
Хлебопекарные свойства пшеничной муки	16
Хлебопекарные свойства ржаной муки	71
Мука из зерна тритикале	86
Вода	88
Дрожжи	88
Прессованные дрожжи	89
Сушеные дрожжи	90
Дрожжевое молоко	91
Соль	91
Глава IV. Прием, хранение и подготовка хлебопекарного сырья	92
Процессы, происходящие при хранении муки	92
Созревание пшеничной муки	92
Созревание ржаной муки	104
Предотвращение порчи муки при хранении	106
Прием, перемещение и хранение муки на хлебопекарных предприятиях	107
Хранение муки в мешках	107
Бестарное хранение муки	108
Подготовка муки	109
Смешивание муки	109
Просивание и магнитная очистка муки	110
Хранение и подготовка соли, прессованных дрожжей и других видов сырья	110
Глава V. Приготовление пшеничного теста	113
Рецептура и основные способы приготовления пшеничного теста	113
Дозирование сырья	115
Замес опары и теста	116
Брожение (созревание) теста	123
Процессы, происходящие при брожении теста	124
Форсирование созревания теста с целью интенсификации и ускорения процесса его приготовления	133
Обминка теста	142
Определение готовности теста	143
Соотношение и роль в тесте отдельных видов сырья	144
Вода как компонент теста	145
Дрожжи как компонент теста	147

Соль как компонент теста	149
Жиры как компонент теста	157
Сахар как компонент теста	160
Температура теста	161
Влияние температуры опары и теста на микроорганизмы теста	162
Факторы, обуславливающие температуру теста и предшествующих ему фаз	163
Приготовление и применение жидких дрожжей и заквасок	164
Рациональная схема приготовления жидких дрожжей	165
Схема приготовления пшеничной жидкой закваски Ленинградская-4	167
Джамбульская схема приготовления пшеничной жидкой закваски	168
Приготовление пшеничного теста на жидких дрожжах и пшеничных жидких заквасках	168
Разрыхление теста химическим путем	169
Разрыхление теста физическим путем	169
Преимущества и недостатки разных способов разрыхления теста	170
Предварительная активация прессованных дрожжей	171
Заварки и их применение при приготовлении пшеничного теста	173
Способы приготовления заварок	173
Виды заварок	174
Способы и аппаратно-технологические схемы приготовления пшеничного теста	177
Аппаратурные решения процессов бездежевого и непрерывного тестоприготовления на отечественных хлебобулочных предприятиях	178
Способы и агрегаты для интенсифицированного приготовления пшеничного теста	182
Приготовление пшеничного теста с применением жидкой окислительной фазы	185
Способы интенсифицированного приготовления пшеничного теста за рубежом	188
Приготовление хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов	188
Глава VI. Приготовление ржаного теста	190
Отличия в свойствах и способах приготовления ржаного теста	190
Микроорганизмы ржаных заквасок и теста	195
Способы приготовления ржаного теста	200
Приготовление теста на густых заквасках	201
Приготовление теста на менее густых заквасках	202
Приготовление жидких заквасок на ленинградских штаммах бродильной микрофлоры	203
Приготовление теста с применением жидкой концентрированной молочнокислой закваски	205
Аппаратурные решения процесса приготовления ржаного теста	205
Глава VII. Разделка теста	206
Деление теста на куски	206
Округление кусков теста	207
Предварительная расстойка	208
Придание кускам теста требуемой формы	208
Окончательная расстойка	209
Аппаратурные схемы разделки теста	212

Глава VIII. Выпечка	213
Процессы, происходящие в тестовой заготовке при выпечке	213
Прогрев тестовой заготовки в процессе выпечки	214
Влагообмен выпекаемой тестовой заготовки с паровоздушной средой пекарной камеры и внутреннее перемещение влаги в ней в процессе выпечки	223
Жизнедеятельность броидильных микроорганизмов в выпекаемой тестовой заготовке	227
Биохимические процессы, происходящие в выпекаемой тестовой заготовке	229
Коллоидные процессы, происходящие в выпекаемой тестовой заготовке	237
Изменение объема выпекаемой тестовой заготовки	240
Упек	243
Надрезание тестовых заготовок перед выпечкой	245
Роль увлажнения поверхности выпекаемой тестовой заготовки	246
Оптимальный режим выпечки	247
Длительность выпечки	248
Определение готовности хлеба	250
Обжарка хлеба	252
Другие способы выпечки хлеба	253
Выпечка в печах с генераторами инфракрасного (коротковолнового) излучения	254
Выпечка в атмосфере пара	254
Выпечка с применением электроконтактного прогрева выпекаемой тестовой заготовки	255
Выпечка в электромагнитном поле высокой частоты (ВЧ) и сверхвысокой частоты (СВЧ)	256
Выпечка с комбинированными способами прогрева выпекаемой тестовой заготовки	257
Глава IX. Хранение хлеба	257
Остывание и усыхание хлеба	257
Общие сведения об остывании и усыхании хлеба	258
Факторы, влияющие на усыхание хлеба	263
Изменение качества хлеба при хранении	266
Черствение хлеба	267
Освежение черствого хлеба	286
Хранение хлеба на хлебопекарных предприятиях и доставка его в торговую сеть	287
Глава X. Выход хлеба	289
Понятие выхода хлеба	289
Факторы, обуславливающие выход хлеба	292
Влажность муки	292
Хлебопекарные свойства муки	292
Количество дополнительного сырья	292
Влажность теста и хлеба	293
Технологические потери и затраты	294
Потери и затраты сухих веществ и влаги в процессе производства и хранения хлеба	300
Глава XI. Пути и способы улучшения качества хлеба	301
Пути улучшения хлебопекарных свойств муки	301

Методы улучшения качества хлебобулочных изделий	302
Технологические мероприятия, улучшающие качество хлебобулочных изделий.	303
Специальные добавки-улучшители качества хлебобулочных изделий	303
Глава XII. Дефекты и болезни хлеба	329
Дефекты хлеба, вызванные качеством муки	329
Мука из зерна, пораженного клопом-черепашкой	330
Мука из проросшего зерна	336
Мука из морозобоинного зерна	343
Мука неполноценная или дефектная по другим причинам	343
Дефекты хлеба, вызванные неправильным проведением технологического процесса	344
Дефекты хлеба, вызванные неправильным приготовлением теста	344
Дефекты хлеба, вызванные неправильной разделкой теста.	346
Дефекты хлеба, вызванные неправильной выпечкой	346
Дефекты хлеба, вызванные неправильным его перемещением и хранением после выпечки	347
Выявление причин дефектов качества хлеба	347
Болезни хлеба	348
Картофельная болезнь хлеба.	348
Плесневение хлеба	353
Другие болезни хлеба	355
Глава XIII. Ассортимент хлеба и хлебных изделий	356
Хлеб ржаной из обойной муки	357
Хлеб ржаной из обдирной и сеяной муки	357
Хлеб ржано-пшеничный и пшенично-ржаной из обойной муки	357
Хлеб пшеничный	358
Булочные изделия	358
Сдобные хлебобулочные изделия	358
Бараночные изделия	359
Сдобные сухари	361
Ржаные и ржано-пшеничные обойные сухари	363
Глава XIV. Пищевая ценность хлеба и его качество	368
Потребность человека в пищевых веществах и энергии	369
Значение хлеба в питании человека, степень его пищевой ценности и пути ее повышения	371
Энергетическая ценность хлеба и степень удовлетворения потребности человека в энергии за счет хлебных изделий	372
Белковая ценность хлеба и значение хлебных изделий в белковом балансе питания человека	375
Роль углеводов хлеба в питании человека и степень удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	378
Значение органических кислот хлеба в питании человека и степень удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	380
Значение жиров хлеба в питании человека и степень удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	381
Значение минеральных веществ хлеба в питании человека и степень удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	382
Значение витаминов хлеба в питании человека и степень удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	384

Вкус, аромат и другие органолептически воспринимаемые свойства хлеба	385
Пути повышения пищевой ценности хлеба и хлебных изделий	393
Хлебобулочные изделия диетические, лечебные и для разных возрастных групп населения	400
Пищевая безвредность хлеба	402
Определение качества хлеба	403
Стандартизация, сертификация, контроль безопасности и качества хлебобулочных изделий. Стандартизация и сертификация продукции	403
Список рекомендуемой литературы	406
Список дополнительной литературы	409

Учебное пособие

Ауэрман Лев Янович

ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ответственный редактор О. Камнева

Верстка И. Артемьева

Дизайн обложки Р. Бабкина

Корректор О. Камнева

ISBN 5-93913-032-1

Лицензия № ИД 00469 от 25.11.1999 г.

Подписано к печати 22.03.2005 г.

Формат 60 × 90 $\frac{1}{16}$. Усл. печ. л. 26. Доп. тираж 2000 экз.

Бумага офсетная. Заказ № 113

Издательство «Профессия»

Санкт-Петербург, 191002, а/я 600

URL: www.professija.ru

Тел./факс: (812) 140-12-60, e-mail: bookpost@professija.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов

в ОАО «Техническая книга»

190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

ISBN 5-93913-032-1



9 785939 130325