

Баг 36
Р79
882007

M.Pome

**АРОМАТ
ХЛЕБА**



M. POTE

Аромат хлеба

Aroma von Brot

Von Dr. sc. MANFRED ROTHE

Leiter der Abteilung Aromafororschung
am Zentralinstitut für Ernährung
Potsdam-Rehbrücke

der Akademie der Wissenschaften der DDR

Mit 46 Abbildungen und 44 Tabellen



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1974

M. Röte

**АРОМАТ
ХЛЕБА**

Перевод с немецкого
канд. техн. наук Н. Г. Еникеевой и Э. Я. Вейцель
под редакцией д-ра технических наук
Л. Я. Ауэрмана



Москва
Пищевая промышленность
1978

ОТ АВТОРА

Когда советское издательство «Пищевая промышленность» приняло решение о переводе на русский язык и издании в СССР монографии «Аромат хлеба», я воспринял это с большим интересом и радостью.

Автор научной работы может, вероятно, рассматривать ее перевод, как признание актуальности освещаемых в ней проблем и вопросов специалистами другой страны.

Одновременно задачей перевода книги является расширение и улучшение взаимопонимания между специалистами пищевой промышленности разных стран. Для меня большая честь принять участие в разрешении этой задачи.

Для меня лично очень приятно было также и то, что перевод и обработка рукописи осуществлялись моими давними коллегами по научным интересам и друзьями — профессором, доктором технических наук Л. Я. Ауэрманом, доцентом, кандидатом технических наук Н. Г. Еникеевой и высококвалифицированной и эрудированной переводчицей Э. Я. Вейцель. На проведение данной работы ими затрачено много сил и энергии.

С нашего согласия при переводе и редакционной обработке текста были сделаны небольшие сокращения и редакционные изменения. Были устраниены неточности и опечатки в отдельных таблицах.

Как автор данной монографии выражаю сердечную и дружескую благодарность участникам перевода и его редакционной обработки.

М. РОТЕ

Март 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Перед работниками пищевой промышленности стоит задача не только увеличить объем производства, но и значительно повысить качество, биологическую ценность и вкусовые достоинства продуктов питания, улучшить их ассортимент. Существенное значение в питании народа имеет хлеб, и одной из первоочередных задач является повышение его качества и вкусовых достоинств, которые определяются по аромату, вкусу, ощущению при разжевывании. От этих свойств хлеба зависит удовольствие или неудовольствие при его потреблении, а следовательно, и степень усвояемости этого важнейшего продукта питания.

Автор монографии — один из ведущих специалистов по изучению аромата пищевых продуктов и возглавляет в Институте питания Академии наук ГДР отдел по исследованию аромата.

В монографии обобщены результаты более 600 опубликованных работ и исследований, проведенных не только в ГДР, но и во многих странах мира, и в частности в Советском Союзе.

Весьма существенным представляется то, что при рассмотрении технологических аспектов проблемы аромата и вкуса хлеба автор обращает большое внимание на вкус- и ароматобразующие вещества, возникающие как продукты брожения в тесте и предшествующих ему фазах, и справедливо указывает, что резкое сокращение длительности брожения в фазах тестоприготовления, а при некоторых современных интенсифицированных схемах тестоприготовления полное исключение стадии брожения теста между замесом и делением на куски может привести, а в отдельных странах уже привело к выпуску безвкусного неароматного хлеба.

В предлагаемой советскому читателю книге большое внимание удалено влиянию на аромат хлеба длительности и параметров процесса выпечки, дополнительного процесса «обжарки» хлеба и роли корки хлеба, в которой при выпечке в основном и происходит образование вкус- и ароматобразующих веществ. Это также должно учитываться и конструкторами хлебопекарных печей, и технологами хлебопекарных предприятий, и составителями стандартов на хлебобулочные изделия.

Значимость данного вещества в образовании аромата продукта определяется безразмерной численной величиной отношения a/b . Если величина этого отношения меньше единицы, данное вещество признается неощутимым в аромате хлеба. Величины этого отношения, превышающие единицу, характеризуют степень возможной значимости данного вещества в аромате хлеба.

Отношение a/b обозначается в немецком оригинале словом Аромаверт. В некоторых публикациях на русском языке это наименование переводилось как ароматное число. Поскольку числа «не пах-

нут», мы предпочли именовать это отношение коэффициентом ароматичности в данном продукте.

С точки зрения формальной логики использование этого коэффициента в качестве показателя значимости определенного ароматобразующего вещества вполне, казалось бы, объяснимо. Однако сенсорное восприятие одной и той же концентрации того же самого ароматобразующего вещества в воде и в хлебе явно неодинаково.

Кроме того, данное вещество присутствует в хлебе в сочетании с другими (а их, как было отмечено выше, более 200) ароматобразующими веществами, содержащимися к тому же в различных и переменных соотношениях, т. е. в неизвестных и самых разнообразных концентрациях. До какой степени природа и соотношение отдельных ароматобразующих веществ могут менять не только интенсивность, но и характер аромата композиции, хорошо известно, например, парфюмерам. Поэтому мы разделяем точку зрения автора монографии о том, что нахождение отдельного ароматобразующего вещества или группы таких веществ, могущих быть индикатором интенсивности и характера аромата хлеба, явилось бы ключевым решением проблемы аналитического определения и контроля аромата хлеба.

Согласны мы с автором и в том, что, вероятно, еще ряд лет аналитическое определение аромата и вкуса хлеба должно будет сопровождаться квалифицированной сенсорной оценкой его вкусовых достоинств. Результаты такой оценки хлеба должны выражаться не только словесно, но и суммой баллов, начисляемых по каждому из сенсорно определяемых свойств с учетом значимости их в общей оценке качества хлеба.

Известные трудности возникли при переводе наименований отдельных сортов хлеба и муки, очень различных, своеобразных, а в ряде случаев условных в стандартах и специальной литературе разных стран. В монографии мы, например, встречаем наименования видов и сортов хлеба, основанные на таком признаке, как цвет: белый хлеб (*Weißbrot*), пшеничный белый хлеб (*Weizenweißbrot*), ржаной серый хлеб (*Roggengraubrot*), черный хлеб (*Schwarzbrot*).

Следует отметить, что «белый», «серый» и «черный» цвета могут относиться лишь к мякишу хлеба. «Белый» хлеб обычно имеет достаточно интенсивно окрашенную (зарумяниенную) корку. Но даже в отношении к мякишу хлеба некоторая условность наименования остается. Не бывает хлеба с абсолютно белым или тем более с абсолютно черным мякишем. Известно, что чем выше выход муки и ее зольность, тем темнее окрашен мякиш. В тексте монографии при применении наименований, основанных на цвете, лишь в ряде случаев указаны виды, сорта и зольность муки, из которой хлеб был приготовлен.

Сложнее обстоит дело с наименованием «ржаной серый хлеб», так как в монографии им обозначается не только ржаной хлеб, но и хлеб из ржаной муки с примесью небольшой доли пшеничной муки.

Ввиду невозможности точного установления, из муки какого вида, сорта, выхода и зольности выпекался хлеб, мы остановились на следующих вариантах наименования хлеба по цвету:

пшеничный белый хлеб (сюда относится и *Weizenweißbrot*, и *Weißbrot*) — хлеб из высокосортной муки, соответствующей по советским стандартам муке высшего и 1-го сорта;

ржаной серый хлеб (*Roggengraubrot*) — как правило, хлеб из ржаной муки с выходом 76—86%. В отдельных случаях это

наименование может относиться к ржано-пшеничному хлебу из вышеуказанной ржаной муки с добавлением 15—20% пшеничной муки. Везде, где это возможно, мы указываем сорт и зольность или выход муки, из которой данный вид хлеба изготовлен;

ржаной черный хлеб (*Schwarzbrod*) — ржаной хлеб из муки, полученной почти из целого зерна, с выходом по очищенному зерну 98—99%, или, что более вероятно, хлеб максимально длительной выпечки из ржаного хлебопекарного шрота.

Хлеб, выпекаемый из смесей ржаной и пшеничной муки, обозначается в монографии с помощью наименований: *Mischbrot* — смешанный хлеб или хлеб из смеси; *Roggemischbrot* — ржаной смешанный хлеб; *Weizenmischbrot* — пшеничный смешанный хлеб.

Выражение «смешанный хлеб», взятое само по себе и рассматриваемое в отдельности, ничего не раскрывает (смешивание чего с чем?). По действующему в ГДР стандарту на хлеб TGL 3067 под этим наименованием значится хлеб из смеси 60% ржаной муки 1 (с выходом 84—86%) и 40% пшеничной муки (с выходом 25—76%). В нашей стране такой хлеб назывался бы ржано-пшеничным. Такое наименование мы и применили в переводе с указанием доли ржаной и пшеничной муки в смеси. В случаях же, когда это было сделать невозможно, мы использовали выражение хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки.

Ржаной смешанный хлеб (по стандарту ГДР из смеси 85% ржаной муки 1 и 15% пшеничной хлебопекарной муки) мы также именовали как ржано-пшеничный с указанием, где это возможно, соотношения ржаной и пшеничной муки.

Пшеничный смешанный хлеб (в стандарте ГДР не отражен) мы именовали как пшенично-ржаной, понимая под этим хлеб из смеси большей доли пшеничной муки с меньшей долей ржаной и указывая, где это возможно, зольность или выход муки.

В монографии встречаются и такие наименования хлеба, как *Roggenvollkornbrot* — ржаной цельнозерный хлеб и *Weizenvollkornbrot* — пшеничный цельнозерный хлеб. В стандарте ГДР под этими наименованиями понимается ржаной или пшеничный хлеб, приготовленный из ржаной или пшеничной цельнозерной муки (*Vollkornmehl*) с выходом 98—99% по очищенному зерну или из ржаного или пшеничного хлебопекарного шрота.

В переводе для обозначения «цельнозерного» хлеба приняты следующие наименования: ржаной хлеб из муки из целого зерна; пшеничный хлеб из муки из целого зерна; ржаной или пшеничный хлеб из хлебопекарного шрота.

В заключение хотелось бы отметить участие автора монографии, доктора Манфреда Роте, в подготовке к изданию на русском языке перевода его книги, в процессе которой им были уточнены и обновлены некоторые цифровые данные, разъяснены терминологические особенности и трудные места текста, потребовавшие специального согласования с автором и пояснений редактора русского издания.

Л. АУЭРМАН,
профессор, д-р техн. наук

1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА АРОМАТА

1.1. КОМПЛЕКСНОСТЬ ВКУСОВЫХ ОЩУЩЕНИЙ

Со вкусом хлеба мы связываем представление о комплексном взаимодействии на наши органы чувств, которое создается в результате одновременного восприятия разнообразных раздражений и в основном определяется через ощущения запаха и вкуса, а также путем ощупывания или разжевывания.

И действительно, с точки зрения потребителя, каждый человек может утверждать, что в общем ощущении при потреблении хлеба аромат корки имеет не менее важное значение, чем сладкий, кислый, соленый или горький его вкус, и что в общем суждении о хлебе учитывается также и консистенция его мякиша — привычная или с теми или иными отклонениями.

Из упомянутых факторов важнейшим для всех пищевых продуктов и проявляющимся на расстоянии является запах, который мы обозначаем как «аромат». Без восприятия аромата приятного впечатления от потребления пищевых продуктов вообще не создается [1].

Из всех ощущений, воспринимаемых нашими органами чувств при сенсорной оценке пищевых продуктов, самым сложным является восприятие с помощью обоняния запаха (аромата) продукта. Мы, очевидно, в состоянии установить и зафиксировать комплексное восприятие нашими органами обоняния аромата определенного пищевого продукта. В хлебе, например, уже в 1974 г. было найдено 211 соединений, могущих участвовать в образовании его аромата.

Комплексное ощущение аромата хлеба, полученное с помощью обоняния, мы сравниваем со знакомыми нам ароматами, упорядочиваем в сознании и можем даже на долгое время сохранять в нашей памяти.

Если бы мы захотели сохраняемые нами впечатления об аромате хлеба выразить численно, то прежде всего было бы необходимо установить концентрацию в хлебе упомянутых выше 211 ароматобразующих веществ. Но одного этого недостаточно. Полученные данные должны были бы быть каким-то неизвестным нам способом интегрированы, поскольку ощущение аромата мы воспринимаем как единое комплексное о нем впечатление.

Мы должны признать удивительную способность наших органов чувств: ведь только в одном пищевом продукте, таком, как хлеб, мы можем различать множество оттенков. Мы ощущаем существенные различия в аромате корки и мякиша ржаного и пшеничного или свежевыпеченного и подвергшегося хранению хлеба. В гренках и тостах, хрустящих хлебцах и хлебе типа «пумперникель» мы также ощущаем совершенно различный аромат.

При этом следует отметить, что способность человека к запоминанию запахов развита гораздо слабее, чем к запоминанию цветов и звуков [2]. Визуальные впечатления быстрее проникают в наше сознание (пример — наша быстрая реакция на уличное движение). Этим можно объяснить то, что мы, встречаясь с трудно определяемыми запахами,

стараемся использовать «внешние факторы». Если мы, например, стремимся обнаружить не характерный для хлеба аромат, то мы прежде всего стараемся найти оптический индекс, т. е. изменение внешнего вида корки или мякиша.

Одна из причин указанного явления кроется в том, что органы слуха и зрения в отличие от органов обоняния мы непрерывно тренируем, пользуясь ими в повседневной жизни. Следовательно, путем тренировки можно повысить и способность воспринимать и запоминать запах, чтобы позднее восстановить его и определить. Таким образом, систематическая тренировка является важной предпосылкой для всех видов сенсорных оценок [3].

Восприятие вкуса на первый взгляд кажется нам ме-

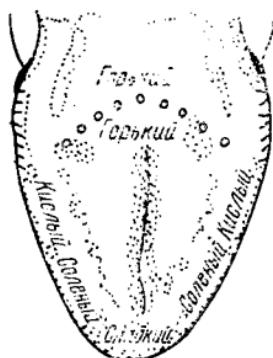


Рис. 1. Участки языка, воспринимающие основные вкусовые ощущения (по Moncrieff [6]).

нее комплексным. Давно известно, что собственно вкусовые ощущения воспринимаются исключительно во рту [4]. Мы различаем четыре основных вкусовых ощущения: сладкий, кислый, соленый, горький. Каждый из них воспринимается вкусовыми рецепторами, расположенными в различных частях языка (рис. 1). Совсем недавно было доказано, что во рту происходит восприятие также «щелочного» [5] и «металлического» вкуса [6]. Здесь, вероятнее всего, речь идет о чисто химических раздражениях. Подобным образом углекислый газ возбуждает определенные вкусовые рецепторы и способствует болееному вкусовому ощущению (действие сельтерской и свежей воды по сравнению с отстоявшейся [7]).

Каким бы простым нам ни казалось восприятие вкуса, необходимо учитывать, что незначительные количества типов вкуса не только могут вступить между собой во взаимодействие, но могут и дать много комбинаций. Если к этому добавить, например, 100 идентифицированных ароматобразующих веществ в разных концентрациях, то возможность получения бесконечного многообразия различных вкусовых ощущений еще больше увеличится.

И в этом, без сомнения, кроется сила наших органов чувств, которую трудно представить и которую поэтому не без основания называют «тайном вкуса» [8]. Несмотря на достижения аналитической техники, возможности самых современных газовых хроматографов далеки от способности наших органов чувств, которые мгновенно определяют и регистрируют микроколичества многих веществ, объединяя их в комплекс ощущений. Нетренированный человек может с помощью органов обоняния различать 2000 различных запахов (ароматов), квалифицированный обученный дегустатор — около 10 тыс. [9].

В какой мере вкусовые ощущения могут изменить одновременное ощущение запаха, можно проиллюстрировать некоторыми примерами. При потреблении диабетических мучнисто-кондитерских изделий и фруктовых консервов без добавления сахара создается впечатление менее выраженного аромата, хотя в них сохранены основные носители аромата в обычном их количестве. Такое же впечатление производит несоленый и слишком кислый хлеб.

Общие впечатления, которые мы ощущаем при потреблении пищевых продуктов, определяются, далее, конси-

стенцией и структурой продукта и обусловливаются установленными привычками. Характерным примером может служить зачерствевший пшеничный хлеб, от которого мы обычно отказываемся, хотя содержание ароматобразующих веществ в этом хлебе по сравнению со свежим может измениться незначительно (см. 3.6). Отрицательное впечатление в этом случае производит, скорее, необычная консистенция.

Подобным образом мы реагируем и на необычно влажные хрустящие хлебцы или вафли, хотя содержание ароматных и вкусовых веществ в них почти такое же, как в сухих продуктах. И опять-таки общее впечатление от продукта оказывается отрицательным лишь в результате его мягкой, а не хрупкой консистенции. Другими примерами могли бы послужить слишком мягкое или твердое масло и размягченные огурцы. Во всех этих случаях мы имеем дело с отклонением от привычных физических свойств продукта, а не с изменением содержания в нем вкусовых и ароматобразующих веществ. Очевидно, мы включаем и эти свойства продукта в общее впечатление и сенсорную оценку при его потреблении.

Полноты ради здесь следовало бы упомянуть и другие ощущения, которые играют роль во вкусовой оценке некоторых продуктов. Температура продукта, например, является причиной того, что красное вино раскрывает свой оптимальный аромат в подогретом состоянии лучше, чем белое. Остывший кофе, теплое пиво кажутся менее ароматными, что, конечно, связано не только с меньшим или большим улетучиванием ароматобразующих веществ, а скорее является результатом силы привычки. Для того чтобы ощущался аромат, присущий данному напитку, последний должен иметь соответствующую температуру. Между температурным и вкусовым восприятием существует тесная взаимосвязь. Так, острота ощущения сладкого находится в прямо, а горького — в обратно пропорциональной зависимости от температуры [10].

Наконец, в общем впечатлении, получаемом при потреблении и вкусовой оценке некоторых пищевых продуктов, существует также и ощущение хруста. Надкусывая огурец или яблоко, мы должны ощущать типичный хруст, в противном случае этот продукт рассматривается как некачественный. Это относится также к земляным орехам, которые при измельчении во рту должны вызывать

определенный хруст. Вафли, сухари, тосты и хрустящие хлебцы в свежем и поэтому особенно хрустящем и ломким состоянии при дегустации оцениваются как особенно вкусные.

В целом восприятие вкуса можно рассматривать комплексно, а упомянутые отдельные восприятия можно легко сгруппировать. Основой такой группировки будет восприятие запаха, т. е. аромата. Без аромата любой пищевой продукт будет ощущаться безвкусным, лишенным характерных свойств. Все остальные восприятия органов чувств могут внести только какие-нибудь дополнительные оттенки в основное ощущение аромата или оказать отрицательное воздействие (ослабить ощущение аромата). Тем более необходимо концентрировать исследования проблемы аромата на ароматобразующих веществах, которые воспринимаются по запаху. Подобные исследования проводятся уже около 20 лет.

1.2. СЕНСОРНОЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРОМАТА

Оценка запаха и вкуса в общем проводится путем «сенсорного анализа». Это название заменило понятие «органолептическое испытание» и одновременно дало более научную основу дегустации. Под аналитическим определением следует понимать анализ, проводимый с применением физических и химических средств.

До сих пор почти исключительное применение сенсорного метода для оценки вкусовых качеств пищевых продуктов, в том числе и хлеба, объясняется превосходством наших органов чувств над аналитическим методом. Это превосходство выражается и в чувствительности, и в специфичности. Так как комплексным химическим раздражителям, которые могут вызвать определенное ощущение аромата, пока еще нельзя дать численное выражение, сенсорный анализ остается единственным методом, отвечающим требованиям контроля и оценки качества.

То, что более старые эмпирически созданные сенсорные методы анализа аромата не отвечают специальным требованиям такого метода (абсолютно единый способ определения, гарантированное исключение влияния исказяющих факторов, статистическая оценка результа-

тов), затормозило применение сенсорного анализа и способствовало закреплению несправедливого мнения о нем, как о ненаучном методе. Но с этим нельзя согласиться, так как подтвердить правильность и пригодность объективных аналитических методов определения аромата можно лишь путем сенсорной оценки. Поэтому сенсорный анализ аромата является перспективным и дальнейшее его развитие должно быть направлено на то, чтобы статистическими и современными методами обеспечить его более прочный научный фундамент.

Бессспорно ошибочным является также представление о том, что наступит день, когда сенсорная оценка ароматических свойств пищевых продуктов полностью сможет быть заменена аналитическим их определением. Практически полезными аналитические данные исследования аромата обычно становятся лишь в том случае, когда они дополняются и подтверждаются сенсорной оценкой. Примеры, подтверждающие это, можно найти в разделах 3.3.2, 3.4.2, 3.5 и 5.2. В этих примерах сенсорные и аналитические данные совпадают или дополняют друг друга, что подтверждает делаемые выводы.

И в перспективном развитии исследований в области аромата ни один из этих двух методов (сенсорный и аналитический) не должен быть единственным. Наоборот, следовало бы постоянно стремиться к тому, чтобы сенсорные и аналитические данные взаимно переплетались и дополняли друг друга.

1.3. ВКУС И АРОМАТ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

«Качество» пищевого продукта является комплексным понятием. Оно не может быть единым для всех пищевых продуктов [11—16] и определяется с точки зрения потребителя, перерабатывающей промышленности, науки о питании [17]. В перерабатывающей промышленности хорошее качество определяется прежде всего качеством сырья, которое должно отвечать требованиям технологического процесса. Для науки о питании при определении качества продукта первостепенное значение имеют его биологическая, питательная ценность и диетические свойства. Для потребителя критерием качества пищевого продукта являются вкусовые достоинства.

Попытка схематически показать зависимость качества пищевого продукта от отдельных его свойств и различных факторов, которые могут на него влиять, представле-



Рис. 2. Параметры, влияющие на общее качество пищевых продуктов.

на на рис. 2. Пять приведенных на этой схеме групп факторов влияют, однако, на качество пищевых продуктов в весьма различной степени. Факторы, обусловленные наукой о питании, и факторы гигиенические играют роль в определении качества только для ограниченного числа пищевых продуктов. Так, например, постоянное и неменяющееся содержание белка, жира и минеральных веществ в определенном продукте является признаком его пищевой ценности, но еще не критерием качества. Это распространяется также на установленные законом и

поэтому обязательно подразумевающиеся гигиенические требования. Только в исключительных случаях колебания в содержании витаминов и калорий, различия в белковой ценности или загрязнения выше допустимых пределов могут для отдельных пищевых продуктов стать фактором, принимаемым во внимание при определении качества.

Следовательно, качество пищевого продукта определяется в первую очередь остальными тремя комплексами, приведенными на рис. 2: вкусом и ароматом, а также определенными физическими и химическими свойствами. Удельный вес того или иного фактора в общем определении качества зависит, естественно, от своеобразия пищевого продукта, но доминирующими в любом случае будут вкус и аромат. Преобладающее значение этого показателя качества при принятой системе оценки подтверждено.

Таблица 1

Доля баллов за вкус и аромат в общем количестве баллов за качество продукта (по стандартам ГДР равном 20 баллам)

Продукты	Возможное количество баллов за запах и вкус	Доля баллов за запах и вкус, % общего количества баллов за качество продукта
Молоко	3+10	65
Цельное сухое молоко	3+8	55
Масло сливочное	3+10	65
Сыр	3+8	55
Колбаса	4+10	70
Рыба консервированная и копченая	4+10	70
Хлеб	3+9	60
Булочки и пшеничные мелкоштучные изделия	3+6	45
Мучные кондитерские изделия	3+8	55
Сухари и сухое печенье	3+6	45
Печенье	3+7	50
Коврижка	3+5	40

ждается долей баллов, могущих быть начисленными за него, в общем количестве баллов, начисляемых за качество хлеба.

В табл. 1 для ряда пищевых продуктов приведены данные о доле баллов за запах и вкус, а также общая сумма баллов, отражающая все показатели качества данного продукта (данные взяты из действующих в ГДР стандартов [18]). Как видно, 40—70% всего количества баллов отводится запаху и вкусу. В новых стандартах на долю вкуса и запаха в среднем приходится 70% баллов, начисляемых за качество пищевых продуктов. Ведущую роль этого фактора для хлеба в общей оценке признали сравнительно поздно (см. табл. 2, составленную на осно-

Таблица 2

Сравнение схем балловой оценки хлеба по основным показателям качества

Показатели	Нейман, 1930 (Германия)	Нейман, 1935 (Германия)	Пельшенке, Шульц, 1956 (ФРГ)	Томас, Фукс, 1956 (ГДР)	Баумайер, 1969 (ГДР)	Бетке, Клин, 1970 (ГДР)
Общее количество баллов	38	30	30	30	20	20
Количество баллов за						
свойства корки	10	6	3	3	2	3
свойства мякиша	11	12	12	9	3	3
вкус *	5	9	10	12	12	11
Доля в общем количестве баллов, %						
свойства мякиша	29	40	40	30	15	15
вкус *	13	30	33	40	60	55

* Запах+вкус+кислотность+разжевываемость.

ве схем балловой оценки хлеба, применявшихся в 1930—1970 гг. [18—25].

С 1 января 1974 г. в ГДР (см. табл. 3) узаконен новый способ оценки хлеба, согласно которому большее

Таблица 3

Оценка и весомость отдельных свойств хлеба как показателей его качества при сенсорной оценке, проводимой в соответствии со стандартом ГДР ASMW—VW 745, действующим с 1 января 1974 г. [25а, 25б]

Нумерация по ASMW-VW745	Свойства хлеба	Максимальное количество баллов	Коэффициент весомости	Количество баллов с учетом весомости
4.2.1	Определяемые визуально Внешний вид Достаточная степень и равномерность образования корки Структура и разрыхленность мякиша	5 5 5	0,2 0,6 0,7	1,0 3,0 3,5
4.2.2	Определяемые с помощью обоняния Полноценность и степень интенсивности аромата, наличие и степень выраженности неприятных запахов	5	0,4	2,0
4.2.3	Определяемые при дегустации Ощущения при разжевывании Ощущения вкуса (соленость, сладость, кислотность, горькость, пресность и др.) и аромата (полнота, чистота и степень интенсивности аромата, отсутствие или наличие неприятных оттенков запаха)	5 5	0,5 1,6	2,5 8,0
	Общее возможное количество баллов с учетом весомости свойств	—	—	20,0

значение, чем до этого, придается ощущениям при обонянии и дегустации. И в других странах при сенсорном определении качества хлеба вкус и аромат всегда занимают первое место [26]. Следует отметить, что в принятых до настоящего времени схемах оценки качества хлеба определение специфики вкуса проводится исключительно сенсорным путем. Большое количество баллов, показывающее признание значения аромата при оценке вкуса и аромата хлеба одновременно, приводит и к повышению значения возможных погрешностей как в определении этих показателей, так и в общем результате балльной оценки качества хлеба.

1.4. АРОМАТОБРАЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ОБНАРУЖЕННЫЕ В РАЗЛИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Количество ароматобразующих веществ, найденных в пищевых продуктах, за последние годы настолько увеличилось, что сводка таблиц по ним, как это было сделано в 1963 г. Weurgap и сотр. [27, 27a], в настоящее время составила бы целую книгу. Обнаружение и идентификация ароматобразующих веществ в пищевых продуктах является непрерывным процессом, конец которого трудно предвидеть. Главной причиной этого можно считать постоянно растущую чувствительность современных методов анализа и приборов, а также частично то, что исследованию ароматобразующих веществ в различных пищевых продуктах придается разное практическое значение. Само собой разумеется, что при финансировании исследовательских работ в области ароматобразующих веществ большое значение имеют экономические соображения. С этой точки зрения исследования ароматобразующих веществ в дорогостоящих вкусовых продуктах и тем более приобретаемых за валюту, как, например, кофе, какао, лучше финансируются по сравнению с исследованием ароматобразующих веществ в таком «дешевом» продукте, как хлеб, изготовленном из отечественного сырья.

В табл. 4 приведены для примера некоторые пищевые продукты, в которых уже идентифицировано большое количество ароматобразующих веществ. При этом нельзя претендовать на полноту приведенных сведений, поскольку количество открываемых компонентов непрерывно

Таблица 4

Количество ароматобразующих веществ,
идентифицированных в некоторых пищевых продуктах,
и их принадлежность к классам соединений [28—41]

Продукты	Общее коли- чество	Углеводо- роды		Карбонильные соединения	Спирты и фе- нолы	Кислоты и лактоны	Эфиры	Серусодержа- щие соеди- нения	Другие соеди- нения
		нормаль- ные	гетероци- клические						
Земляника	256	31	5	47	40	36	94	3	—
Цитрусовые	157	49	—	31	35	10	29	—	3
Помидоры	113	12	3	51	26	10	6	4	1
Земляные орехи, обжа- ренные	187	29	69	40	19	3	8	8	11
Кофе	370	40	16	136	56	21	33	21	47
Какао про- дукты	201	21	29	37	23	28	35	9	19
Коньяк	128	—	—	12	27	13	76	—	—
Пиво	183	6	2	20	44	30	61	9	1
Хлеб	174	2	19	70	23	32	17	9	2
Мясо птицы	189	35	12	54	23	7	3	20	35

возрастает*. Такая же неполная картина наблюдается и при разделении ароматобразующих веществ на отдельные классы.

* В подтверждение сожлемся на сводку голландских исследователей S. van Straten и F. de Vrijer, упомянутых в перечне литературы [27a], опубликованную уже в 1975 г. Согласно этой сводке, общее количество идентифицированных ароматобразующих соединений по сравнению с данными, приведенными в табл. 4, еще возросло: для цитрусовых со 157 до 322; помидоров со 113 до 193; земляных орехов со 187 до 317; пива со 183 до 217; кофе с 370 до 483; какао с 201 до 317; вина до 354; виски до 249; чая до 315; хлеба со 174 до 211. — Прим. ред.

До тех пор, пока не появится возможность оценить отдельные ароматобразующие вещества по их количеству и вкусовой эффективности в данном продукте, нельзя установить практическое значение каждого из этих веществ для образования аромата продукта. Так, например, можно лишь предположить, что серусодержащие соединения, найденные в большом количестве в кофе, имеют большое значение для данного вкусового продукта или, что гетероциклические углеводороды (пиразин, пиррол и производные фурана), обнаруженные главным образом в кофе, какао, хлебе и обжаренных орехах, играют решающую роль в формировании аромата этих продуктов.

При практическом решении проблемы аромата главным недостатком являлось проведение до настоящего времени в основном лишь идентификации обнаруженных ароматобразующих веществ, т. е. установление лишь их качественного состава. При этом совершенно неясным оставался вопрос, смогут ли найденные вещества при своей исключительно малой концентрации вообще участвовать в образовании аромата пищевого продукта или они являются лишь физиологически неощущимы сопутствующими веществами.

В связи с этим следует отметить и тот факт, что очень многие простые по строению ароматобразующие вещества обнаружены практически во всех пищевых продуктах. Сюда, например, относятся простые спирты (от C_2 до C_6), ацетальдегид, гексаналь, ацетон, этилацетаты и уксусная кислота. Во всех пищевых продуктах, в которых с применением современных методов и при больших исследовательских затратах искали ароматобразующие вещества, можно было констатировать одновременное присутствие и всего ряда четных насыщенных жирных кислот от C_2 до C_{18} . В хлебе также были найдены все названные соединения.

При этих обстоятельствах представляется, по крайней мере, сомнительным, что все многочисленные компоненты, которые до сих пор идентифицировались как ароматобразующие вещества (их число безусловно расширяется), фактически создают аромат в отдельных пищевых продуктах. Вероятно, в один прекрасный день число ароматобразующих компонентов намного уменьшится, если мы хотя бы приблизимся к распознаванию «ключевых» веществ аромата отдельных пищевых продуктов.

1.5. АРОМАТОБРАЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА ХЛЕБА

Если попытаться кратко резюмировать историю развития выделения и идентификации ароматобразующих веществ хлеба, следует начинать с Backe [42], который в 1910 г. обнаружил мальтол и изомальтол в пшеничном хлебе и считал их важными носителями аромата. В 1935 г. Visser't Hooft и de Leeuw [43] на основании своих исследований высказали предположение, что диацетил и ацетоин, как его предшественник, являются отгетственными в образовании аромата пшеничного хлеба. Эта гипотеза уже через год была опровергнута Maiden [44]. Фурфурол и оксиметилфурфурол были впервые выделены и идентифицированы из хлеба в 1940 г. Kott и Lehmann [45].

Наряду с этим к началу 50-х годов в качестве ароматобразующих веществ хлеба были известны только главные продукты процесса брожения: этанол, уксусная и молочная кислоты.

Началом современного изучения ароматобразующих веществ хлеба являются исследования Baker, Parker и Fortmann, результаты которых были опубликованы в 1953 г. [46]. Они выделили из печных паров (паров атмосферы пекарной камеры или паров упека) наряду с уже известными соединениями высшие спирты, ацетальдегид, изобутаналь и изопентаналь. В 1957—1958 гг. из Детмольда поступили сведения о вновь открытых ароматобразующих веществах хлеба, таких, как формальдегид, муравьиная кислота и метилмеркаптан [47, 48]. В это же время Johnson [49, 50], Wiseblatt [51, 52] и Croes [53] идентифицировали наряду с некоторыми простыми кислотами и ряд этиловых эфиров. В результате наших исследований в 1960 г. были идентифицированы 2-метилбутаналь, 3-метилбутаналь, фенилацетальдегид и метиональ [54].

1960—1961 гг. характеризуются особой активностью американских исследователей в области идентификации ароматобразующих веществ хлеба. С помощью колоночной бумажной [55, 56] и впервые примененной газовой хроматографии было найдено много карбонильных соединений и кислот в хлебе и сбраживаемых полуфабрикатах [57—59].

Таблица 5

Ароматобразующие вещества, идентифицированные в тесте,
хлебе и парах упека

Соединения	Год идентификации	Литературный источник
Углеводороды и эфиры		
Толуол	1970	[37]
Лимонен	1970	[37]
1,1-Диэтилоксисэтан (ацетальуксусного альдегида)	1970	[37]
Этилфурфуриловый эфир	1970	[37]
Гетероциклические углеводороды		
Фуран	1970	[37]
2-метилфуран	1970	[37]
Пентилфуран	1969	[36]
Пиррол	1969	[36]
Пирролидин	1974	[60a]
1-Метилпиррол	1970	[37]
1-Фурфуролпиррол	1970	[37]
Индол	1969	[36]
Пиридин	1974	[60a]
Пиперидин	1974	[60a]
2-Метилпиридин	1974	[60a]
3-Метилпиридин	1974	[60a]
4-Этилпиридин	1974	[60a]
2,3-Диметилпиридин	1974	[60a]
2,4-Диметилпиридин	1974	[60a]
2,6-Диметилпиридин	1974	[60a]
Пиразин	1969	[36]
2-Метилпиразин	1969	[36]
2,3-Диметилпиразин	1969	[36]
2,5-Диметилпиразин	1969	[36]
2-Этилпиразин	1969	[36]
Триметилпиразин	1969	[36]
2-Этил-3-метилпиразин	1969	[36]
2-Этил-6-метилпиразин	1969	[36]
Пропилпиразин	1969	[36]
3-Этил-2,5-диметилпиразин	1969	[36]
Винилпиразин	1969	[36]
2-Винил-6-метилпиразин	1969	[36]
Спирты		
Этанол	—	—
Пропанол	1960	[57]
Бутанол	1970	[37]

Соединения	Год идентификации	Литературный источник
Изобутанол	1960	[57]
2-Метилбутанол	1960	[57]
3-Метилбутанол	1969	[36]
н-Амиловый спирт	1964	[61]
Пентанол	1969	[36]
2-Пентанол	1970	[37]
3-Пентанол	1970	[37]
Гексанол	1969	[36]
Октанол	1969	[36]
Бензиловый спирт	1969	[36]
2-Фенилэтанол	1960	[57]
Фурфуриловый спирт	1970	[37]
1-Пентен-3-ол	1969	[36]
2,3-Бутандиол	1960	[57]
Фенолы		
Фенол	1969	[36]
Крезол	1969	[36]
Этилфенол	1969	[36]
2-Метоксифенол		
4-Винил-2-метоксифеиол	1969	[36]
Эвгенол	1969	[36]
Альдегиды		
Формальдегид	1957	[47]
Ацетальдегид	1953	[46]
Пропаналь	1960	[56]
Бутаналь	1961	[59]
Изобутаналь	1953	[46]
Пентаналь	1960	[56]
2-Метилбутаналь	1960	[54]
3-Метилбутаналь	1960	[54]
Гексаналь	1960	[56]
3-Метилпентаналь	1972	[60]
Гептаналь	1969	[36]
Октаналь	1970	[37]
2-Этилгексаналь	1960	[55]
Нонаналь	1970	[37]
Деканаль	1972	[60]
2-Пропеналь	1963	[62]
2-Бутеналь	1960	[55]
2-Пентеналь	1972	[60]
2-Гексеналь	1974	[69а]
2-Гептеналь	1972	[60]
2-Октеналь	1969	[36]
2-Ноненаль	1970	[37]

Соединения	Год идентификации	Литературный источник
2-Деценаль	1974	[60a]
2,4-Гексадиеналь	1974	[60a]
2,4-Гептадиеналь	1969	[36]
2,4-Октадиеналь	1972	[60]
2,4-Нонадиеналь	1974	[60a]
Транс, цис-2,4-декадиеналь	1969	[36]
Транс, транс-2,4-декадиеналь	1969	[36]
Бензальдегид	1961	[59]
Фенилацетальдегид	1960	[54]
4-Оксибензальдегид	1964	[62]
Коричный альдегид	1964	[63]
Ванилин	1964	[63]
Фурфурол (α -Фуриловый альдегид)	1940	[45]
3-Фуриловый альдегид	1972	[39]
5-Метилфурфурол	1970	[37]
5-Оксиметилфурфурол	1940	[45]
2,5-Фурандиальдегид	1966	[64]
2-формилпиррол (пиррол- β -альдегид)	1970	[37]
1-метил-2-формилпиррол (α -метилпиррол- β -альдегид)	1969	[36]
1-фурфурил-2-формилпиррол (α -фурфурил-пиррол- β -альдегид)	1969	[36]
Метилглюоксаль (2-оксипропаналь)	1953	[46]
Кетоны		
Ацетон	1960	[55]
2-Бутанон	1960	[56]
2-Пентанон	1964	[61]
3-Пентанон	1972	[60]
3-Метил-2-бутанон	1972	[60]
3-Пентен-2-он	1972	[39]
2-Гексанон	1960	[55]
4-Метил-2-пентанон	1972	[60]
2-Гептанон	1960	[55]
2-Октанон	1969	[36]
2-Нонанон	1972	[60]
2,6-Диметил-4-гептанон	1972	[60]
2-Деканон	1972	[60]
2-Undеканон	1974	[60a]
2-Гептадеканон	1969	[36]
6, 10, 14-Триметил-2-пентадеканон	1969	[36]
4-Метил-2-пентен-3-он	1970	[37]

П р и м е ч а н и е. Четыре последних альдегида в подлиннике приводятся как кетоны. (Ред.).

Соединения	Год идентификации	Литературный источник
2-Циклопентенон	1970	[37]
2-Метилтетрагидрофуранон	1970	[37]
2,5-Диметил-3-фuranон	1970	[37]
Мальтол (3-окси-2-метил-γ-пирон)	1910	[42]
Изомальтол (3-окси-2-ацетил-фуран)	1910	[42]
2-Ацетилфуран	1970	[37]
1-(2-Фурил)-2-пропанон	1970	[37]
2-Ацетилпиррол	1969	[36]
1-Метил-2-ацетилпиррол	1969	[36]
1, 4, 5, 6-Тетрагидроацетопиридин	1969	[65]
1-(2-Фурил)-1,2-пропандион	1973	[39]
Диацетил (2, 3-Бутандион)	1935	[43]
2, 3-Пентандион	1970	[37]
2-Метил-3-оксоланон	1969	[36]
Кислоты		
Муравьиная кислота	1958	[48]
Уксусная кислота	—	—
Пропионовая кислота	1958	[53]
Масляная кислота	1958	[53]
Изомасляная кислота (2-метил-пропионовая кислота)	1961	[53]
Валериановая кислота	1961	[53]
Изовалериановая кислота (3-метилмасляная кислота)	1960	[52]
Капроновая кислота	1961	[58]
Изокапроновая кислота	1961	[58]
Гептановая кислота	1961	[58]
Каприловая кислота	1961	[58]
Пеларгоновая кислота	1961	[58]
Каприновая кислота	1961	[58]
Лауриновая кислота	1961	[58]
Миристиновая кислота	1961	[58]
Пальмитиновая кислота	1961	[58]
Молочная кислота	1958	[50]
Пицриноградная кислота	1960	[55]
Гидрокоричная кислота	1957	[51]
Бензиловая кислота	1957	[51]
Итаконовая кислота	1957	[51]
Левулиновая кислота	1957	[51]
Бензойная кислота	1970	[37]
Лактоны		
γ-Бутиrolактон (лактон-4-окси-масляной кислоты)	1960	[57]

Соединения	Год идентификации	Литературный источник
γ-Валеролактон (лактон 4-окси-пентановой кислоты)	1969	[36]
γ-Капролактон (лактон 4-оксигексановой кислоты)	1969	[36]
γ-Ноналактон (лактон 4-оксинонановой кислоты)	1969	[36]
Лактон 4-окси-2-бутеновой кислоты	1973	[39]
Лактон 4-окси-3-пентеновой кислоты	1973	[39]
2-(5Н)-Фуранон	1970	[37]
5-Метил-2-(3Н)-фуранон	1970	[37]
Дигидроактинидиолид	1969	[36]
Серусодержание соединения		
Сероводород	1968	[66]
Метилмеркаптан	1957	[47]
Диметилсульфид	1970	[37]
Диметилдисульфид	1970	[37]
Метиональ	1960	[54]
2, 3, 4-Тритиопентан	1969	[36]
2-Формилтиофең	1969	[36]
2-Ацетилтиофең	1970	[37]
3-Ацетилтиофең	1973	[39]
Эфиры		
Этилформиат	1960	[57]
Этилацетат	1957	[49]
Этилкаринат	1969	[36]
Этиллаурат	1969	[36]
Этилмиристинат	1969	[36]
Этилпентадеканоат	1969	[36]
Этилпальмитат	1969	[36]
Этиллактат	1957	[49]
Этилпируват	1957	[51]
Этиллевулинат	1957	[51]
Этилсукцинат	1957	[51]
Этилгидроциннамат	1957	[51]
Этилитаконат	1957	[51]
1, 3-Пропандиол-моноацетат	1960	[57]
Гликольдацетат	1969	[36]
Фурфурилформиат	1969	[36]
Фурфурилацетат	1969	[36]

Соединения	Год идентификации	Литературный источник
Амины		
Метиламин	1974	[60а]
Этиламин	1974	[60а]
Пропиламин	1974	[60а]
Изопропиламин	1974	[60а]
Бутиламин	1974	[60а]
Изобутиламин	1974	[60а]
Амиламин	1974	[60а]
Изоамиламин	1974	[60а]
Гексиламин	1974	[60а]
Диметиламин	1974	[60а]
Диэтиламин	1974	[60а]
Дипропиламин	1974	[60а]
Динизопропиламин	1974	[60а]
Дибутиламин	1974	[60а]
Дизоамиламин	1974	[60а]
Изопропил- <i>n</i> -бутиламин	1974	[60а]
Пропилизобутиламин	1974	[60а]
Триметиламин	1974	[60а]
Триэтиламин	1974	[60а]
Трипропиламин	1974	[60а]
Тринизобутиламин	1974	[60а]
Диэтил- <i>n</i> -бутиламин	1974	[60а]

В свое время было известно около 60 ароматобразующих веществ хлеба. Однако в результате исследований, которые лишь за 1969—1974 гг. провели Sydow и Anjou [36], Mulders и Weurman [37—40], А. С. Зюзько, Н. Г. Еникеева, Р. В. Головня и И. Л. Журавлева [60, 60а], количество обнаруженных в хлебе и хлебных изделиях ароматобразующих веществ резко возросло. Эти исследования были проведены с применением современной газохроматографической техники и новых более современных методов выделения, разделения на классы, регенерации и программирования температуры. С учетом результатов этих исследований мы в табл. 5 приводим 211 ароматобразующих веществ, обнаруженных к 1974 г. в тесте, хлебе и парах упека при выпечке хлеба. Ароматобразующие соединения в этой таблице сгруппированы по соответствующим классам соединений.

Ароматобразующие вещества, обнаруженные в мучных кондитерских изделиях, например, некоторые амины,

найденные в печенье [67], в таблице не приведены. Все компоненты в таблице помещались один раз. Поэтому при наличии нескольких функциональных групп приходилось решать, к какому классу соединений отнести вещество. Так, например, все серусодержащие соединения объединены в одну группу, ацетилсодержащие отнесены к карбонильным соединениям, кетокислоты — к кислотам.

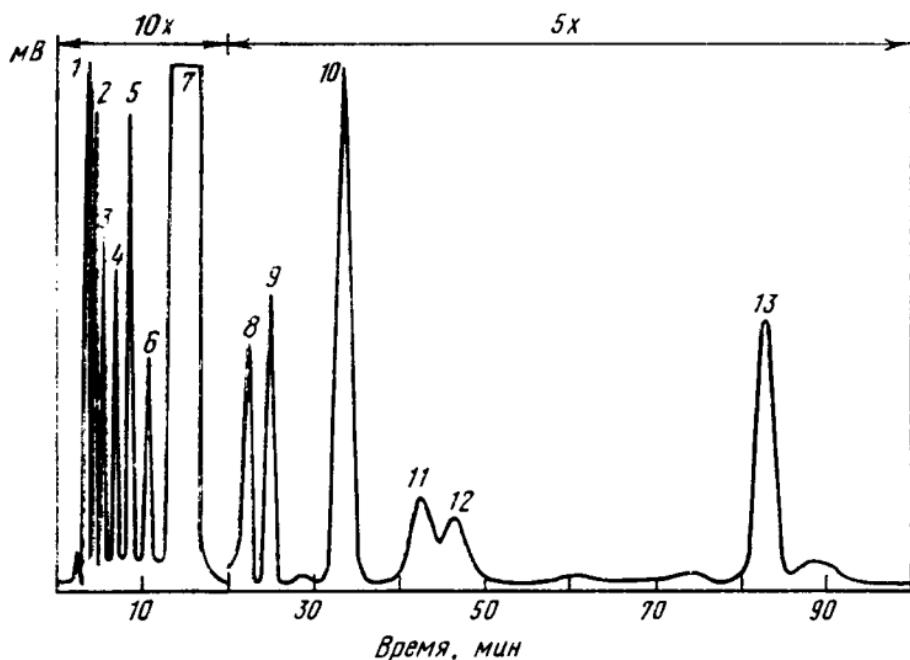
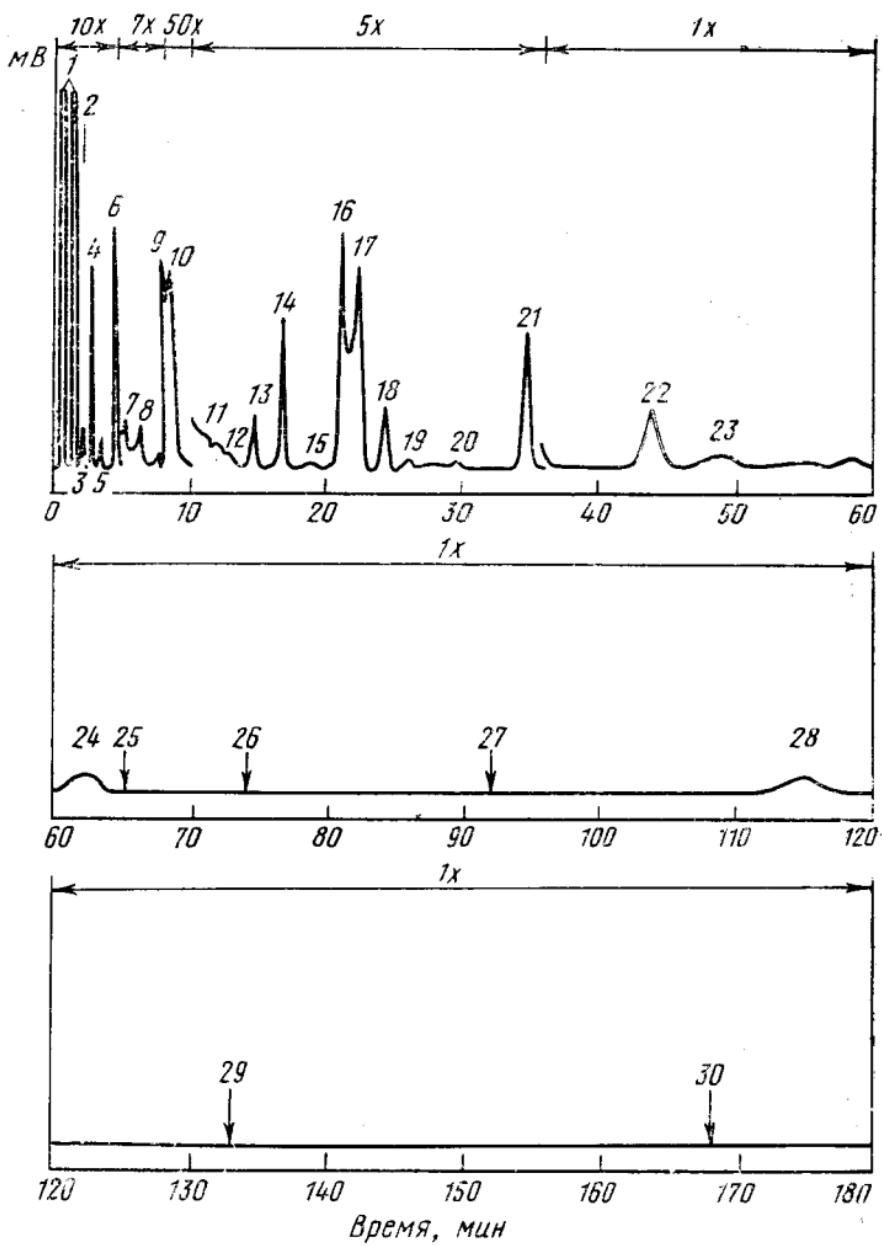


Рис. 3. Газовая хроматограмма ароматобразующих веществ, содержащихся в концентрированных образцах пара над пшеничным белым хлебом:

3 — ацетальдегид + диметилсульфид; 4 — фураи; 5 — этилформиат + 2-пропанон + 2-метилпропаналь; 6 — 2-метилфуран; 7 — этанол + этилацетат + 1,1-диэтилоксиэтан; 9 — 1-пропанол; 10 — 2-метил-1-пропанол + диметилдисульфид; 13 — 3-метил-1-бутанол [позиции 1, 2, 8, 11 и 12 автором не расшифрованы.—Прим. ред.].

Ссылки на литературу указывают только авторов, которые впервые идентифицировали соответствующее соединение. Причем точность идентификации очень различна, она часто лишь позднее подтверждалась другими авторами. Газохроматографические и спектрометрические методы, главным образом применяемые в настоящее время, почти не допускают ошибочных выводов в противоположность старым классическим методам.



Все до сих пор идентифицированные ароматобразующие вещества вошли в таблицу независимо от того, из какого сорта хлеба, ржаного или пшеничного, они выделены и были ли они обнаружены в готовом хлебе, тесте или парах упека. Это было сделано потому, что можно рассчитывать, что преобладающая часть ароматобразующих веществ, встречающихся в тесте или парах упека, мо-

Рис. 4. Газовая хроматограмма пентан-эфирных экстрактов пшеничного белого хлеба:

2 — метилбутаналь; 3 — 1-пропанол + 2-пентанон; 4 — 2-метил-1-пропанон + толуол; 5 — 3-пентанол + 2, 3-пентадион + 2-пентанол + гексаналь; 6 — 3-пентан-2-он + 1-метилпиррол + 2-метил-1-бутанол + + 3-метил-1-бутанол; 7 — 1-пентанол + лимонен + 2-гептанон; 8 — этилфурфурилэфир + 1-гексанол; 9—10 — 3-окси-2-бутанон + дигидро-2-метил-3(2Н)-фуранон + 2-метилпиразин + уксусная кислота; 11 — 2-этилпиразин + 2, 5-диметилпиразин; 12 — 2, 3-диметилпиразин + 2-циклогептени-1-он; 13 — 3-фурилальдегид + пиррол; 14 — фурфурол; 15 — фурфурилформиат; 16 — ацетонилацетат + 2, 3-бутандиол; 17 — 2-ацетилфуран; 18 — 2, 5-диметил-3(2Н)-фуранон + бензальдегид; 19 — фурфуроплацетат + 1 (2-фурил)-2-пропанон + 2-ионеналь; 20 — 5-метилфурфурол; 21 — фурфуриловый спирт; 22 — лактон 4-оксимасляной кислоты; 23 — лактон 4-окси-3-пентеновой кислоты; 24 — лактон 4-оксигексановой кислоты + лактон 4-окси-2 бутеновой кислоты; 25 — 3-ацетилтиофен + 2, 4-декадиеналь; 26 — 1(2-фурил)-1, 2-пропандион; 27 — бензиловый спирт + 1-фурфурилпиррол; 28 — 2-фенилэтанол; 29 — 2-ацетилпиррол; 30 — 2-формилпиррол [позиция 1 автором не расшифрована.—Прим. ред.].

жет быть найдена также в следовых количествах в хлебе. Фактически многие ароматобразующие вещества, которые прежде удавалось обнаружить только в сбраживаемых полуфабрикатах или парах упека, в самое последнее время с помощью высокочувствительных разделительных и современных спектрометрических способов идентификации удалось обнаружить и в хлебе. В качестве примера на рис. 3 и 4 приводятся хроматограммы, полученные Mulders и Weurman [37, 39]. Они дают представление о комплексности таких хроматограмм.

2. ХИМИЯ И БИОХИМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АРОМАТА ХЛЕБА

2.1. АРОМАТОБРАЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА КАК ПОБОЧНЫЕ И КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Зерно и мука, как основное сырье хлебопекарного производства, не вносят сколь-либо весомого вклада в спектр аромата конечного продукта — хлеба. Хотя в муке и обнаруживаются следы этанола и некоторых простых кислот, эфиров и карбонильных соединений, концентрация их слишком мала и не может повлиять на формирование аромата [68, 69].

Основные компоненты аромата хлеба образуются лишь в процессе его приготовления. В муке как сырье со-

держатся лишь предшественники ароматобразующих веществ. Процесс производства хлеба включает раздельные по времени и технике проведения стадии: приготовление теста и выпечку. В процессе тестоприготовления ароматобразующие вещества формируются преимущественно вследствие биохимических ферментативных реакций, в процессе выпечки — главным образом вследствие химико-термических реакций.

В настоящем разделе и в разделах 2.2 и 2.3 обобщенно излагаются современные представления об ароматообразовании на стадии тестоприготовления, в разделах 2.4—2.6 — представления о термических реакциях на стадии выпечки.

С точки зрения образования аромата фаза брожения теста характеризуется прежде всего тем, что здесь образуются предшественники ароматобразующих веществ, которые в последующем, при выпечке создают аромат. Наряду с этим в тесте образуются также непосредственно ароматобразующие вещества как продукты брожения. Хотя они в процессе выпечки частично улетучиваются, значительная часть их остается в конечном продукте и способствует формированию аромата.

При образовании ароматобразующих веществ в тестовой фазе ферменты муки играют ограниченную роль, поскольку они, расщепляя крахмал и белки на низкомолекулярные фракции, создают определенные предпосылки для жизнедеятельности и развития имеющихся в тесте микроорганизмов. Когда же говорят об ароматобразующих веществах, формирующихся в тестовой фазе, то подразумевают почти исключительно побочные продукты микробиологического обмена веществ.

Микроорганизмы теста должны выполнять в основном две задачи: обеспечивать необходимое разрыхление теста и создавать предпосылку для образования вкуса и аромата. Так как некоторые содержащиеся в муке микроорганизмы могут вызвать отрицательные оттенки аромата (спонтанное закисание), необходимо препятствовать их развитию в тесте путем достижения определенной величины pH теста или путем непосредственного добавления прессованных дрожжей, закваски или кислотообразующих бактерий. При этом количество необходимых микроорганизмов так быстро возрастает, что развитие других сначала угнетается, а затем и вовсе прекращается.

В табл. 6 дана краткая характеристика микроорганизмов, содержащихся в тесте, являющихся важнейшими для его разрыхления и образования аромата. На отдельных их свойствах, влияющих на образование аромата, необходимо будет остановиться ниже. В таблице приведены лишь основные виды бродильных микроорганизмов теста. Spicher, например, только из 6 заквасок, полученных на чистых культурах, и 30 ржаных обычных заквасок выделил 226 штаммов молочнокислых бактерий [70]. В обзорной работе, опубликованной в 1965 г., подробно рассматриваются более ранние исследования в этой специальной области, включая дифференциацию флоры закваски (ср. также [71]).

Таблица 6

Свойства важнейших микроорганизмов, содержащихся в хлебном тесте [70]

Показатели	Дрожжи	Молочнокислые бактерии	
		гомоферментативные	гетероферментативные
Преобладающие расы	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
Основные продукты обмена веществ	Этанол, CO_2	Молочная кислота	Молочная кислота Уксусная кислота CO_2
Образование газа, разрыхление	+	—	+
Предпосылки для образования аромата	(+)	—	+
Стойкость к NaCl	—	(+)	—
Оптимальная температура, $^{\circ}\text{C}$	Около 25	25—35 40—55	30—35

Дрожжи и молочнокислые бактерии наряду с основными продуктами обмена — углекислым газом, этианолом и молочной кислотой — образуют еще уксусную кислоту. Прежнюю точку зрения, что летучие компоненты, образовавшиеся в тесте, улетучиваются в процессе выпечки вместе с парами, можно считать опровергнутой: содержание этианола в мякише ржаного хлеба массой 1,5 кг снижается только на 30—50% ([72], см. также табл. 19). Хотя температура внутри хлеба в течение длительного времени превышает точку кипения этих соединений на 20° , образующаяся корка здесь является как бы преградой.

образованием глицерина. Таким образом всегда во время брожения образуется в незначительном количестве глицерин. Через связь ацетальдегида с сульфитом можно спровоцировать даже «глицериновое брожение», которое может быть использовано для получения технического глицерина [76].

Для формирования полноценного аромата образование глицерина не имеет большого значения. Глицерин действует только своим сладким вкусом как чисто вкусовое вещество и обладает меньшей сладостью, чем сахароза, только на три порядка [77]. Даже при условиях образования большего количества глицерина его влияние на вкус хлеба не имело бы значения.

Основным источником органических соединений, используемых в различных видах брожения до образования пировиноградной кислоты, являются сахара-гексозы (см. рис. 5). Наряду с этим при недостатке альдолазы или триозофосфатизомеразы определенные микроорганизмы используют так называемый обходный — пентозофос-

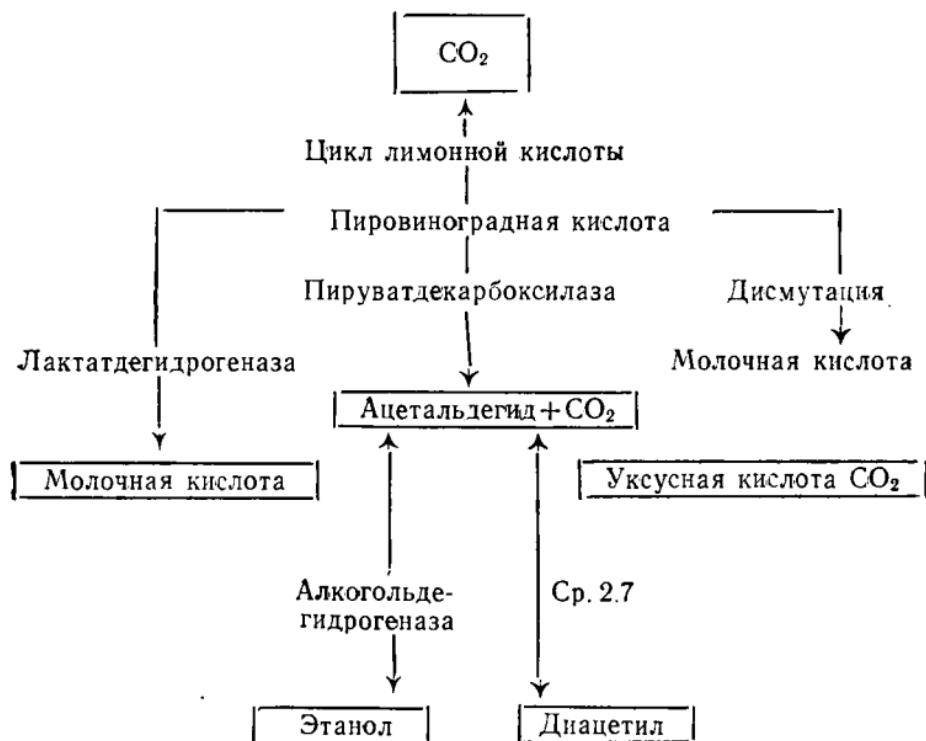


Рис. 6. Пути микробиологического образования вкусо- и ароматобразующих веществ из пировиноградной кислоты.

фатный — путь, на котором, однако, не образуются вку-
совые промежуточные продукты, а получается пировино-
градная кислота, что приводит к диссимиляции, схема-
тически изображенной на рис. 6. Основным аэробным
путем превращения углеводов является цикл лимонной
кислоты (цикл Кребса), дающий намного больше энер-
гии, чем анаэробный, который приводит к образованию
этанола, молочной и уксусной кислоты, и поэтому пер-
вому отдается предпочтение.

Рост дрожжей происходит только в аэробных услови-
ях. В анаэробной среде дрожжи образуют спирт и CO_2 .
Молочнокислые бактерии, содержащиеся в тесте или за-
кваске, образуют либо исключительно молочную кисло-
ту, либо одновременно молочную, уксусную кислоту и
 CO_2 . Последние превращения рассматриваются пока ги-
потетически и, в частности, как неферментативная дисму-
тация [78—80].

Повышение кислотности в результате жизнедеятель-
ности кислотообразующих бактерий оказывается на
активности дрожжей. Увеличение количества молочной
кислоты на 1% от массы теста значительно уменьшает
бродильную активность обычных пекарских дрожжей.
Поэтому высокая кислотность ржано-пшеничного теста,
готовящегося с добавлением прессованных дрожжей, при-
водит к снижению их бродильной активности. Дрожжи,
предварительно выращенные на закваске, напротив, луч-
ше приспособливаются к среде. При трехчасовом броже-
нии они образовали значительно большее количество
 CO_2 , чем добавленные непосредственно в тесто прессо-
ванные дрожжи [71]. Влияние среды на активность дрож-
жей наглядно видно по изменению размера дрожжевых
клеток, которые уменьшаются с увеличением кислотнос-
ти закваски [71, 81].

Одновременно наличие дрожжей в среде стимулирует
определенные группы молочнокислых бактерий закваски
[70]. Это можно было бы объяснить использованием про-
межуточных продуктов обмена веществ дрожжей.

Какой из путей обмена веществ будет использован от-
дельными бродильными микроорганизмами, зависит как
от их ферментных систем, так и от условий среды
(рис. 6). На основании наших работ мы пришли к выво-
ду, что дрожжи располагают очень незначительной лак-
татдегидрогеназной активностью, в то время как этот

фермент имеется в достаточном количестве в заквасках при наличии молочнокислых бактерий. Следовательно, образование молочной кислоты при чисто дрожжевом брожении не имеет значения, хотя и не равно нулю. В то же время в присутствии молочнокислых бактерий молочная кислота как продукт их жизнедеятельности накапливается быстро.

На степень дрожжевого и кислотного брожения в тесте оказывает большое влияние то, что оптимальная температура развития пекарских дрожжей значительно ниже по сравнению с температурой, оптимальной для кислотообразующих бактерий. Для размножения пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) оптимальная температура составляет 26, а у большинства кислотообразующих бактерий — 30—40°C [71, 82, 83]. Соответственно температуре теста меняется соотношение дрожжей и бактерий. Schulz и Stephan [84] в опытах по непрерывному ведению закваски нашли следующие соотношения:

Температура, °С	Соотношение дрожжи: бактерии
25	1:6
30	1:14
35	1:100

Значительная разница в температурном оптимуме наблюдается и между отдельными группами бактерий закваски. Некоторые представители молочнокислых бактерий, например гетероферментативные бактерии *Lactobacillus fermenti* [70], образуют кислоты даже при температуре выше 50°C. Если учесть качественный состав микрофлоры, оказывается, что культуры, образующие только молочную кислоту (гомоферментативные бактерии, см. табл. 6), менее чувствительны к продолжительному воздействию повышенных температур, чем культуры, одновременно образующие молочную и уксусную кислоты (гетероферментативные бактерии). Во всяком случае повышенные температуры теста более благоприятны для гомоферментативных молочнокислых бактерий (см. также [71]). Поэтому в результате повышения температуры закваски уменьшается доля летучих кислот (см. 3.3.3).

Вкус хлеба может стать благодаря этому более нежным и даже оказаться более пресным [84]. Добавление поваренной соли также по-разному влияет на микрофло-

ру закваски. Гетероферментативные бактерии менее устойчивы к действию соли. Добавление большого количества соли приводит поэтому к уменьшению образования уксусной кислоты и, следовательно, «смягчению» кислого вкуса [71].

Непосредственное взаимодействие между дрожжами и кислотообразующими бактериями ограничено. Только очень большие добавки дрожжей в результате сокращения длительности брожения снижают образование аромата [85].

Определенное воздействие на кислотообразование оказывает сокращенное брожение [86]. При чрезмерно повышенных температурах наблюдалось ухудшение состояния дрожжевых клеток в результате интенсивного воздействия на них молочнокислых бактерий [87].

Соотношение молочной и уксусной кислот хлеба, образующихся в результате жизнедеятельности микрофлоры, может значительно колебаться в зависимости от условий среды в тесте. Показателем этого является так называемый коэффициент брожения по Röhrlich [73], составляющий, по данным табл. 7, для хлеба, приготовленного на закваске, примерно 3,5 : 1. Так как обе кислоты по-разному действуют на вкусовые ощущения, то в случаях, когда их соотношение меняется, необходимо проводить прямое определение вкусовых ощущений. Коэффициент брожения является в то же время примерным или «грубым» показателем преобладания смешанной культуры кислотообразующих бактерий, которые только и могут одновременно обеспечить достаточное кислотонакопление и хороший аромат (см. 3.3.3).

Изменение коэффициентов брожения, означающее сдвиг в соотношении кислот, может быть достигнуто определенными добавками. Добавление в тесто карбоната Са (1% к массе муки) или ионов Ca^{++} существенно повышает образование молочной кислоты. Образование молочной кислоты более чувствительно к флюориду Na , как ферментному «яду» (0,002 моля/л), чем вызывается снижение величины коэффициента брожения [73].

Чем выше доля уксусной кислоты в общем содержании кислот, тем резче ощущается кислый вкус. Если доля уксусной кислоты выше 30% общего содержания кислот, то даже при нормальной общей кислотности возникает сильное ощущение кислого вкуса [71]. Однако

отрицательная реакция потребителя на чрезмерно кислый вкус хлеба может быть обусловлена факторами, которые лишь косвенно влияют на соотношение обеих бродильных кислот [88]. Это обусловлено тем, что легколетучая уксусная кислота кроме непосредственного вкусового ощущения в полости рта вызывает дополнительный эффект в носовой области, резко воспринимаемый обонянием.

Далее можно указать, что вкусовые ощущения кислотности хлеба часто связаны и с отклонениями в его консистенции, поэтому близко к истине предположение, что ощущение кислого вкуса хлеба обусловлено не только содержанием кислот, но в значительной степени зависит и от прочности связи кислот с мякишем хлеба как их носителем [89].

Подводя итоги рассмотрения участия главных продуктов обмена при брожении теста в формировании вкуса и аромата конечного продукта — хлеба, можно сказать, что, для того чтобы указанные свойства проявились в полной мере, необходимо содержание в хлебе в достаточном количестве и летучих ароматобразующих веществ. С достоверностью можно полагать, что не только кислоты, но и этанол, образующийся при брожении, может влиять на восприятие аромата, вызываемое собственно ароматобразующими веществами, и таким образом занимать важное место в ряду веществ, образующих аромат хлеба в целом.

2.2. ОБРАЗОВАНИЕ ВЫСШИХ СПИРТОВ И АЛЬДЕГИДОВ В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ

В процессе брожения теста прежде всего образуются три класса соединений (спирты, альдегиды, эфиры), отдельные представители которых обладают сильным ароматическим эффектом. В количественном отношении доминируют спирты, в основном этанол. Высшие спирты оказываются пригодными как индикаторы аромата: имеются высказывания о том, что интенсивность аромата печных паров при выпечке белого хлеба обусловливается амиловым спиртом [90].

Уже в начале этого столетия Ehrlich [91] впервые предпринял попытку объяснить механизм образования высших спиртов, получающихся в незначительном количестве

при большинстве видов брожения, и предложил свою схему, известную как схема Эрлиха. Позднее Neubauer и Fromherz [92] внесли в этот вопрос ряд уточнений. Наблюдения показали, что добавление лейцина способствует образованию изоамилового спирта, а кетокислоты являются промежуточным продуктом. Это послужило основанием для составления схемы образования высших спиртов, представленной на рис. 7. Как показано на схеме

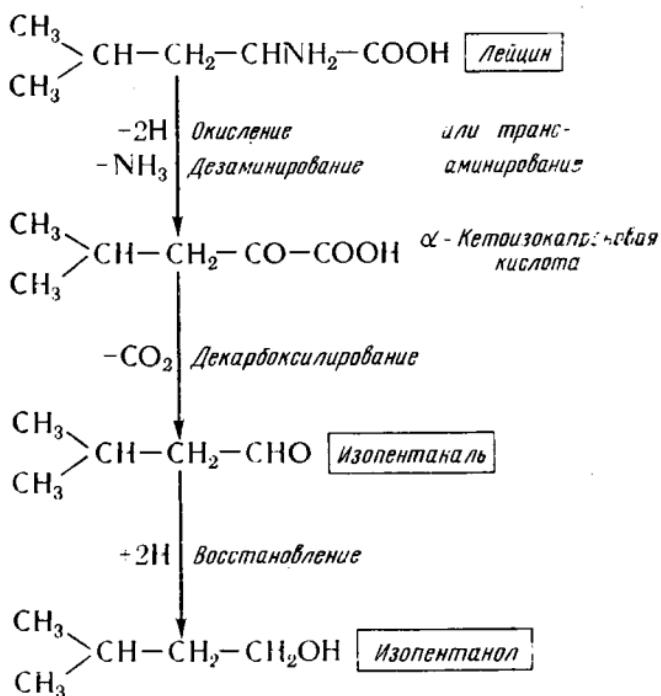


Рис. 7. Образование высших спиртов по Ehrlich, Neubauer и Fromherz [91—92].

ме, образование спиртов из аминокислот происходит в результате дезаминирования или трансаминирования и последующего декарбоксилирования и восстановления.

Подобные механизмы описаны и в более поздних работах [93—95]. Из дрожжей были выделены трансаминазы и декарбоксилазы, необходимые для превращения тицизина в тицозол [96]. Тем не менее против рассмотренной схемы образования высших спиртов появились возражения, после того как было установлено, что высших спиртов образуется значительно больше, чем могло бы

образоваться с учетом количества имеющихся свободных аминокислот [97].

Кроме того, нельзя объяснить, например, образование таким путем *n*-пропанола или *n*-бутанола, поскольку соответствующие им аминокислоты, как предшественники, не встречаются. Образование *n*-пропанола нельзя вызвать даже добавлением α -аминомасляной кислоты [98, 99].

Исследования, проведенные в конце 50-х годов, дали новые аргументы против старой «схемы Эрлиха». При этом удалось доказать, что основное количество высших спиртов, получающихся в процессе брожения, образуется не из аминокислоты, а из глюкозы или уксусной кислоты [100—105].

Лишь работы со специально облученными мутантами дрожжей, не обладающими способностью синтезировать определенные аминокислоты, стали решающими в прояснении этой проблемы и создании новой схемы образования высших спиртов. Сответствующие мутанты получены Ylänen [106], Ingraham и Guymon [107]. При испытании их способности к образованию спирта выяснилось, что, например, мутант, который не в состоянии синтезировать изолейцин, не образовывал также и 2-метилбутанола. Другой мутант, который не образовывал ни валина, ни лейцина, ни изолейцина, не производил ни изобутанола, ни 2-метилбутанола, ни 3-метилбутанола.

Из сказанного был сделан вывод, что высшие спирты образуются из глюкозы тем же путем биосинтеза, что и соответствующие аминокислоты. При этом синтез, вероятно, протекает согласно схеме, приведенной на рис. 8, через α -кетокислоту. Последнюю теперь можно трансаминировать либо при образовании соответствующих аминокислот, либо в результате декарбоксилирования через ступень альдегида, на которой образуется соответствующий спирт. Для трансаминирования необходимо иметь избыточное количество аминокислот в среде по сравнению с потребностями в них бродильных микроорганизмов. В таком случае осуществляется желаемое преобразование этих аминокислот в спирты [108]. Эта гипотеза согласуется с известным положением о том, что образование высших спиртов происходит при брожении, а не при размножении (росте) дрожжей. Отсюда следует, что добавки, способствующие росту дрожжей (например, аммо-

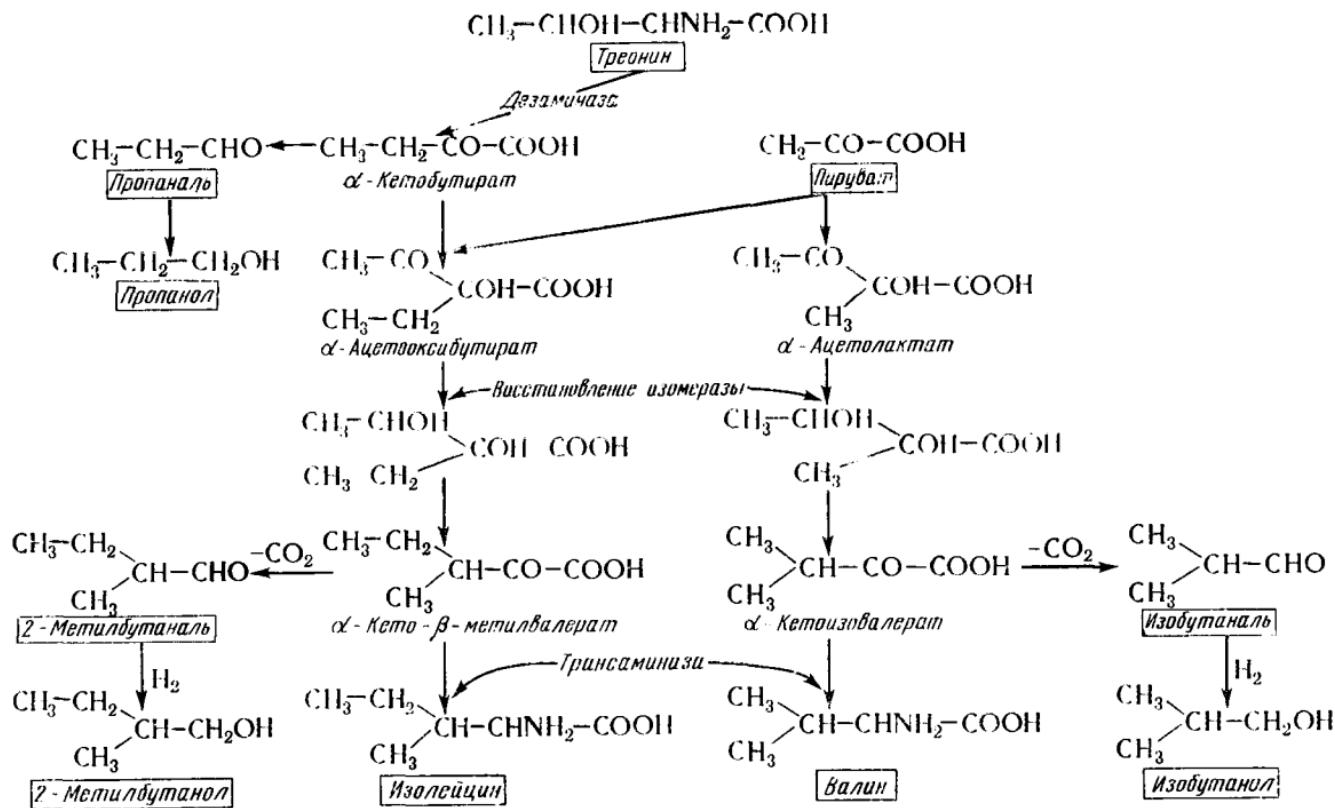


Рис. 8. Образование высших спиртов как побочных продуктов синтеза аминокислот в бродящих системах [108].

нийные спирты [109, 110]), снижают образование высших спиртов.

При этом представляет интерес установленный механизм обратного синтеза изолейцина. При достаточном количестве изолейцина может служить алокстериическим ингибитором треониндезаминазы и прервать реакцию в самом начале (см. рис. 8).

Следовательно, высшие спирты можно было бы считать промежуточными продуктами синтеза аминокислот и белков дрожжами [95], [112]. Если дрожжи растут в среде, богатой аминокислотами, они непосредственно ассимилируют необходимые аминокислоты [113]. Если, однако, отсутствуют определенные аминокислоты, необходимые для образования белка дрожжами, что наблюдается довольно часто, дрожжи, согласно схеме Эрлиха, синтезируют их углеродный скелет, чтобы дезаминировать другие аминокислоты. В результате этого стимулируется прежде всего синтез тех высших спиртов, предшественники которых (соответствующие аминокислоты) содержатся в избытке. В конечном итоге, если все аминокислоты должны синтезироваться, то могут в избытке образовываться определенные кетокислоты, которые затем декарбоксилируются и опять восстанавливаются в спирты. В пекарских и пивных дрожжах при брожении в жидкой среде были обнаружены все соответствующие высшим спиртам α -кетокислоты [114, 115]. И эти данные также подтверждают представление о биосинтезе веществ, приведенное на рис. 8.

На образование высших спиртов существенно влияет штамм дрожжей. Имеется интересный результат биохимического исследования Hough и Stevens [95]: при сравнительной проверке различных штаммов пекарских и пивных дрожжей мутант с поверхностным дыханием оказался особенно активным в образовании сивушного масла. Этим еще раз подтверждается упомянутая выше обратная связь между дыханием и ростом дрожжей, с одной стороны, и образованием сивушного масла, с другой.

Если исходить из того, что в системах брожения, содержащих комплекс белков, образование высших спиртов происходит хотя бы частично согласно рис. 8, становится понятным наличие соответствующих альдегидов в таких системах, так как эти альдегиды представляют

собой промежуточную ступень для реакции восстановления. Более поздние доказательства наличия альдегидов и механизма их образования в процессе ферментации приводятся в работах о черном чае [116, 117]. При исследованиях с помощью меченых атомов удалось обеспечить в процессе ферментации, протекающей при 25°C, превращения аминокислот валина, лейцина, изолейцина и фенилаланина в соответствующие альдегиды. Фенилацетальдегид рассматривается как носитель «цветочного» аромата чая.

Так же и при производстве хлеба, особенно пшеничного белого, в тестовой фазе, кроме спиртов, имеются уже альдегиды, хотя и в меньшем количестве [118]. Наряду с ацетальдегидом (основной составной частью этой группы веществ) сюда относятся также *n*-оксибензальдегид, изопентаналь, изобутаналь и фенилацетальдегид. Наличие этих альдегидов можно было бы объяснить образованием и отщеплением аминокислот (см. рис. 8).

Образование других альдегидов в хлебном тесте также можно рассматривать как результат деятельности дрожжей. По Боровиковой и Ройтеру в тесте из пшеничной муки концентрация карбонильных соединений, образовавшихся, вероятно, не только при действии добавленных, но и присутствовавших в тесте дрожжей, составляла 28 мг/100 г. Приблизительно половину составлял ацетальдегид [118]. Mulders обнаружил в газовой фазе над пшеничным хлебом ацетальдегид в равной концентрации с 3-метил-1-бутанолом и 2-метил-1-пропанолом [118 а] (см. также табл. 9).

2.3. ОБРАЗОВАНИЕ ЭФИРОВ В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ

При любом спиртовом брожении в качестве побочного продукта образуется незначительное количество эфиров. Согласно данным табл. 5, до сих пор в тесте и хлебе было обнаружено 17 летучих эфиров, причем в количественном отношении преобладает этилацетат.

Образование эфиров происходит не под действием эстеразы, а внутри клетки. Это было показано в результате многочисленных исследований, полученных при добавлении в дрожжевую закваску этианола, уксусной кислоты и этилацетата. Количество полученных эфиров, спирта и кислоты не соответствует добавленному количеству

указанных веществ. Отсюда следует, что образование эфиров происходит другим путем [119—123]. Оптимум образования эфиров при брожении находится в пределах рН 4,4—4,6.

Изящное объяснение механизма синтеза эфиров содержится в работе Nordström, который исходил из наблюдения, что для прохождения этой реакции необходима энергия и что она зависит от наличия пантотеновой кислоты. На основании этого можно прийти к заключению, что в данной реакции принимает участие кофермент А. Важнейшие ступени реакции образования эфира из спиртов при участии кофермента А представлены на рис. 9.

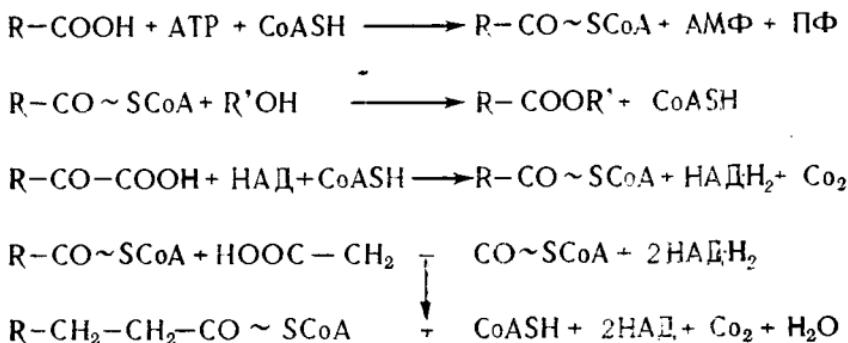


Рис. 9. Механизм образования эфиров в бродящих системах, по Nordström [124—128].

Приведенная схема позволяет сделать ряд выводов, к которым пришел Nordström на основании систематических наблюдений. Если основная реакция образования эфира следует после второй ступени реакции, т. е. после превращения спирта при участии кофермента А, станет понятным, почему в хлебе обнаружены почти исключительно этиловые эфиры (табл. 5). Концентрация этанола при брожении всегда на два-три порядка выше, чем других спиртов. Фактически содержание этилового эфира можно увеличить, добавив при дрожжевом брожении этанол [124, 125]. При синтезе эфиров создается впечатление, что кислоты конкурируют между собой [126]: при избытке одной кислоты замедляется образование конкурирующего эфира из другой кислоты [126]. Здесь, вероят-

но, сказывается присутствие кофермента А. На синтез эфиров влияют также все вещества, которые тормозят действие кофермента А или используют его в большом количестве. Последнее происходит, например, при добавлении высших жирных кислот. Наоборот, затормаживание реакции с участием кофермента А (цикл лимонной кислоты, система малонил — кофермент А) стимулирует образование эфиров [127].

На способность к образованию эфиров влияет также штамм дрожжей. Дрожжи, генетически видоизмененные в результате облучения, никогда не теряли этой способности полностью. Отсюда сделан вывод, что образование эфиров происходит по побочным путям обмена веществ дрожжей, очень важным для их жизнедеятельности [128].

2.4. КАРАМЕЛИЗАЦИЯ И РЕАКЦИЯ МАНАРА

Механизм образования аромата, рассматривавшийся до сих пор, касался исключительно ароматических веществ, которые своим формированием были обязаны реакциям, происходящим в тестовой фазе, в крайнем случае, включая и первую стадию процесса выпечки. Еще более важными, чем указанные, оказываются те ароматобразующие вещества, которые формируются лишь при высокой температуре выпечки именно в корке. Это известно с 1939 г., когда Baker и Mize [135] установили, что хлеб, приготовленный без корки, не обладает типичным хлебным ароматом. На основании собственного опыта мы также считаем, что доминирующими ароматобразующими веществами всех сортов ржаного хлеба являются вещества, образовавшиеся в процессе выпечки. Наряду с высокой кислотностью хлеба, приготовленного на заквасках, большое значение в этом имеет продолжительность выпечки (см. табл. 10).

Важнейшие ароматобразующие реакции, такие, как неферментативное покоричневение, карамелизация и образование пиразина, при достижении температуры выше 100°C приобретают такую скорость, которая обеспечивает формирование ароматобразующих веществ в течение всего процесса выпечки. Это влечет за собой образование аромата при выпечке почти исключительно в самой корке.

В процессе выпечки в результате подвода снаружи тепла к тестовой заготовке в поверхностном ее слое происходит испарение влаги и образование практически обезвоженной корки, имеющей температуру, превышающую 100°C. Внутренняя поверхность корки, граничащая с мякишем, имеет при выпечке температуру 100, а внешняя — до 180°C. Температура же мякиша хлеба при любой длительности выпечки не может превышать 100°C. Поэтому в корке хлеба при выпечке происходят реакции, вызывающие ее покоричневение, легко воспринимаемые визуально. Реакции покоричневения нельзя резко разграничить, так как они постоянно перекрывают друг друга и находятся во взаимодействии.

Карамелизация сахаров давно известна и широко применяется в пищевой промышленности для образования красящих и ароматобразующих веществ. В противоположность реакции Майара карамелизация наступает лишь при сравнительно высоких температурах (150—400°C) и поэтому ее можно определить как пиролиз.

В процессе карамелизации образуется множество компонентов, в том числе и обладающих свойствами аромата и вкуса. Heuys и сотр. идентифицировали в летучих продуктах пиролиза — одной только глюкозы при 300°C — 71 компонент, из них 29 гетероциклических [136].

В набор этих веществ входят простые соединения, такие, как альдегиды, кетоны, дикетоны, малютол, производные фурана и циклопентана [137] и высокомолекулярные горькие вкусовые вещества еще неизвестной структуры. К настоящему времени накоплено немного данных о механизме образования этих компонентов. Наиболее реакционноспособными продуктами являются 2-кетоза и фруктоза, образующиеся через енол из соответствующих альдоз.

Отдельные реакции, которые приводят в процессе карамелизации к простым ароматобразующим веществам, представлены на рис. 10. Все перечисленные на рисунке вещества встречаются и в хлебе.

Существенное значение в формировании ароматобразующих веществ в процессе выпечки имеет реакция Майара (Maillard) [138], которая протекает уже при температурах от 20 или 37°C [139—141]. Сравнительно не-

давно было обнаружено, что она может проходить даже при 0°C [142]. Однако лишь при температуре 120—150°C, т. е. при температуре корки, эта реакция достигает скорости, практически достаточной для формирования ароматобразующих веществ. Эта реакция, обычно называемая

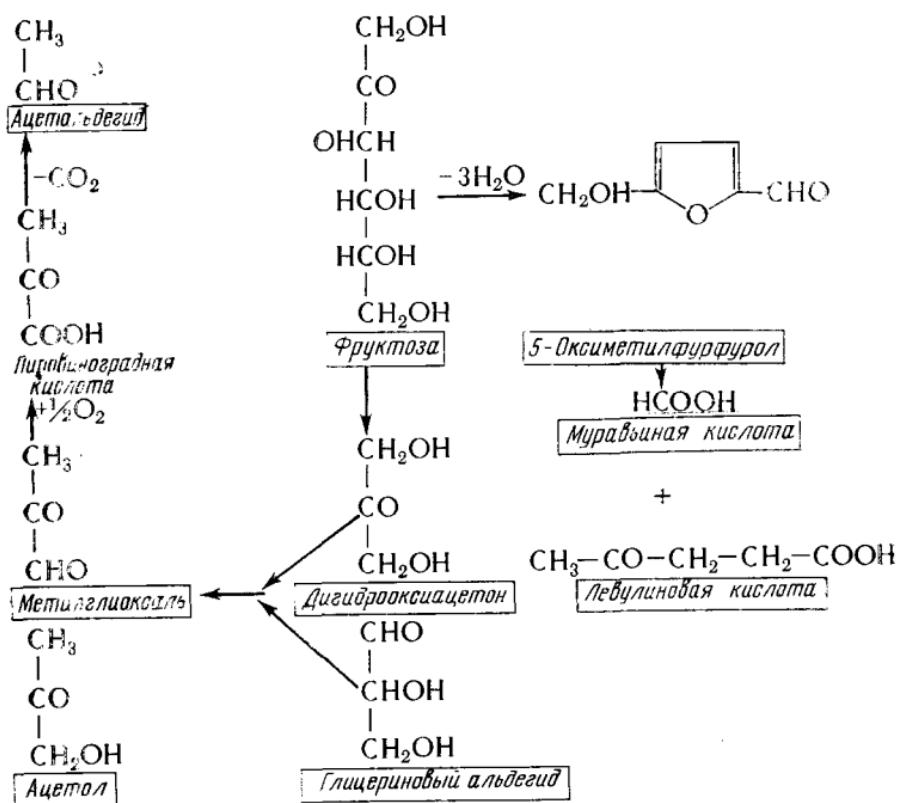


Рис. 10. Примеры реакции образования простых ароматобразующих веществ в процессе карамелизации.

мая реакцией неферментативного покоричневения или реакцией меланоидинообразования, происходит при повышенных температурах во многих пищевых продуктах и ускоряется в присутствии в них влаги [140, 142]. В процессе выпечки эту роль играет и влага теста и пары влаги, конденсирующиеся в начале выпечки на поверхности тестовой заготовки, а при дальнейшей выпечке — пары влаги, проходящей из мякиша через обезвоженную корку. Действие величины pH на меланоидинообразова-

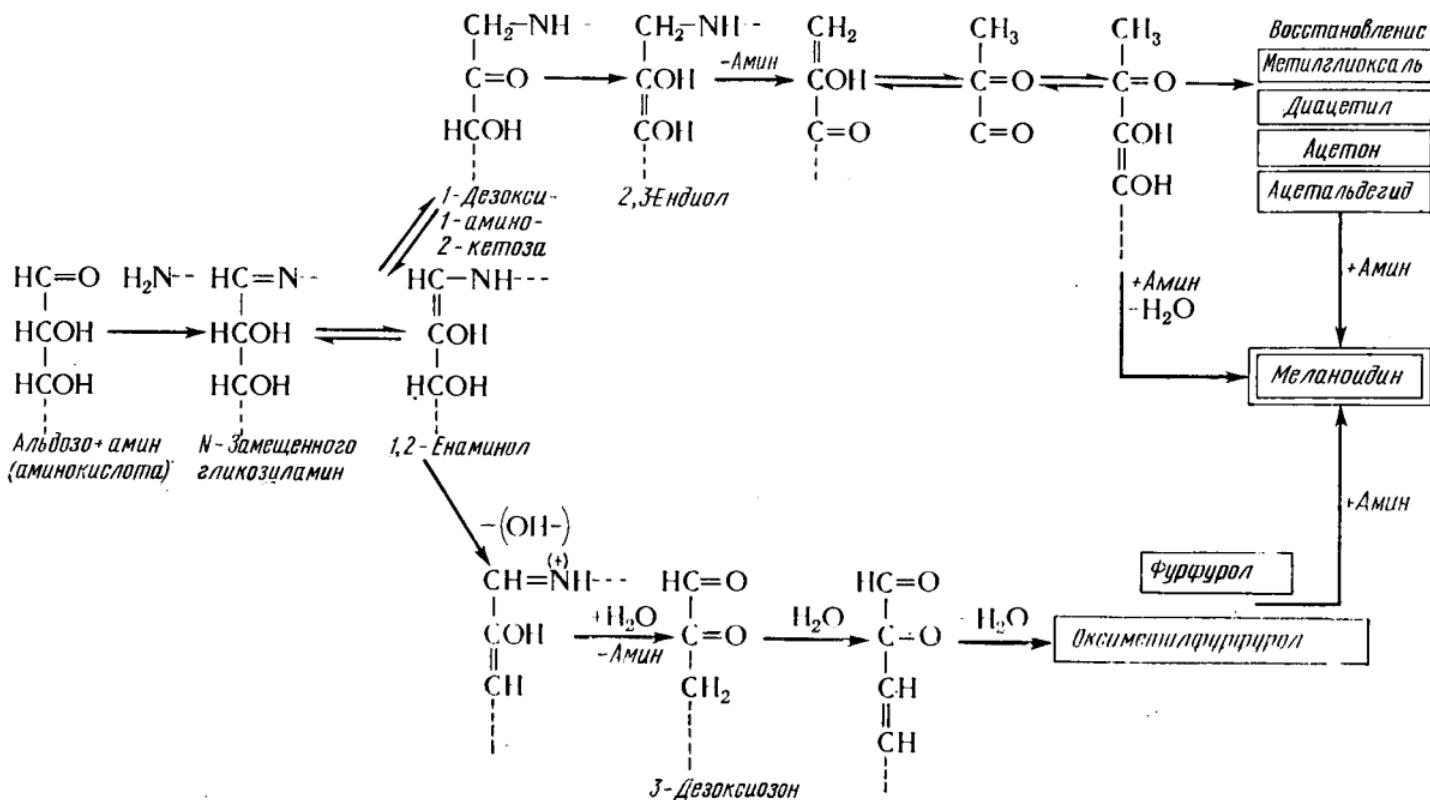


Рис. 11. Основные пути реакции Майара и образование компонентов, обладающих ароматическим действием.

ние зависит, вероятно, от субстрата и объясняется по-разному [141].

Реакция Майара [138], в сущности, представляет собой реакцию редуцирующих сахаров с аминами, аминокислотами, пептидами или белками. Поэтому при выпечке в корке значительно уменьшается содержание мальтозы — важнейшего сахара теста [143] и свободных аминокислот [144, 145, 145a] (см. табл. 38). Реакция покоричневения приводит в конечном итоге к образованию окра-

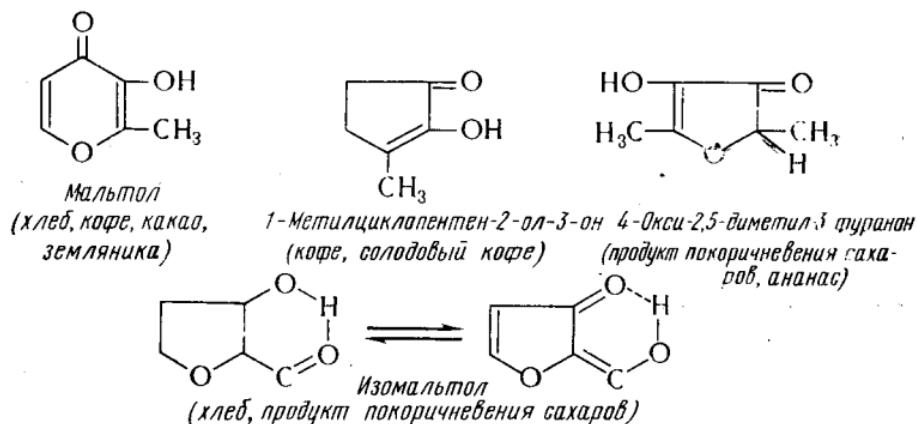


Рис. 12. Ароматобразующие продукты реакции Майара, имеющие по-добную структуру.

шенных меланоидинов, аромато- и вкусообразующих веществ, причем по сравнению с реакцией карамелизации здесь доминируют летучие компоненты, сильно влияющие на аромат. Механизм реакции недостаточно ясен, хотя его изучению посвящено большое число исследований (см. [137, 146—148]). Исследования отдельных пищевых продуктов (и в частности хлебной корки [143]) выявляют сложность реакции на примере образования многих компонентов, идентифицировать которые удалось в большинстве случаев только в простых системах. Разъяснению важнейших типов реакций неферментативного покоричневения способствовали поэтому исследования на моделях, и прежде всего со вторичными аминами [149]. Последовательность важнейших реакций образования аромата представлена на рис. 11 и 12. Механизм, показанный на рис. 11, приведен в основном по работам Hodge [146], Anet [150—156], Kato [157, 158], Simon и Heubach [159].

В соответствии с этим механизмом реакция начинается с конденсации альдозы и амина в глюкозиламин, енаминолформа которого может реагировать далее в двух направлениях. Первое заключается в перемещении енольного водорода к атому углерода — перемещении, известном, как перемещение Амадори. В результате образуется 1-дезоксисоединение. Этот путь проходит через образование 2,3-ендиола и после отщепления амина приводит к α , β -дикарбонильным соединениям и редуктонам. Весьма реакционноспособные α , β -ненасыщенные кетоны могут либо полимеризоваться в высокомолекулярные коричнево-черные меланоидины, либо расщепляться на простые летучие вещества. При этом освобождаются формирующиеся при выпечке ароматобразующие вещества метилглиоксаль, диацетил, ацетон и ацетальдегид. Они могут непосредственно воздействовать на аромат или вступить вторично в реакцию с аминами до образования меланоидинов. Меланоидины — собирательное понятие, используемое для обозначения неоднородных высокомолекулярных продуктов полимеризации, окрашенных от коричневого до черного цвета с почти невыясненной структурой.

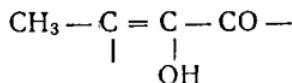
Второе направление реакции через элиминирование гидроксильных групп у третьего углеродного атома приводит к дезоксиозонам. Последние при отщеплении воды замыкаются в кольцо с образованием фурфурола (пентоза) и 5-оксиметилфурфурола (гексоза). Таким образом одновременно появляются вещества, влияющие на аромат.

Реакция Майара зависит от рН, оптимальная среда для нее слабокислая. Возможно, это является основной причиной того, что при выпечке ржаного хлеба формируется больше альдегидных ароматобразующих веществ, чем при выпечке пшеничного (см. табл. 9). Фурфурол здесь является как бы определенным индикатором. Rotsch уже в 1957 г. нашел, что в ржаном хлебе, приготовленном на дрожжах, фурфурол отсутствовал или содержался в незначительном количестве, а в ржано-пшеничном, приготовленном на закваске только из ржаной муки, содержание фурфурола увеличивалось с увеличением доли ржаной муки [160]. Причину этого нельзя видеть только в изменении рН в процессе выпечки. В ржаном хлебе, приготовленном на сухой закваске, не может

образоваться такого же количества фурфурола, как в хлебе, приготовленном на обычной закваске. Следовательно, для достаточного образования фурфурола величина pH среды, сдвинутая до кислого значения, должна поддерживаться не только в процессе выпечки, но и более длительное время. Фурфурол может служить примером того, что одной из важнейших задач традиционного ведения закваски является образование предшественников для формирования ароматобразующих веществ в процессе выпечки. Использования одной лишь кислотности сухой закваски недостаточно для образования предшественников, а затем и ароматобразующих веществ (см. 3.3.3).

Большая часть путей прохождения реакции, представленной на рис. 11, касается компонентов сахара и может быть осуществлена также и при отсутствии аминов. Для этого необходимы более высокие температуры. Здесь находится мостик между карамелизацией и реакцией Майара. При проведении обоих видов реакций был обнаружен мальтол — как в хлебе [161, 162], так и в сухом солоде [163]. Мальтол может быть получен из 4-0-замещенных производных глюкозы, как мальтозы или лактозы, путем нагревания при высокой температуре (карамелизация). Однако в большем объеме мальтол образуется уже при средних температурах при наличии аминокислот [164] или пиперидиновых солей [149].

Мальтол относится к группе веществ, которые характеризуются определенной связью между структурой и интенсивностью ощущения аромата, однако подтверждающих это положение данных опубликовано пока немного [137]. Общей для структуры соединений, образующихся в результате реакции Майара, является группа



Все эти соединения имеют и одинаковые оттенки аромата томленого солода, жженого сахара (карамели) при одновременно высокой эффективности аромата [137]. Важнейшие из этих соединений приведены на рис. 12.

Подобные соединения обнаружены в пищевых продуктах, подвергавшихся обжарке, при которой под воздействием высоких температур происходит неферментативное

покоричневение (хлеб [12, 161], кофе [165], солод [163], какао [166]).

Мальтоль обладает характерным свойством усиливать сладкий вкус [167, 168] и применяется в ароматических концентратах для кондитерских изделий, а также в заменяющих сахар подсластывающих средствах для полноты вкусовых впечатлений [169]. Замещение во 2-м положении метиловой группы этиловой приводит к усилению и одновременному изменению характерного аромата аналогично тому, как это имеет место у ванилина и этилванилина. Метилцикlopентенолы с преобладающим сладким, лакричнообразным вкусом применяются также в определенных ароматических концентратах. Два других

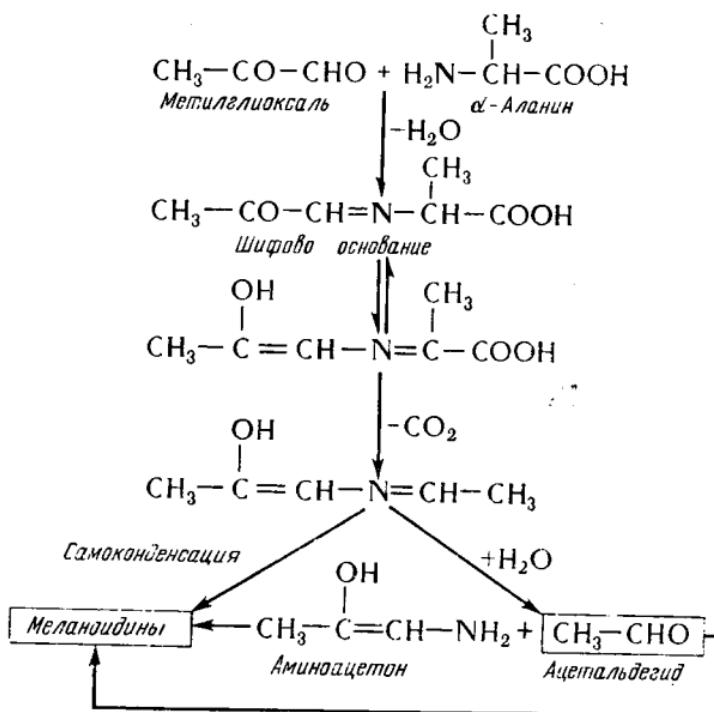
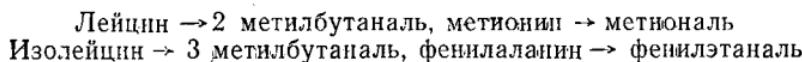


Рис. 13. Расщепление аминокислот при реакции Майара, по Штреккеру.

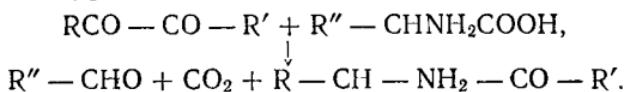
компонентов, представленных на рис. 12, образуются и в процессе карамелизации. Возможно, в этой группе веществ и находится ключ к более глубокому пониманию взаимозависимости между структурой и ароматической эффективностью ароматобразующих веществ.

Помимо механизмов и путей реакции Майара, представленных на рис. 11, существует еще один путь образования аромата, имеющий значение для полноты вкуса, формируемого в результате термического воздействия. Это так называемое расщепление аминокислот по Штреккеру, впервые описанное в 1948 г. Schönberg и Moubacher [170, 171]. Схематично этот процесс представлен как окислительное дезаминирование и декарбоксилирование аминокислот в альдегид (или кетон), содержащий на один атом углерода меньше, чем исходная аминокислота. Реакция протекает согласно рис. 13 через Шиффово основание, которое легко декарбоксилируется. Образующийся при этом енаминол может либо полимеризоваться в меланоидины, либо распадаться на ацетальдегид и аминоацетон. Оба вещества, имеющие активную карбонильную группу, могут снова вступить в реакцию меланоидинообразования. Этим конечно и объясняется тот факт, что при взаимодействии аминокислот с сахарами можно обнаружить только следы альдегидов.

С другой стороны, альдегиды, полученные из аминокислот, являются очень эффективными ароматобразующими веществами, часто бывает достаточно незначительной концентрации их для ощущения аромата. Это распространяется на следующие превращения:



В настоящее время расщепление аминокислот по Штреккеру при реакции Майара рассматривается как трансаминирование. Условием является наличие α , β -дикетона (также редуктонов, аллоксана, нингидрина) или вещества, которое легко превращается в одно из них (фурфурол при развертывании кольца). В данном случае справедливы уравнения



С аминокислотными альдегидами, полученными по Штреккеру, количество веществ, образующихся при реакции Майара, всегда значительно расширяется. Однако еще недостаточно изученные труднолетучие (например, горькие) вещества реакции покоричневения также принимают участие в образовании аромата при реакции

Майара [172]. О характере, по-видимому, сложных по структуре высокомолекулярных продуктов покоричневения с солодовым, карамелеобразным, хлебоподобным, горьким или «пригорельм» ароматом, известно мало. Пиразинам, имеющим сравнительно простую структуру и образующимся также в процессе покоричневения, посвящен следующий раздел.

2.5. ОБРАЗОВАНИЕ ПИРАЗИНОВ

Впервые пиразины были обнаружены в пищевых продуктах в середине 60-х годов. В настоящее время их число возросло примерно до 100 [173]. Преобладают относительно простые по структуре соединения с короткоцепочечными алкильными остатками во всех четырех возможных положениях. Наряду с этим имеются пиразины и с метокси-, ацетил- и винил-группами.

Пиразины, содержащиеся только в миллионных долях, удавалось находить прежде всего в таких продуктах, которые подвергались процессу обжарки или жарению, как, например, кофе [32, 174—176], какао [177—180], земляной орех [31, 181—182], хрустящий картофель [183—184], жареное мясо [185]. Пиразины, очевидно, образуются при таких же условиях, которые типичны для реакции Майара. Пиразины были получены и при нагревании модельных систем сахар-аминокислота [182, 186, 186а], например, лактоза—казеин [187].

Наряду с пиразинами в большинстве случаев были идентифицированы также производные пиррола и пиридина. В хлебе сначала было обнаружено производное тетрагидропиридина [65]. Позднее Sydow и Anjou [36] в ржаных хрустящих хлебцах, а Mulders и Weurman [37—39] в пшеничном белом хлебе обнаружили путем газохроматографического анализа еще целую серию пиразинов и пирролов. Основной составной частью концентрата, полученного из хрустящего хлебца, являлся 2-ацетил-пиррол. В 1969 г. Wang с сотрудниками удалось обнаружить шесть пиразинов и пиридин [188] в конденсате паров обжаренного ячменя.

Наблюдения многих авторов показали, что пиразины имеют значение для формирования аромата определенных пищевых продуктов. При удалении летучих оснований из концентратов аромата, выделенных из этих про-

дуктов, уменьшался их аромат. Однако при наличии пиразинов на эффективность и специфику аромата сильно влияют имеющиеся в пиразиновом кольце заместители. Незамещенный пиразин мало эффективен. Метил- и этилзамещенные пиризины обладают силой воздействия на ощущение аромата выше средней и, вероятно, являются ответственными за образование таких оттенков аро-

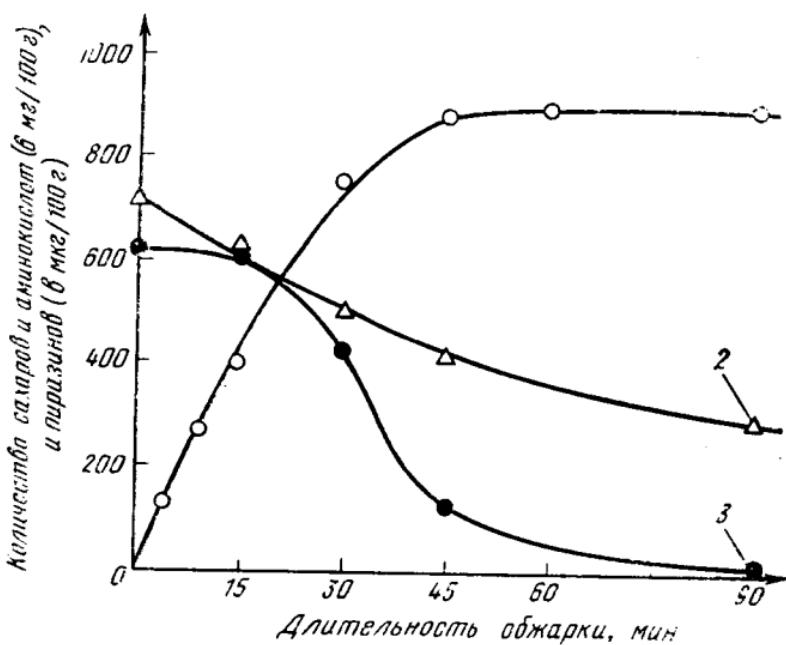


Рис. 14. Взаимодействие свободных аминокислот и сахаров при обжарке какао-бобов и образование пиразинов [195]: 1 — пиразины; 2 — аминокислоты; 3 — редуцирующие сахара.

мата, как орехообразный, и аромат, образующийся при обжарке продуктов. В последние годы они рекомендованы для использования в целях ароматизации [189—191].

Наконец, производные пиразина, содержащие кислород, относятся к самым эффективным ароматобразующим веществам, которые мы до сих пор знаем. Между пороговой концентрацией метокси пиразина (например, 2-метокси-3-изобутилпиразин), обнаруженного недавно в горохе и зеленом перце, и пороговой концентрацией незамещенного пиразина разница составляет 8 порядков [192—194]. Одним из условий высокой эффективности за-

паха является [194], очевидно, одновременное присутствие метокси- и алкилгруппы с числом углеродных атомов от 3 до 6.

Предположение, что пиразины являются промежуточными продуктами реакции Майара, существует давно [181, 182]. Это подтверждается и современными работами Reineccius, Keenly и Weissberger [195], которые зани-

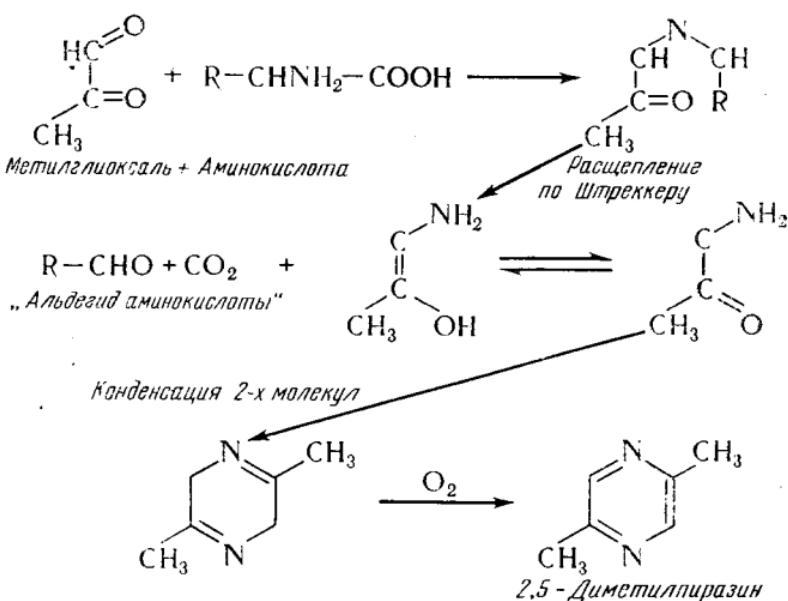


Рис. 15. Возможный механизм образования пиразинов в ходе реакции Майара.

маются изучением изменения какао бобов в процессе обжарки. Эти авторы наблюдали обратную зависимость между содержанием свободных сахаров и аминокислот и образованием пиразина (рис. 14).

Начальным этапом для выяснения механизма реакции послужили опыты, проведенные Wang с сотр. [188]. При нагревании метилглиоксала как с лейцином, так и с изолейцином или из обеих аминокислот был получен 2,5-диметилпиразин как основной компонент. Это позволило им прийти к выводу, что аминокислоты для пиразина поставляют только атомы азота. То, что это предположение правильно, позже удалось подтвердить на модельных системах аминокислота — глюкоза в результате исследований, проводившихся с меченными атомами [196].

Об этом свидетельствует и тот факт, что N-замещенные пиразины до сих пор нигде не были обнаружены и что идентификация пиразинов в различных пищевых продуктах большей частью приводило к получению тех же метил-, диметил-, триметил- и метилэтилпиразинов.

В соответствии с механизмом, показанным на рис. 15, при изменении дикарбонил-компонентов образовывались бы другие пиразины. Следующие примеры показывают, что образование пиразинов в опытах Wang, полученных в парах над обжаренным ячменем, теоретически можно представить следующим образом:

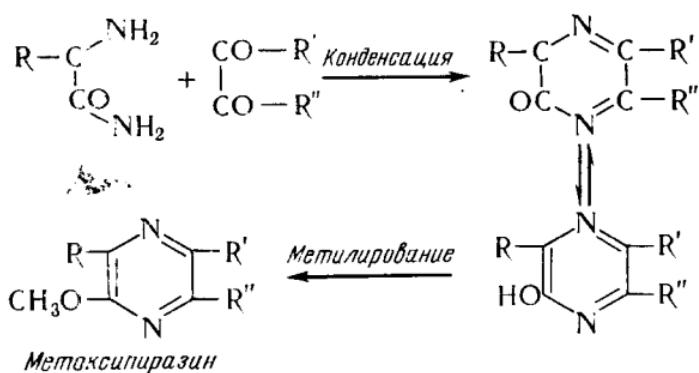
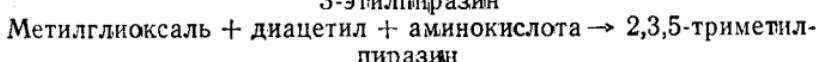
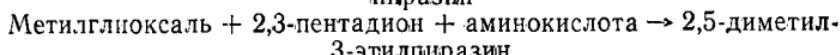
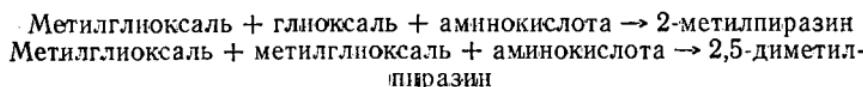


Рис. 16. Образование метокси пиразина, по Murray [194].

По мнению Bondarovich [175], применение кислых реагентов при выделении пиразинов может привести к расщеплению уже имевшихся дигидропиразинов. Следовательно, эти вещества не удалось бы выделить обычной кислотной экстракцией и идентифицировать. По данным Murray [194], метокси пиразины могут образовываться по схеме, представленной на рис. 16. При нагревании амиака с кислотным гидролизатом мелассы [197] или с глюкозой [179, 196] образуется целый ряд пиразинов. Можно согласиться с выводом, что после первичного расщепления сахаров на окси- и дикетоны происходит затем

образование циклической системы при взаимодействии с NH_3 , аминами или аминокислотами [197]. Таким образом, и аммиак, освобождающийся в процессе реакции Майара или образующийся из аминокислотных амидов, мог бы участвовать в синтезе пиразинов. Подобным путем происходит образование многочисленных пиразинов при пиролизе таких оксиаминоокислот, как серин и треонин [198].

Азотсодержащие циклические системы, по-видимому, имеют значение для формирования крекерообразного аромата, который получается при нагревании пролина с полиоксисоединениями. Эта реакция должна играть роль и при формировании аромата корки хлеба. Hunter, Walden, McFadden и Pence [199] в своих работах приводят механизм реакции, представленный на рис. 17.

В заключение можно сказать, что реакции, приводящие к образованию гетероциклических азотсодержащих

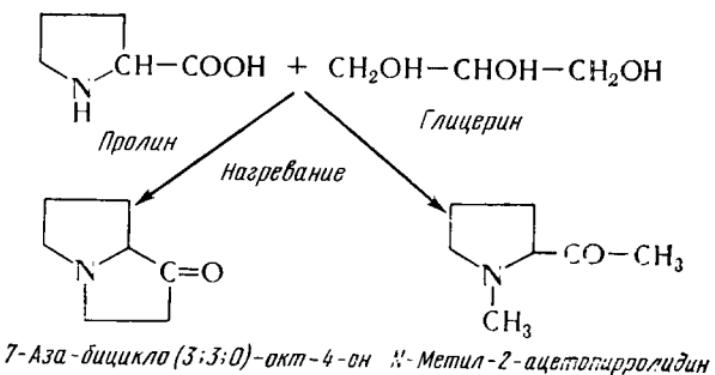


Рис. 17. Образование ароматобразующих производных пирролидина в ходе термической реакции пролина с полиоксисоединениями.

соединений, могут широко применяться при переработке пищевых продуктов нагреванием, так как почти во всех продуктах содержатся свободные аминокислоты и дикарбонильные соединения. Однако для осуществления этой реакции совсем не обязательно иметь очень высокие температуры. Пиразины и пиридины были найдены также в спиртных напитках [200, 201], икре [202, 203] и в культурах молочнокислых бактерий [204].

Участие пиразинов в образовании аромата определяется их концентрацией в пищевом продукте и их порогом чувствительности. Большинство настоящих аромат-

образующих веществ содержится в соответствующих пищевых продуктах в количествах, намного превосходящих их пороговые концентрации. Здесь, естественно, возникает вопрос, в действительности ли способствуют формированию аромата метил- и этилпиразины, найденные в кофе и в земляных орехах в количествах, очень незначительно превышающих их пороговые концентрации [205]. Подобные сомнения были бы уместны также в отношении многих гетероциклических соединений, найденных в хлебе.

2.6. СЕРУСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ТЕСТЕ И ХЛЕБЕ

По данным табл. 41, серусодержащие соединения по эффективности аромата занимают первое место среди большинства других классов соединений ароматобразующих веществ. Незначительное количество серусодержащих соединений, их небольшая концентрация и малое число публикаций, посвященных этой группе веществ, не являются основанием для ошибочного вывода об их незначительной роли в образовании аромата хлеба. Во всяком случае, исключительно низкой концентрацией этих веществ можно, очевидно, объяснить ограниченное количество исследований, проведенных в этой области. Mecham [66, 206] обнаружил в пшеничном тесте сероводород. Сероводород в микрограммовых количествах освобождается в процессе замеса в зависимости от интенсивности замеса. Образование H_2S полностью подавляется одновременным добавлением N-этилмалеинимида или *n*-хлормеркурибензоата, блокирующих образование SH-групп, а внесение в тесто окислителей ($KBrO_3$, KJ_3) приводит к уменьшению их количества. Отсюда можно сделать вывод, что сероводород образуется из сульфидрильных групп белков клейковины.

По данным Ocker и Rotsch [207], в корке свежего пшеничного белого и ржаного хлеба, а также в некоторых хлебобулочных изделиях длительного хранения (например, сухарях) содержится метилмеркаптан, который благодаря своему большому воздействию на ощущение аромата может играть роль в формировании аромата указанных продуктов. В то время как в этих продуктах обычно содержится метилмеркаптана от 10 до 20 мг/100 г в пересчете на воздушно-сухое вещество, со-

держание его в корке обогащенного белком хлеба для больных диабетом выше в 4 раза. Из этого следует, что белковые вещества должны учитываться, как источник образования легколетучих серусодержащих соединений.

Более известным является механизм реакции, представленный на рис. 18. Он предложен на основе модельных исследований Ballance [208] и наших собственных исследований с метионином в качестве добавки при приготовлении хлебобулочных изделий [54, 210]. Было установлено преобразование метионина в метиональ как в хлебе, так и в мелкоштучных изделиях.

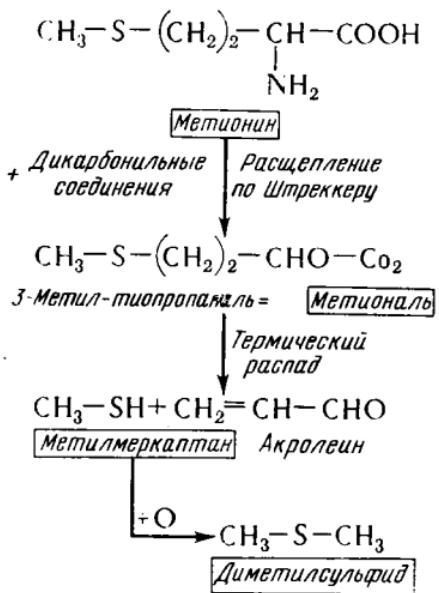


Рис. 18. Расщепление метионина в условиях выпечки.

каптана и метионаля, но все же не ниже, чем ряда других ароматобразующих веществ хлеба, приведенных в табл. 41. Отсюда можно сделать вывод, что термический распад метионаля в процессе выпечки до метилмеркаптана усиливает эффект аромата, в то время как окисление метилмеркаптана в диметилсульфид может привести к уменьшению аромата.

Изменение запаха в результате указанного выше расщепления метионина неблагоприятно сказывается на качестве хлеба уже при добавлении 50 мг аминокислоты на 1 кг пшеничной муки. Напротив, добавки 10 мг/кг мо-

тоги в хлебобулочных изделий [54, 210]. Было установлено преобразование метионина в метиональ как в хлебе, так и в мелкоштучных изделиях.

Таким образом, образующиеся в хлебе три серусодержащих соединения, согласно табл. 41, резко различаются по эффективности воздействия на аромат. Метилмеркаптан с пороговой концентрацией в воде $2 \cdot 10^{-11}$ обладает очень высокой эффективностью, метиональ, имея пороговую концентрацию $4 \cdot 10^{-11}$, сохраняет еще 50% эффективности метилмеркаптана. Пороговая концентрация диметилсульфида значительно выше, чем метилмер-

гут улучшить аромат [211]. Отрицательное ощущение аромата, наступающее при передозировке серусодержащих соединений, очень распространено. Такие изменения аромата ассоциируются с процессами порчи. Однако в присутствии серусодержащих соединений характер ощущения аромата зависит от их концентрации. Некоторые аспекты этой проблемы будут затронуты в следующем разделе.

В ходе неферментативной реакции покоричневения серусодержащие аминокислоты наряду с рассмотренными простыми серусодержащими соединениями образуют многочисленные производные тиофена и тиазола. Melders идентифицировал в модельной системе цистеин — рибоза 18 метил-, этил- и ацетилпроизводных. Отсутствие этих соединений в хлебе из пшеничной высокосортной муки, по мнению автора, связано с очень низкой их концентрацией [186].

2.7. ОБРАЗОВАНИЕ «ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ» ОТТЕНКОВ АРОМАТА В ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТАХ

«*Dosis sola facit venepum*». Это положение Парацильса не утратило своего значения и может быть перенесено также на изучение аромата, так как «лишь доза определяет аромат».

В действительности с концентрацией ароматобразующего вещества часто меняется не только интенсивность, но и характер восприятия аромата. Эту точку зрения подтверждают многочисленные исследования с серусодержащими соединениями. Как уже отмечалось выше, эти вещества в большой концентрации вызывают неприятные ощущения, а в незначительной — приятные. Концентрированный фурфурилмеркаптан, например, имеет неприятный запах лука порея; разбавленный придает продукту аромат кофе. Концентрированные метиональ, сероводород, меркаптан придают продукту неприятный запах, а сильно разбавленные принимают участие в формировании аромата большинства пищевых продуктов, в том числе и хлеба.

Приятное или неприятное ощущение аромата является делом привычки и весьма индивидуально [212]. Примером этого может послужить уже упомянутое подсознательное отношение жителей Центральной Европы (но не

жителей Восточной Азии) к сероводороду. Для первых запах сероводорода связан с порчей продуктов, отсюда и предвзятое отношение к этому ароматобразующему веществу.

Если исключить из рассмотрения чрезмерно высокую дозировку концентрированных ароматизаторов в сдобных печеных изделиях и пищевых продуктах, то причиной отрицательного отклонения во вкусе продуктов зернового происхождения является главным образом два типа реакций, начинающихся в процессе хранения, а именно: окислительное и гидролитическое изменение липидов и микробиологические процессы, протекающие с образованием чрезмерно больших количеств продуктов обмена, влияющих на аромат.



Рис. 19. Пути реакций возникновения отрицательных оттенков аромата вследствие изменения жира.

Возможные изменения липидов в продуктах зернового происхождения, сказывающиеся на ощущении аромата, схематично представлены на рис. 19. Согласно этой схеме могут возникать следующие отклонения во вкусе: горький, прогорклый и мыльный.

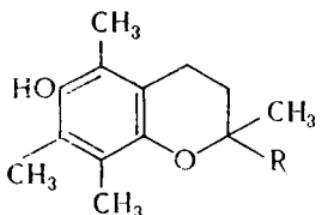
Наличие жирных кислот со средней и короткой цепочкой в определенных концентрациях приводит к образованию мыльных тонов вкуса [215]. В самом жире, извлеченном из зерна, не содержатся жирные кислоты со средней и короткой цепочкой. Поэтому при хранении продуктов помола ферментативный гидролиз жира зерна не приводит к отрицательному изменению вкуса непосредственно. Но с другой стороны высокая кислотность жира является индикатором изменения жира в процессе хранения [214—218], к чему мы еще вернемся (см. табл. 43). По названным причинам могут наступить изменения вкуса, приводящие к образованию мыльных тонов в хлебобулочных изделиях, приготовленных с использованием жиров с триглицеридами со средней и короткой цепью. К таким жирам относятся прежде всего масло сливочное, кокосовый и пальмовый жиры.

Другой предпосылкой для образования мыльных тонов является наличие активных липаз и влажности, достаточной для ферментативного расщепления жира. Соответствующие ферменты прежде всего находятся в плесневых грибах, которые попадают в тесто с мукой и пряностями [219]. Примером могут служить вафли, для приготовления которых использовалось кокосовое масло. Повышение влажности вафельных листов при неблагоприятных условиях хранения может привести к образованию мыльных тонов во вкусе прослоек [220]. Необходимыми условиями для повышения стойкости изделий при хранении являются: стерилизация определенных добавок, применение экстрактов пряностей, исключение инфекции путем соблюдения строжайшей гигиены, либо замена легко окисляемых натуральных жиров специальными жирами, имеющими пластические свойства кокосовых и пальмовых жиров, но не содержащими жирных кислот со средней длиной углеродной цепочки [221].

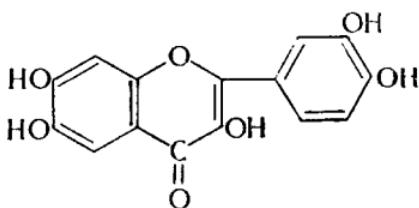
В определенной связи с этими изменениями находится также появление в результате ферментативных реакций горького вкуса, который иногда встречается при хранении определенных продуктов помола, например, в зародышах пшеницы и обойной муке, реже в высокосортной пшеничной муке (см. рис. 19). Прогоркость обусловлена расщеплением линолевой и линоленовой кислот липоксигеназами. Фермент, видимо, быстрее действует на свободные жирные кислоты, чем на глицериды

[222—224]. Появление прогоркости, как ферментативная реакция зависит от влажности [225]. Чтобы затормозить ферментативную реакцию, можно провести термическую инактивацию липоксигеназы (обработка зародышей пшеницы, зародышей кукурузы, овсяной муки и хлопьев, соевой и обойной муки) [226—229] или уменьшить влагосодержание до ниже 5% [230].

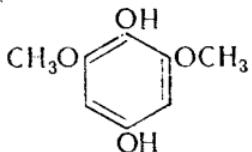
Горький вкус вызван наличием в зерновке антиокислительных (растворимых в метаноле) тормозящих систем, которые защищают липиды от окислительных пре-



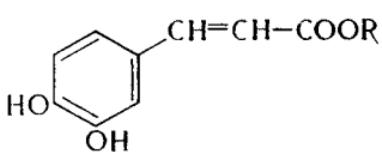
Токоферолы
(многие авторы)



Производные флавонов
(Heitman, 1953/55)



Метоксигидрохинон



Соединения кофейной кислоты
(Кретович 1956;
Daniels/King, 1961/62)

Рис. 20. Антиокислители растительных семян.

вращений (рис. 20). Этот механизм действует таким образом, что ферментативно, либо неферментативно образованные первичные продукты окисления, гидроперекиси, которые, как правило, во всех липидах способствуют дальнейшим окислительным процессам, непосредственно после образования расщепляются защитной системой. В эту систему, вероятно, входит фермент, который действует как пероксидаза и передает кислород перекиси на донаторы водорода [231]. Среди естественных антиоксидантов зерна найдены соединения, приведенные на рис. 20, которые могли бы в этой системе выполнять роль донаторов водорода [232—239].

При расщеплении гидроперекисей возможно образование радикалов, которые полимеризуются в продукты горького вкуса [240].

Наряду с прогорканием, вызванным изменением липидов, горький вкус овсяных продуктов может быть еще вызван водорастворимым, горьким на вкус глюкозидом, мало изученной структуры и встречающимся прежде всего в зародыше [241—243].

Прогоркание зерновых продуктов, как показано на рис. 19, наступает только после прекращения действия защитной системы. Именно тогда может наступить само-разложение гидроперекисей, как это показано на рис. 21. Следовательно, прогоркание зерновых продуктов в противоположность образованию горького привкуса является

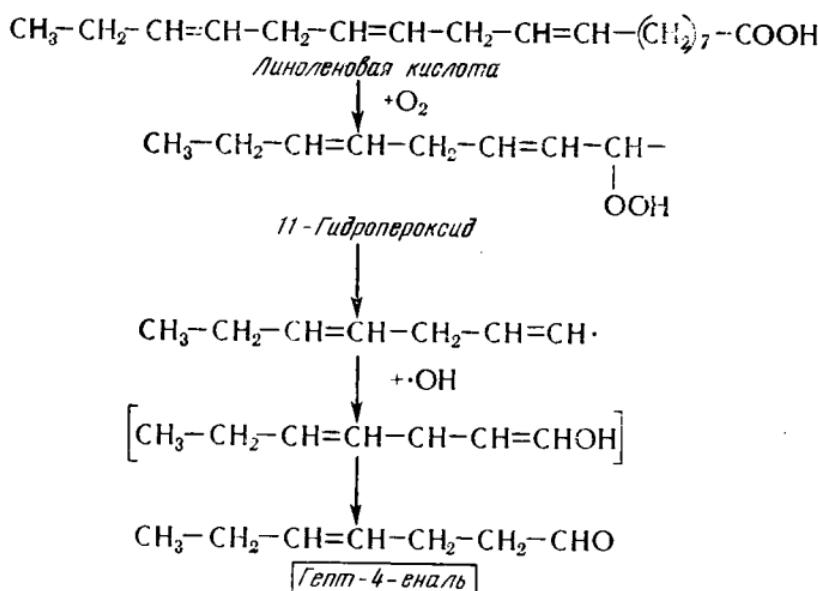


Рис. 21. Окислительное расщепление жирных кислот до карбонильных соединений с прогорклым вкусом.

ся исключением. Причинами прогорклого вкуса, который вызывается главным образом алифатическими альдегидами и кетонами с 3—7 углеродными атомами, являются в основном:

слишком продолжительное хранение хлебных консервов (сухари и др.);

хранение при очень низкой влажности; наличие и активность липоксигеназы.

Последнему уделил внимание Drapron [244, 245] в связи с внедрением современных способов замеса. При

добавках бобовой муки, обладающей ферментативной активностью, улучшается эластичность теста, качество и цвет мякиша хлеба.

Добавки бобовой муки в ограниченном количестве оказывают положительное влияние на вкус пшеничного хлеба, но внесение ее в чрезмерных количествах сказывается на вкусе хлеба отрицательно.

С помощью газовой хроматографии было обнаружено появление больших количеств гексаналя и гексеналя в результате ферментативного расщепления линолевой кислоты, что рассматривается как причина изменения вкуса. Механизм реакции похож на механизм, представленный на рис. 21, с той лишь разницей, что первичное окисление в гидроперекись здесь осуществляется после изомеризации 13-го атома углерода и форсируется ферментативно. В результате происходит накопление гидроперекиси с последующим распадом ее под действием антиоксидантов.

Прогоркания хлебных продуктов длительного хранения можно избежать путем сокращения сроков хранения или хранения при низких температурах. Применение инертных газов, исключающее воздействие кислорода, технически трудноосуществимо (чистейший азот, металлическая жестяная упаковка и удаление из пор остатков кислорода) и поэтому экономически невыгодно.

По нашим наблюдениям, порча в результате хранения при очень низкой влажности наблюдается в определенных готовых пищевых смесях, детских пищевых продуктах и хрустящих хлебцах. Содержание влаги в этих продуктах должно быть не ниже 3%, чтобы сохранить активность антиокислительных защитных систем и тем самым препятствовать прогорканию. Природа такого действия влажности пока не изучена. Здесь предполагается ослабление антиокислительной тормозящей системы в результате инактивации остатков пероксидазы при незначительной влажности или отсутствии обычно имеющейся необходимой мономолекулярной водозащитной пленки на поверхности продукта, которая задерживает доступ кислорода. Это суждение подтверждается также результатами исследований Martin [246], который наблюдал окислительные изменения в овсяных изделиях в зависимости от влажности и предварительной активации ферментов.

Карбонильные соединения, вызывающие прогорклый вкус, нельзя в общем рассматривать как отрицательно влияющие на аромат вещества, поскольку и в этом случае ощущение аромата зависит от концентрации и от качественного состава ароматобразующих веществ. Так, некоторые типичные при возникновении прогоркания вещества одновременно рассматриваются как важные компоненты аромата некоторых пищевых продуктов: гексаналь для пшеничного хлеба [56, 244], земляных орехов [247] и яблочного сока [248]; гексеналь для яблочного сока, измельченной земляники, бананов [248—250]; нона-диеналь для огурцов [251] и декадиеналь для хрустящего картофеля [252].

Из отрицательных, ухудшающих аромат, изменений, обусловленных действием микроорганизмов, у зерновых продуктов можно указать появление запаха плесени и неприятного запаха пшеничного хлеба, заболевшего картофельной болезнью.

О веществах, обусловливающих запах плесени, имеется мало сообщений. В последнее время появление затхлого и землистого запаха связывают с действием таких веществ, как производные декалола с метиловыми и изопропиловыми замещающими группами, образуемыми некоторыми видами *Streptomyces* [252—256].

Возможно, что затхлый и плесневый запах вызывается аналогичными компонентами. О биосинтезе этих веществ каких-либо определенных представлений не имеется.

И здесь очевидна связь между «приятными» и «неприятными» оттенками запаха. Плесневелый, затхлый, землистый или грибной запахи мы положительно оцениваем только у определенных пищевых продуктов, таких, как плесневые сыры, съедобные грибы, сладкий стручковый перец и красная свекла. В зерновых продуктах, наоборот, такой запах воспринимается отрицательно, так как он автоматически связывается с процессом порчи продукта.

Плесневение хлеба при хранении стараются предотвратить различными путями и прежде всего стерилизацией в упаковке, добавлением химических консервантов, облучением.

Все три возможных варианта могут вызвать изменение вкуса при передозировке: слишком продолжительная

стерилизация вызывает «вкус стерилизации», избыточное добавление консервантов приводит к восприятию постороннего вкуса, очень большие дозы облучения вызывают рыбный оттенок вкуса, который можно отнести за счет образования аминов.

Картофельная болезнь, вызываемая спорами *Vac. tenuisentericus*, при хранении пшеничного хлеба в условиях

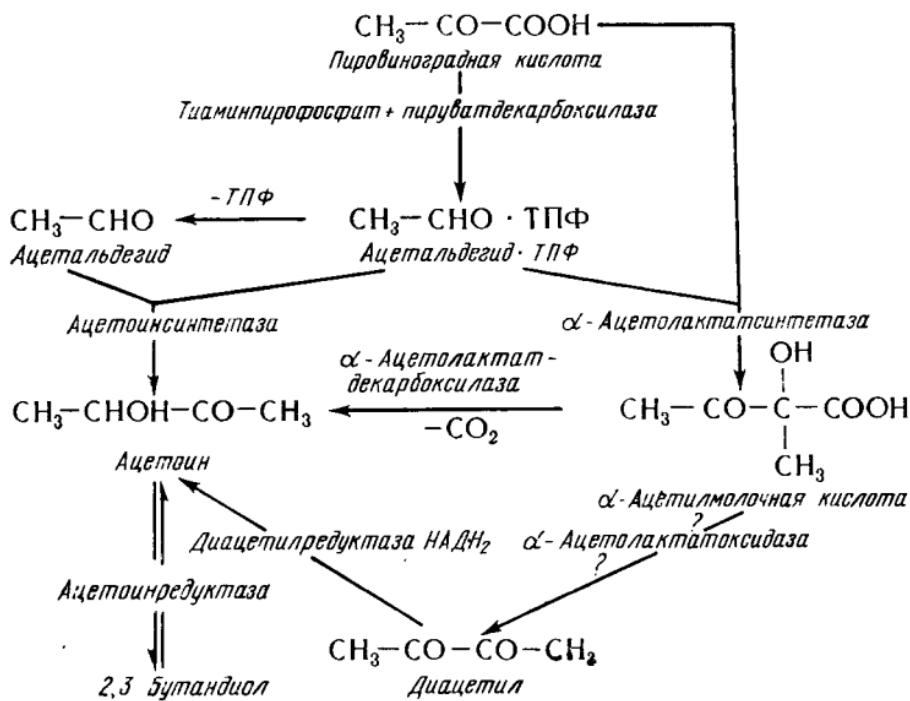


Рис. 22. Пути обмена веществ с образованием ацетоина и ди-
ациетила микроорганизмами.

повышенной температуры и влажности характеризуется не только липкостью мякиша и образованием тягучих нитей при разрезании, но и своеобразным резким неприятным запахом. Здесь обмен веществ, приводящий к образованию ацетона и диацетила, происходит не так, как это показано на рис. 6, а идет побочным путем, который при других процессах ферментации и брожения играет второстепенную роль.

Реакция может проходить двумя путями, что связано с циклом лимонной кислоты, так как из одного сахара ацетоин и дикацетил не образуются, нужна еще лимонная кислота. Здесь пировиноградная кислота является клю-

чевым веществом постольку, поскольку при ее формировании из сахаров одновременно образуются редуцирующие пиримидиннуклеотиды. Они снова восстанавливают пировиноградную кислоту в молочную, вследствие чего для синтеза α -ацетилмолочной кислоты пировиноградной кислоты не остается. Лишь при наличии цитрата и достаточно низком значении рН образуется пировиноградная кислота и осуществляются преобразования, показанные на рис. 22 [257—265].

Для того чтобы схема эта была принята безоговорочно, требуется окончательная уверенность в доказательстве образования диацетила из ацетолактата. После того как Pette [258] не установил окисления ацетоина в диацетил в первоначальных культурах, в настоящее время исследователи склоняются к тому, что образование диацетила происходит через α -ацетолактат. Возможно, что это образование протекает спонтанно, т. е. неферментативно.

Многие микроорганизмы продуцируют, вероятно, диацетилредуктазу [260]. Так как реакция этого фермента необратима [261], а ацетоин по сравнению с диацетилом дает меньшее ощущение запаха, то последняя ступень реакции имеет очень большое значение для образования аромата [266]. Низкое содержание диацетила во время брожения, следовательно, можно также отнести за счет большой активности диацетилредуктазы соответствующих микроорганизмов.

В процессе развития картофельной болезни резко увеличивается содержание диацетила, ацетоина и 2,3-бутандиола (см. табл. 8) [267, 268]. Увеличение содержания ацетоина и особенно 2,3-бутандиола намного превышает прирост диацетила. Вероятно, скорость восстановления через ацетоин в бутандиол выше, чем скорость образования диацетила. Несомненно, имеется связь между процессами, происходящими при картофельной болезни и показанными на рис. 22. Об этом свидетельствует и стимулирование образования ацетоина и диацетила через свободный ацетальдегид, если он добавлен в хлебное тесто в количестве 25 мг на 1 кг муки [268]. В остальном нельзя считать, что только диацетил является ответственным за ощущение неприятного запаха, поскольку содержание других обладающих сильным ароматическим действием веществ, как, например, изопентаналя, в процес-

се развития картофельной болезни тоже увеличивается [267].

Рассматривая картофельную болезнь, мы вернулись к исходному пункту нашей проблемы. Диацетил является типичным примером того, что лишь от концентрации зависит, положительно или отрицательно влияет ароматобразующее вещество, содержащееся в пищевом продукте, на формирование его аромата. В хлебе, пораженном картофельной болезнью, очень высокая концентрация его (15—30 мг/кг; см. табл. 8) приводит к появлению в выс-

Таблица 8

Изменение содержания карбонильных соединений в процессе развития картофельной болезни в пшеничном хлебе, хранившемся при температуре 38°C [267, 268]
(содержание в млн. долях)

Длительность хранения, сут	Посторонний запах	Образование нитей при разрезании	Содержание, мг/кг			
			ацеталь-дегид	изопентаналь	акетон	диацетил
0	—	—	7	2	1	0,4
1	(+)	—	22	3	8	2
2	++	(+)	14	2	30	5
3	+++	++	12	2	117	20
5	+++	+++	10	5	189	32
7	+++	+++	10	4	109	16

шей степени неприятного запаха. Напротив, обычная концентрация диацетила в пшеничном хлебе (0,2—0,5 мг/кг) оказывает положительное действие на формирование аромата [269]. Высокое содержание диацетила отрицательно сказывается и на запахе лива [270]. В сыре в количестве выше 0,5 мг/кг диацетил тоже вызывает отрицательное вкусовое восприятие, но в меньших количествах положительно влияет на развитие аромата [271, 272]. В апельсиновом соке содержание диацетила более 0,3 мг/кг является показателем начала порчи продукта при хранении [273]. Содержание диацетила в масле

[274], вине [274] и коньяке [276] является важным положительным показателем качества.

Примеров такого ощущения аромата, в основе которого лежит доза вещества, можно было бы привести много. Хочется сказать еще об одном: цис-гептен-4-аль в количестве 1 мг/кг способствует улучшению аромата сливочного масла [277] и может быть использован для ароматизации как придающий «аромат сливок» [278]. При концентрации же выше 2 мг/кг, напротив, появляется прогорклый запах и вкус долго хранившегося продукта. Участие транс-изомера этого соединения в формировании аромата в конечном итоге приводит к появлению исключительно неприятного запаха клопов [279].

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АРОМАТА ХЛЕБА

3.1. ЗНАЧЕНИЕ ОБЪЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА АРОМАТА ХЛЕБА ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Во всех промышленно развитых странах выпечка хлеба перешла от ремесленного производства в мелких пекарнях к современному высокомеханизированному производству на крупных и средних по мощности предприятиях. Так, например, в ГДР до 1950 г. 80% хлебобулочных изделий выпекалось в кустарных пекарнях. В настоящее время половина этой продукции производится на современных хлебозаводах.

Промышленное производство дешевого хлеба и хлебобулочных изделий должно быть рентабельным и экономичным. Для этого необходимо сведение к минимуму затрат:

рабочей силы — путем механизации и автоматизации процессов производства;

времени — путем возможного сокращения длительности всех стадий процесса производства;

энергии — путем рационального и экономного использования всех ее видов;

сырьевых ресурсов — путем рационального и экономного использования всех видов сырья и снижения технологически неоправданных потерь и затрат питательных

веществ, содержащихся в сырье. Однако следует иметь в виду, что чрезмерное сокращение отдельных затрат может привести к ухудшению вкусовых свойств продукции.

Производство хлеба на современных комплексномеханизированных и автоматизированных поточных линиях предъявляет дополнительные требования к единообразности и стабильности свойств перерабатываемого сырья и в первую очередь муки. Ныне действующие стандарты на муку хлебопекарную в недостаточной мере включают показатели, характеризующие ее технологические свойства и качество получаемого из нее хлеба. О свойствах же муки, которые могут влиять на аромат хлеба, имеются лишь общие представления. Конкретные показатели этих свойств и тем более нормативы по ним вообще не установлены.

Отсутствуют и простейшие методы и средства, необходимые для текущего объективного контроля этих свойств в муке и аромата в готовой продукции.

В целях повышения экономичности промышленного производства хлеба стремятся чаще всего к сокращению длительности процессов тестоприготовления и выпечки, снижению затрат энергии. Это, однако, таит в себе опасность ухудшения вкуса и аромата хлеба, на что уже указывают исследователи многих стран [280—289].

Точное установление факта и степени ухудшения вкуса и аромата хлеба, выпекаемого по сокращенным во времени схемам, затрудняется тем, что вкусовые и ароматические свойства хлеба контролируются в производственных условиях, как правило, органолептическими и дегустационными методами со словесной и недостаточно точной характеристикой этих свойств. К тому же пока еще нет, как отмечалось, узаконенных стандартами объективных, простых и быстрых аналитических методов для определения и количественного выражения вкуса и аромата хлеба.

Поэтому в последующих разделах мы рассматриваем методы и результаты аналитического определения в хлебе ароматобразующих веществ, имея в виду возможность нахождения отдельных таких веществ, определение содержания которых в хлебе позволило бы количественно характеризовать и оценивать аромат хлеба.

Это одно из существенных направлений современных исследований аромата хлеба.

3.2. АНАЛИТИЧЕСКОЕ УСТАНОВЛЕНИЕ РАЗЛИЧИЙ В АРОМАТЕ ХЛЕБА, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЕГО СОРТОМ

В ГДР наряду с тремя основными сортами хлеба (пшеничный из высокосортной муки, ржаной и ржано-пшеничный) производится много специальных сортов изделий, количество которых непрерывно увеличивается [291, 292]. В ФРГ выпускается около 300 сортов хлебобулочных изделий [290]. Такой широкий ассортимент хлебных изделий имеется, пожалуй, еще в Советском Союзе, Польше и Скандинавских странах. Это объясняется тем, что перечисленные страны являются единственными, в которых, помимо пшеницы, в большом объеме для производства хлеба используется рожь. При переработке ржаной муки имеется больше возможностей для получения ароматного хлеба, чем при переработке пшеничной.

При производстве хлеба из ржаной муки наряду с разнообразными добавками, влияющими на аромат и питательную ценность (солодовая мука, тмин и другие пряности, капустный рассол, пахта, пшеничные зародыши и др.), большие вариации в образовании аромата могут дать также различные помолы муки, специальные виды изделий и технологические приемы (хрустящие хлебцы, предварительная обжарка, выпечка хлеба для пумперникаля* в паровой камере).

Аромат различных сортов хлеба зависит и от интенсивности вкуса, и от его характера.

Интенсивность вкуса в пшеничном хлебе выражена менее заметно, чем в ржаном. На характер вкуса может иметь влияние технология производства. Так, например, из одной и той же ржаной муки из целого зерна можно изготовить три сорта хлеба (крупный подовый хлеб, хрустящие хлебцы и пумперникель), резко отличные друг от друга по вкусу.

Подвергнуть исследованию разницу в аромате различных сортов хлеба с помощью аналитических определений с практической точки зрения желательно. Необходимо, однако, учесть, что возможности количественного определения аромата еще очень ограничены.

* Нарезанный на ломтики и упакованный в пленку длительно выпекавшийся в паровой камере хлеб из ржаной муки из целого зерна. — Прим. ред.

Хроматографические и фотометрические методы разделения и определения ароматобразующих веществ также не гарантируют абсолютной достоверности результатов, исключающих влияние посторонних веществ [72, 266, 269, 293]. Пока мы еще очень далеки от возможности дать точную аналитическую характеристику ощущения аромата, который определяется сенсорными методами. Реализация этой проблемы является первоочередной задачей при дальнейших исследованиях в области изучения аромата (см. разделы 5.1 и 5.2).

В табл. 9 приведены усредненные данные, показывающие отличия в содержании отдельных ароматобразующих веществ в таких сортах хлеба, как:

хлеб пшеничный белый (из муки 75%-ного выхода);
хлеб ржаной серый (из муки ржаной 84%-ного выхода);

Таблица 9

Содержание ароматобразующих веществ в четырех сортах хлеба
(средние данные в мг/100 г свежего продукта)

Ароматобразую- щие вещества	Пшеничный белый хлеб		Ржаной серый хлеб		Ржаной хлеб из муки из целого зерна		Пумпер- никель (мякиш)
	мякиш	корка	мякиш	корка	мякиш	корка	
Этанол	3900	1800	3400	1100	2300	1000	1600
5-Оксиметил- фурфурол	9	40	12	300	20	400	70
Ацетальдегид	4,3	12,8	4,7	22,6	4,6	26,2	7,1
Изопентаналь	1,2	4,7	2,7	15,2	1,9	19,0	4,6
Фурфурол	0,3	5,5	1,5	12,4	2,3	28,7	27,4
Метилглиоксаль	0,7	0,8	1,5	8,9	1,9	13,5	4,3
Изобутаналь	0,3	2,6	0,9	6,0	0,8	12,9	1,8
Ацетон	0,7	4,5	1,4	5,6	2,0	6,5	1,9
Ацетоин	0,9	1,0	0,2	1,1	0,3	0,7	5,0
Диацетил	0,2	0,9	0,2	1,3	0,2	1,3	0,7

хлеб ржаной из муки из целого зерна;
пумперникель.

По нарастающей степени интенсивности сенсорного ощущения аромата, исследовавшиеся сорта хлеба располагались в ряд: пшеничный белый хлеб — ржаной серый хлеб — ржаной хлеб из целого зерна — пумперникель.

Данные табл. 9 отражают содержание в этих сортах хлеба лишь 10 ароматобразующих веществ из 211 уже открытых в тесте и хлебе (см. табл. 5). Несмотря на столь ограниченный круг определявшихся ароматобразующих веществ, данные этой таблицы позволяют рассматривать вопросы аромата хлеба в интересном аспекте.

Сравнивая содержание определявшихся ароматобразующих веществ (см. табл. 9), следует отметить, что в корке хлеба этанола содержится значительно меньше, чем в мякише, в то время как всех остальных определявшихся ароматобразующих веществ в корке намного больше (по их общему количеству в пшеничном хлебе примерно в 4 раза, в ржаном в 15 раз больше), чем в мякише. Степень превышения содержания в корке по сравнению с содержанием в мякише для отдельных ароматобразующих веществ и у отдельных сортов весьма различна: в пределах от 1,1 раза (ацетон — в пшеничном хлебе) до 25 раз (5-оксиметилфурфурол в ржаном сером хлебе).

Суммарное содержание определявшихся ароматобразующих веществ (кроме этанола) в мякише четырех исследовавшихся сортов хлеба (пумперникель — продукт, практически состоящий только из мякиша) составляло: для хлеба пшеничного 17,6 мг/100 г, ржаного серого 25,1, ржаного из муки из целого зерна 34,0, пумперникаля 167,8 мг/100 г.

Величина этого показателя для данных сортов хлеба возрастает прямо пропорционально интенсивности сенсорного ощущения их аромата. Исходя из этого, хотелось бы предположить, что содержание этих веществ в мякише хлеба могло бы быть использовано как «индекс» (индикатор) сенсорно определяемого аромата хлеба. К рассмотрению этого вопроса мы еще вернемся в разделе 5.

Различия в интенсивности и характере вкуса изучавшихся образцов хлеба дополнитель но обусловливаются

вкусовыми ощущениями у ржаного хлеба «кислого», а у пшеничного хлеба и пумперникаеля — «кислого» и одновременно «сладкого» оттенка вкуса (см. раздел 1.1.).

Во всяком случае, на основании современного уровня знаний степени кислотности нельзя придавать то значение в общем восприятии вкуса хлеба, какое приписывалось ей раньше [21]. Избыточная или явно низкая кислотность хлеба является показателем отклонений в протекании процессов кислотообразования в фазе тесто-приготовления, а косвенно и изменения вкусовых свойств хлеба. Если хлеб обладает к тому же сильным ароматом, как, например, ржаной, сенсорными методами не всегда

Таблица 10

Показатели, связанные с покоричневением корки при выпечке пшеничного белого и ржаного серого хлеба

Показатели	Пшеничный хлеб	Ржаной хлеб
Объем, мл	2810	2800
Плотность, г/мл	0,35	0,54
Время достижения температуры 98°C в центре мякиша, мин	27	40
Оптимальная длительность выпечки, мин	40	55
Толщина корки, мм		
верхней	4,6	4,1
нижней	5,6	5,4
Удельный вес корки в общей массе хлеба, %	21,2	20,4
Вкус корки	Малоароматный	Сильноароматный, солодово-горьковатый
Покоричневение корки (коэффициент отражения), %	27,4	16,5
Содержание в корке, мг/100 г		
фурфурола	6	17
оксиметилфурфурола	25	200

удается выявить отрицательную роль избыточной кислотности.

Значительные различия отдельных сортов хлеба в интенсивности вкуса и содержании ароматобразующих веществ лишь частично можно объяснить видом муки, типом помола и выходом. Вкус и аромат хлеба прежде всего зависят от продолжительности выпечки. Длительность выпечки хлеба определяется главным образом его массой (см. табл. 28).

В табл. 10 приведены сравнительные данные окрашенности корки и ароматобразования в ней для образцов пшеничного белого формового хлеба массой 1,0 кг и

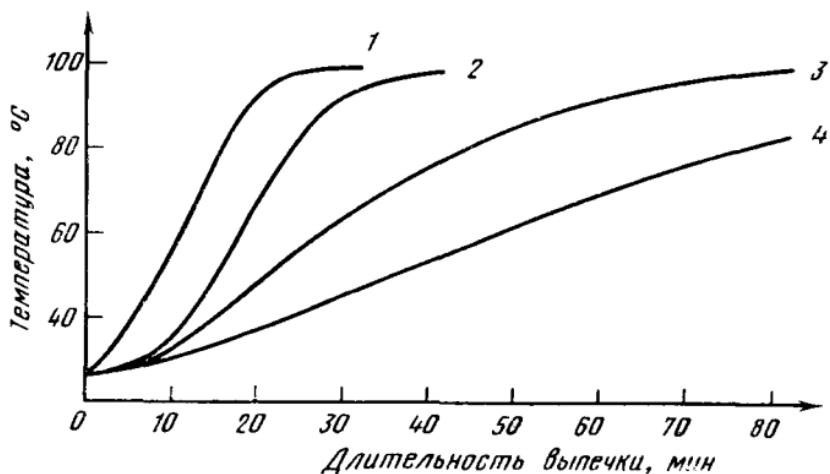


Рис. 23. Изменение температуры в центре мякиша при выпечке некоторых сортов хлеба:

1 — пшеничный белый хлеб формовой массой 1 кг; 2 — ржаной серый хлеб массой 1,5 кг; 3 — пшеничный хлеб из муки из целого зерна формовой массой 2 кг; 4 — хлеб для пумперникаля массой 1,5 кг.

ржаного серого хлеба массой 1,5 кг. При разной массе объем обоих образцов был одинаков вследствие большей разрыхленности пшеничного хлеба и меньшей его плотности.

Намного большая и тонкостенная пористость мякиша пшеничного хлеба и меньшее отношение массы теста к его объему приводят к более быстрому прогреву тестовой заготовки в процессе выпечки. Максимальная температура центра мякиша 98°С достигается поэтому у пшеничного хлеба за 27 мин, а у ржаного такого же объема и при

одинаковом подвиде тепла — лишь через 40 мин. Повышение температуры при выпечке различных сортов хлеба представлено в виде графика на рис. 23 (см. также и [294—296]).

В результате большой разницы в длительности выпечки обоих сортов хлеба, показанной в табл. 10, потребляется и разное количество тепловой энергии. То, что оба образца хлеба имеют почти одинаковые величины толщины корки и доли корки в массе хлеба, на первый взгляд может показаться неожиданным.

Обычно склоняются к тому, что у ржаного хлеба, выпекающегося более продолжительное время, следует ожидать образования и более толстой корки, так как в принципе толщина корки является функцией длительности выпечки. При таком подходе очень легко упустить из виду и не учесть разницу в структуре и разрыхленности выпекаемых тестовых заготовок этих сортов хлеба.

Для аромата корки, образующейся в процессе выпечки, значение имеет не только ее толщина и масса, но и интенсивность реакции ее покоричневения. В этом отношении, как видно из табл. 10, для пшеничного и ржаного хлеба наблюдается существенное различие. В ржаном хлебе в результате более длительной выпечки, более высокого содержания предшественников будущего ароматобразования, обусловленного более высоким выходом муки, а также и более низкой величиной pH теста создаются наиболее оптимальные условия для прохождения реакции Майара. Поэтому степень покоричневения корки ржаного хлеба значительно выше, чем пшеничного, о чем свидетельствуют приведенные в таблице величины коэффициента отражения.

Вследствие различий в скорости прогрева тестовых заготовок при выпечке различных видов и сортов хлеба, различна и оптимальная для них длительность процесса выпечки (см. табл. 28). Длительность выпечки влияет на интенсивность и характер вкусовых ощущений, содержание и соотношение в хлебе отдельных ароматобразующих веществ.

Если исходить из того, что при выпечке одновременно образуется и улетучивается большинство ароматобразующих веществ, то с возрастанием длительности выпечки должно происходить постепенное накопление трудно-летучих веществ. То, что это имеет место в действитель-

ности, схематично показано на рис. 24 для четырех легколетучих и двух труднолетучих ароматобразующих компонентов.

Если с увеличением длительности выпечки соотношение компонентов переместится в сторону преобладания более труднолетучих, то одновременно это должно сказать и на изменении характера вкуса. Вероятно, в этом и есть основная причина отличия аромата пшеничного бе-

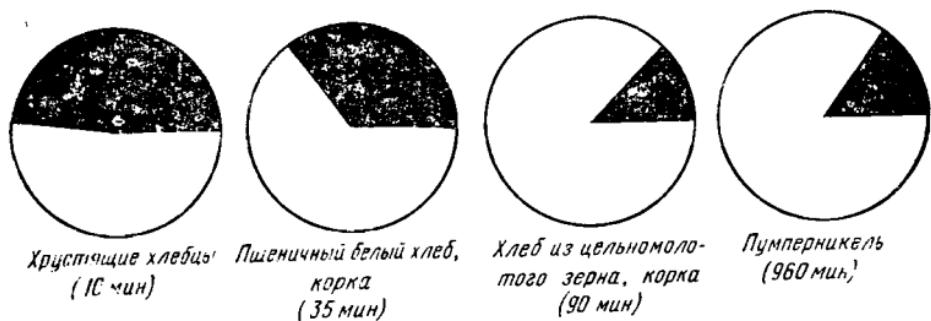


Рис. 24. Влияние длительности выпечки различных сортов хлеба на соотношение легко- и труднолетучих ароматобразующих веществ:
■ — легколетучие ароматобразующие вещества: ацетальдегид + ацетон + пропаналь + изобутаналь + изопентаналь; □ — труднолетучие ароматобразующие вещества: 5-оксиметилфурфурол + фурфурол.

лого хлеба от ржаного. Наряду с этим кислотность, сорт муки и различные добавки также могут влиять на различия аромата отдельных сортов хлеба.

3.3. Тестоведение и аромат брожения

3.3.1. Вкус и аромат пшеничного белого хлеба

Аромат хлеба всех сортов образуется на двух стадиях его производства: приготовления теста и выпечки. Хотя ароматобразующие вещества в принципе содержатся уже в зерне и муке, концентрация простых альдегидов и кетонов, найденных там, слишком незначительна, чтобы оказать влияние на аромат конечного продукта — хлеба.

На стадии приготовления теста ароматобразующие вещества формируются прежде всего в процессе брожения. Одновременно образуются и вещества-предшественники, из которых позже в результате термической реак-

ции при выпечке формируются ароматобразующие вещества. В процессе выпечки, с одной стороны, получаются новые ароматобразующие вещества, с другой, наблюдается частичное улетучивание компонентов аромата. То, что значительная часть веществ, образующих приятный аромат, в процессе выпечки теряется, мы ощущаем по запаху вблизи хлебопекарных предприятий.

Для отдельных сортов хлеба эти две важнейшие фазы технологического процесса — тестоприготовление и выпечка — имеют различное значение в образовании аромата. Хотя общим для формирования оптимального аромата хлеба всех сортов является лишь сочетание и взаимосвязь этих обеих фаз технологического процесса, для пшеничного хлеба тестоприготовление имеет все же большее значение, чем для ржаного.

Современный сенсорный анализ пшеничного белого хлеба и булочек, проводимый специально обученными дегустаторами, позволяет наряду с истинно вкусовыми ощущениями «соленый», «кислый» и «сладкий» познавать и регистрировать и ароматы следующего характера:

«дрожжевой аромат», определяемый количеством и качеством добавляемых дрожжей;

«аромат брожения», обуславливаемый присутствием определенных ароматобразующих веществ, формируемых в процессе брожения;

«аромат печеных мучных кондитерских изделий», вызываемый летучими веществами, их поверхностной (корочкой) части (см. [297, 298]).

Недостаточность всех этих трех названных компонентов запаха наблюдается при физическом (без процесса брожения) разрыхлении теста, если при этом специально не позаботиться о соблюдении вкуса и аромата [299, 300, 211].

При сенсорной оценке это проявляется не только в резко сниженной интенсивности аромата, но и в утрате полноты и гармонии ощущения вкуса. Одновременно здесь проявляются оттенки вкуса, напоминающие вкус сырых, тестообразных и вареных зерновых продуктов (риса, галушек, клецок, макарон). Rotsch, Schulz [301] описывают появление такого характера вкуса после продувания мякиша хлеба влажным воздухом.

Давно известное значение дрожжей для вкуса и аромата пшеничного хлеба было доказано и экспери-

ментально в 1959 г. Miller, Mc Williams и Matz [302], установившими, что при приготовлении теста, разрыхленного без внесения дрожжей, типичный хлебный вкус и аромат был выпеченым хлебом полностью утрачен. Jacel и Ersoy также органолептически подтвердили значение дрожжевых компонентов для вкуса пшеничного хлеба [297]. В пределах нормальных (1—4 %) дозировок влияние свежих дрожжей на вкус хлеба незначительно [303]. Следовало бы избегать добавок свыше 6 %, потому что в таких случаях оттенок вкуса и аромата, свойственный самим дрожжам, оказывается слишком доминирующим [304].

«Аромат брожения» вызывается определенными продуктами обмена веществ бродильных микроорганизмов теста. Сокращение длительности вымешивания теста, характерное для однофазных (безопарных) способов его приготовления, снижает интенсивность аромата пшеничного хлеба. Это обусловлено в первую очередь недостаточным содержанием в тесте продуктов брожения (см. 3.3.2).

«Аромат печеных мучных кондитерских изделий» может быть связан с присутствием веществ, обычных в сладких печеных изделиях, таких, как ванилин, малютол и диацетил. Эти частные компоненты «букета» пшеничного белого хлеба усиливаются одновременным ощущением во вкусе и известной сладости. Добавки сахара легко могут поэтому сделать степень привкуса печеных кондитерских изделий в хлебе, превышающей его желательный уровень.

Однако восприятие вкуса аромата при дегустации может существенно изменяться вкусовыми ощущениями. Так, например, добавки сахара в количестве нескольких процентов от массы муки определенно сказываются на усилении аромата корки (см. раздел 4.2). Добавки сахара должны быть столь высокими, чтобы только часть внесенного в тесто сахара была потреблена бродильными микроорганизмами теста.

Добавка поваренной соли обычно в количестве 1,5—2 % от массы муки в тесте является решающей для вкуса пшеничного хлеба. Более высокие добавки соли снижают бродильную активность теста [303]. Улучшить пресный вкус бессолевого диетического хлеба можно лишь

очень условно, добавив вещества — заменители поваренной соли (см. раздел 4.2).

Ощущение «кислого» в пшеничном хлебе лишь в очень ограниченной степени существует в общем вкусовом комплексе ощущений. Кислотонакопление, даже при опарном способе приготовления теста, незначительно и не играет существенной роли в общем характере воспринимаемого вкуса хлеба [305]. Тем не менее нельзя пренебречь влиянием кислого оттенка вкуса пшеничного хлеба. Незначительные добавки лимонной, уксусной или молочной кислот благоприятно действуют на вкус пшеничного белого хлеба [306]. Бактерии, образующие пропионовую кислоту, намного слабее по интенсивности кислотообразования, чем молочнокислые бактерии, и поэтому были рекомендованы для безопарного ведения пшеничного теста. Они придают вкусу своеобразный терпко-кисловатый характер [307].

Ощущение «горького» в пшеничном белом хлебе в противоположность ржаному считается результатом недоброкачественного сырья или неправильного ведения технологического процесса. Горький вкус чаще всего наблюдается у слишком долго хранившейся муки, и прежде всего у муки высокого выхода [240]. Определенный оттенок «горького» желателен только в корке пшеничного хлеба, но в значительно меньшей степени, чем в некоторых сортах ржаного хлеба, где более горький вкус корки при наличии более высокой концентрации ароматобразующих веществ и кислот может гармонично влияться в общее восприятие вкуса.

На общее ощущение вкуса хлеба при его потреблении значительно влияет еще восприятие при дегустации структуры пористости и консистенции мякиша. Слишком мелкая пористость, соответствующая исключительно большому объему, неблагоприятна для аромата пшеничного хлеба [308]. И здесь наблюдаются существенные различия в традиционных способах приготовления хлеба и представлениях потребителей на разных географических широтах. В США, Австрии, Швеции лучшим по качеству считается очень разрыхленный пшеничный хлеб большого объема [309—311]. В Центральной и Западной Европе в целом не признают такую «ватообразную» структуру и консистенцию, а предпочитают определенную «прочность» мякиша [312].

3.3.2. Аромат пшеничного хлеба при сокращенном тестоприготовлении

Промышленное производство пшеничного хлеба в последние десять лет переживает переломный момент. Прежние представления о необходимости и значении отдельных фаз производственного процесса под влиянием экономических соображений и научных разработок подвергаются постоянным изменениям и ревизии. В противоположность прежнему способу производства важнейшие изменения направлены на:

сокращение длительности замеса и образования теста путем применения высокоскоростных тестомесильных машин и химических средств «развития» теста;

сокращения общей длительности брожения и постепенный переход на непрерывнопоточное проведение производственного процесса.

Первые два направления приводят к радикальному сокращению всего технологического процесса и непосредственно связаны с образованием аромата в хлебе.

При обычном способе приготовления теста для пшеничного хлеба фазы брожения занимают больше половины общей длительности процесса производства хлеба. За это время должно произойти:

образование и созревание теста;

ферментативное образование сахаров, необходимых для прохождения процесса брожения;

развитие дрожжей как условие для быстрого увеличения объема тестовых заготовок при расстойке в результате разрыхления теста выделяющимся при брожении углекислым газом;

образование в результате брожения ароматобразующих веществ и веществ-предшественников, необходимых для построения ароматобразующих веществ при выпечке.

При этом особое значение отводится образованию и созреванию теста, которые начинаются со стадии замеса и завершаются периодом его сбраживания до деления теста на куски. Время, необходимое для этих стадий технологического процесса, можно значительно сократить путем внедрения современных технологических средств.

Для этой цели используются так называемые скоростные или интенсивного действия тестомесильные машины, которые в отличие от прежних тестомесильных устройств

работают с очень высокой частотой вращения (до 1000 об/мин) при резком сокращении длительности замеса теста (менее 5 мин) [308]. При этом к тесту подводится большое количество энергии, что ускоряет образование теста, а это означает, прежде всего, образование клейковинного структурного остова теста, чему способствуют разрывы дисульфидных связей белковой молекулы и ее развертывание [314]. Время созревания теста по сравнению с временем чисто биологического его развития путем длительного брожения составляет при этом 2% ранее требовавшегося времени [315].

Большое значение имеет и одновременное добавление улучшителей окислительного действия (бромата калия, йодата калия, аскорбиновой кислоты), чтобы быстро окислительно стабилизировать образовавшийся белковый остов теста. Добавки при этом и цистеина также соответственно изменяют свойства теста [316]. Одновременные добавления жира улучшают технологические хлебопекарные свойства теста и способствуют образованию тонкостенной пористости мякиша [317]. Таким образом, к механическому ускорению образования теста добавляется и химическое.

С применением этих современных технических средств и мероприятий достигается сокращение длительности основных стадий тестоприготовления при производстве хлеба. Недостатки, вызываемые сокращением процесса тестоприготовления, как нам кажется на первый взгляд, можно легко устранить. Уменьшение сахараобразования при сокращенном брожении теста можно компенсировать добавлением в тесто сахара*, недостаток бродильной активности дрожжей — увеличением их дозировки [318]. При интенсивном замесе происходит и больший захват тестом пузырьков воздуха.

Сочетание с избыточным давлением или вакуумом тоже может служить дополнительным средством разрыхления теста, в результате чего можно добиться желаемой консистенции мякиша [319—321].

Открытым остается вопрос образования аромата в сокращенной фазе брожения теста, значение которого для качества хлеба, согласно данным табл. 11, до сих пор еще является спорным.

* Либо амилолитического ферментного препарата. -- Прим. ред.

Таблица 11

**Влияние условий брожения полуфабрикатов при приготовлении теста на аромат пшеничного белого хлеба
(сенсорное определение разницы в аромате хлеба, приготовленного обычным и сокращенным способом тестоведения)**

Источник, год публикации	Способ ускоренного приготовления теста для хлеба, сравниваемого с хлебом из теста, приготовленного обычным способом	Различие
[320], 1963	Чорливудский способ	0
[322], 1963	С безмучным жидким полуфабрикатом, сбраживаемым при 35°C	+
[323], 1965	Интенсивный замес теста, с сокращением длительности брожения на 50%	0
[309], 1965	С безмучным жидким полуфабрикатом, сбраживаемым при 27°C	+
[324], 1966	С безмучным жидким полуфабрикатом, сбраживаемым при 37°C	+
[325], 1968	С безмучным жидким полуфабрикатом, сбраживаемым при 30°C	0
[326], 1968	С перекачиваемым насосом полуфабрикатом, содержащим 30% массы всей муки и сбраживаемым при 30°C	0
[326], 1968	С полуфабрикатом, содержащим 70% массы всей муки и сбраживаемым при 26°C	0

На первый взгляд кажется противоречивым часто встречающееся в литературе утверждение, что на характер вкусовых достоинств пшеничного хлеба положительно влияют определенные добавки или современные методы замеса. Характер добавок, предлагаемых для этой цели (например, цистеин, бромат [328—330], сырье, обладающее липоксигеназной активностью [331—332], жиры [317], дает основание предполагать, что речь идет исключительно или в первую очередь об их влиянии на свойства мякиша. Более тонкостенная или более равномерная структура пористости или лучшая «сочность» мякиша непосредственно не имеют ничего общего с прямым восприятием аромата.

В противоположность положительным высказываниям о вкусовых свойствах хлеба, приготовленного по совре-

менной ускоренной технологической схеме, существует утверждение, что в США, например, быстрая технология приготовления хлеба привела к получению хлеба безвкусного и неароматного [288]. Внедрение производства такого хлеба снизило его потребление [333—335]. Coffman удалось подтвердить снижение вкусовых свойств хлеба как результат сокращения длительности процессов брожения и аналитическим путем доказать это по содержанию изопентанола в печных парах [90]. Результаты исследований Ройтера и Скориковой в Советском Союзе [336] свидетельствуют об уменьшении содержания карбонильных соединений в хлебе, приготовленном по сокращенной технологии.

Таблица 12

Сенсорное попарное (номера образцов 1 и 2)
сравнение интенсивности аромата мякиша пшеничного хлеба
при одинаковых способах замеса и различных способах
тестоприготовления

(количество знаков — характеризует степень различия в аромате.
В цифровых отношениях первая цифра означает число дегустаторов,
нашедших различия в аромате, вторая — не нашедших)

Приготовление теста для сравниваемых образцов хлеба				Результаты сравнения при замесе теста		
№ 1		№ 2		интенсив- ном	интенсив- ном под вакуумом	обычном
опара	фаза бро- жения теста	опара	фаза бро- жения теста			
+	+	—	—	21:5 ***	14:3 **	14:2 **
—	+	—	—	6:5	18:7	12:6
+	—	—	+	12:8	12:6	8:8
+	—	—	—	9:6	11:7	8:6
—	—	+	—	12:7	9:8	12:7
—	—	—	+	18:8 *	10:7	12:4 *

Наши собственные исследования, посвященные этой проблеме, проводились сенсорным и аналитическим путем. При сенсорном определении аромата методом сравнительной оценки пар образцов удалось прежде всего доказать (табл. 12), что только использование различ-

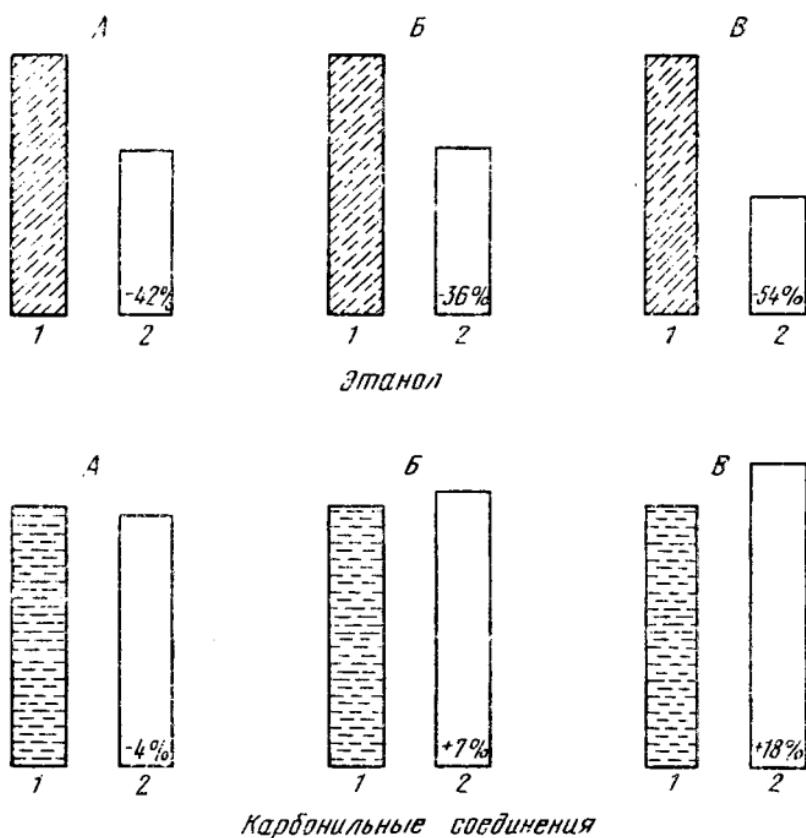


Рис. 25. Влияние различных вариантов сокращения длительности брожения на содержание этанола и карбонильных соединений в мякише пшеничного хлеба:

А — замес теста: 1 — обычный, 2 — интенсивный; Б — способ приготовления теста: 1 — опарный; 2 — безопарный; В — фаза брожения теста до разделки: 1 — имеет место; 2 — отсутствует.

ных вариантов замеса теста (обычный замес, интенсивный замес, интенсивный замес под вакуумом) не влияет на интенсивность запаха пшеничного хлеба. Зато при различных вариантах тестоприготовления в мякише исследуемых образцов хлеба, приготовленного при очень коротком времени ферментации, обнаруживалась самая

значительная разница интенсивности аромата мякиша по сравнению с мякишем хлеба, приготовленного при длительной фазе брожения.

На рис. 25 приведены диаграммы содержания в мякише пшеничного хлеба этанола и карбонильных соединений (ацетальдегида, ацетона и 3-метилбутаналя) [337]. Способы тестоведения те же, что и показанные в табл. 12.

Эти диаграммы характеризуют относительное (в разных вариантах пар образцов хлеба) содержание в мякише этанола и упомянутых карбонильных соединений.

Относительное содержание карбонильных соединений в мякише подтверждает сенсорно установленное отсутствие значительного отклонения в аромате мякиша образцов хлеба, различающихся только по способу замеса (обычный и интенсивный). В то же время в вариантах пар образцов, различающихся по способу тестоприготовления (с опарой или без опары, с обычной или укороченной фазой брожения теста), относительное содержание указанных карбонильных соединений в мякише не согласуется с сенсорной оценкой интенсивности его аромата.

Иначе проявляет себя этанол, и, вероятно, его скорее можно использовать как показатель при изучении данной проблемы.

Между карбонильными соединениями и этанолом, которые до сих пор почти исключительно применяются для аналитического определения аромата хлеба, существует большая разница — не говоря о количественном содержании в хлебе*: этанол, как типичный ароматобразующий продукт брожения, появляется исключительно на стадии брожения теста и при выпечке частично улетучивается. Карбонильные соединения, наоборот, образуются как в тесте, так и в процессе выпечки, причем в корке по сравнению с тестовой фазой их образуется во много раз больше. Если представить себе, что для пшеничного хлеба в отличие от ржаного «ароматобразующие вещества выпечки» не являются основными компонентами, определяющими его аромат в такой степени, как компоненты брожения, то можно допустить, что только ароматобразующие вещества брожения влияют на качество аромата пшеничного хлеба. Таким образом, этанол мог бы быть ис-

* Содержание в мякише хлеба этанола по сравнению с важнейшими карбонильными соединениями выше более чем на два порядка.

пользован как показатель при рассмотрении данной проблемы.

В связи с этим при проведении аналитического определения были включены некоторые другие «ароматобразующие вещества брожения». Таковыми были простые спирты, разделение которых удается с помощью газохроматографических методов [72, 338, 338а]. Опыты проводились с важнейшими вариантами тестоприготовления и брожения.

Табл. 13 освещает интересные аспекты, связанные с ароматом. С одной стороны, очевидно, что интенсивная

Таблица 13

Влияние способа замеса и приготовления теста на содержание в мякише хлеба простых спиртов

замеса	Способы		Содержание				% к содержанию при обычном замесе		
	тестоприготвления	опара	мг/100 г мякиша						
			фаза брожения	этанол	<i>n</i> -пропанол	2-метил-1-пропанол	изопентанол		
Обычный	—	—	+	360	80	260	375	100	100
Интенсивный	—	—	+	210	60	130	225	58	60
То же	+	—	—	300	75	260	390	84	104
»	—	—	—	155	40	140	180	43	47
»	+	+	+	485	170	490	750	135	199
Интенсивный под вакуумом	+	+	+	450	150	490	750	126	199

обработка теста уже приводит к сравнительно большим потерям ароматобразующих веществ брожения. С другой стороны, потери их происходят не только в фазе во время интенсивной обработки теста, но в основном в процессе выпечки [72, 338 а]. Причиной этого, возможно, явля-

ется большая внутренняя поверхность интенсивно перемешивавшегося теста. Самая большая разница в содержании ароматобразующих веществ брожения в мякише пшеничного хлеба «нормального приготовления» получается, если при интенсивном замесе теста одновременно отказываются и от опары и от фазы брожения теста. При этом из четырех ароматобразующих веществ брожения, подвергавшихся определению, в мякише хлеба находили только половину обычной нормы их содержания [338]. В то же время, например, повышенные потери ароматобразующих веществ брожения при интенсивном замесе теста можно, вероятно, компенсировать увеличением длительности его брожения. Эти важные данные согласуются с результатами, полученными путем сенсорного определения аромата и четко указывают границу, которую при современных ускоренных способах приготовления теста из пшеничной муки не следует переходить. И если мы хотим, чтобы такой способ промышленного производства пшеничного хлеба не сказывался отрицательно на качестве аромата, необходимо находить компенсирующие средства. Из этого вытекает практическая необходимость того, что нельзя пренебрегать брожением теста, применением опар или другими возможностями компенсирования снижения аромата хлеба при рационализации технологического процесса тестоприготовления.

Обобщая, можно сказать, что современные сокращенные методы тестоприготовления не обязательно должны приводить к потере аромата. Механическое и химическое ускорение тестообразования, однако, может дать ухудшение вкусовых достоинств хлеба, если не обеспечить необходимую степень формирования ароматобразующих веществ путем создания благоприятных для этого условий процесса брожения. Следовательно, в интересах сохранения аромата прежде всего необходима фаза брожения теста или применение опары.

3.3.3. Приготовление теста на заквасках и аромат ржаного хлеба

При производстве ржаного хлеба применяют закваски, которые создают предпосылки для образования аромата, сильно отличающегося от аромата пшеничного хлеба.

Кислотообразование при этом имеет значение в первую очередь для более полного набухания белков ржи, а также для повышения пластичности и способности теста к разрыхлению. Одновременно в результате кислотообразования достигаются следующие эффекты, имеющие значение для вкуса и аромата:

1) молочная кислота, образующаяся в результате заквашивания, препятствует развитию других видов брожения, продукты которых неприятны во вкусовом отно-

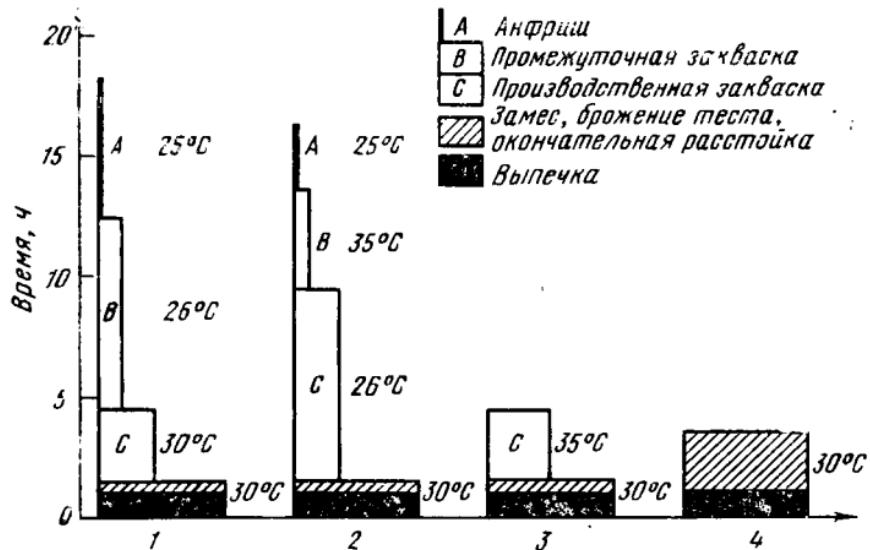


Рис. 26. Примеры расхода времени на различные способы приготовления закваски (ширина колонки характеризует соотношение массы отдельных полуфабрикатов на разных стадиях производственного процесса):

1 — промежуточная закваска на ночь; 2 — производственная закваска на ночь; 3 — сокращенная по длительности закваска; 4 — приготовление теста на сухих заквасках и кислотосодержащих препаратах.

шении, так как кислая среда неблагоприятна для развития вызывающих эти виды брожения бактерий;

2) сама образовавшаяся кислота способствует комплексности и усилению аромата ржаного хлеба;

3) кислая среда создает благоприятные предпосылки для образования приятных ароматобразующих веществ в процессе выпечки.

Известно многоступенчатое (многофазное) ведение заквасок, которое способствует, как известно из

опыта, созданию хорошего аромата хлеба. Многоступенчатый способ преследует также и обеспечение условий, благоприятных для размножения дрожжей в процессе тестоприготовления. Так как температурные оптимумы размножения дрожжей (26°C) и кислотообразующих бактерий заквасок ($37-40^{\circ}\text{C}$) отличаются друг от друга, нужно было при ступенчатом ведении процесса соблюдать различные условия температуры и влажности, которые отвечали бы как размножению дрожжей, так и образованию кислоты. Это является одной из основных причин большой затраты времени при традиционном многофазном способе ведения заквасок. На рис. 26 схематически показана затрата времени на процесс производства ржаного хлеба при разных способах приготовления теста на заквасках.

Современные сокращенные до одной фазы способы тестоприготовления не предусматривают размножения дрожжей. Брожение и кислотообразование происходят раздельно. Необходимый подъем и разрыхление теста достигается добавлением прессованных дрожжей; предпосылки для достаточного образования ароматобразующих веществ, таким образом, можно создать и при одноФазном ведении процесса.

При теплом ($27-35^{\circ}\text{C}$) и «мягком» ведении процесса образуется приятный нежно-кисловатый вкус. Так, например, оправдал себя сокращенный берлинский коротко-заквасочный способ тестоведения, разработанный в 40-х гг. [339—343].

При современных сокращенных технологических схемах особенно важно соблюдать определенные оптимальные условия для образования аромата. Здесь приобретает значение и образование определенной доли уксусной кислоты, так как эта кислота в пределах допустимых границ необходима для формирования (получения) оптимально кислого вкуса. Ржаное тесто, приготовленное на дрожжах с добавлением только молочной или лимонной кислоты, имеет недостаточно полно выраженный вкус из-за отсутствия летучих кислот [342].

В целом приготовление теплой и жидкой закваски способствует значительному образованию молочной кислоты и сильному аромату. «Холодные» и густые закваски обусловливают, наоборот, образование большей доли уксусной кислоты [339]. При пониженной ферментативной

активности ржаной муки более высокие температуры заквасок усиливают аромат хлеба [345].

Значение уксусной кислоты видно еще из того, что при одинаковой кислотности хлеба и различном содержании летучих кислот более кислый вкус ощущается в хлебе с высоким содержанием уксусной кислоты [340]. При одинаковой концентрации молочной и уксусной кислот, добавленных в дрожжевой хлеб, вкус уксусной кислоты проявляется сильнее [347]. Этот факт, кажется, находится в определенном противоречии с более сильной диссоциацией молочной кислоты. Это, вероятно, можно объяснить очень высокой летучестью уксусной кислоты.

Слишком высокая концентрация уксусной кислоты приводит к появлению дефектности хлеба, вкус которого воспринимается как резко кислый. Такое ощущение проявляется преимущественно при недостаточно разрыхленном мякише хлеба. Это, возможно, обусловлено уменьшенной внутренней поверхностью хлеба и более слабой связью летучей уксусной кислоты с мякишем хлеба. Односторонне кислый вкус проявляется и при переработке муки из проросшего зерна, если количество муки в закваске превышает по технологическим соображениям обычное [347].

Общее количество образовавшихся кислот и соотношение летучей уксусной и нелетучей молочной кислоты определяется условиями развития микроорганизмов закваски. Большинство истинно молочнокислых (гомоферментативных) бактерий, например *Lactobacillus plantarum*, менее чувствительны к повышенным температурам и влажности теста, чем гетероферментативные бактерии, которые одновременно образуют молочную, уксусную кислоту и CO_2 . Это является причиной того, что при «теплом» (27—35°C) и жидком ведении промежуточной или производственной закваски образуется в основном молочная кислота, а при применении густой и прохладной (22—26°C) закваски — в основном уксусная.

Для получения оптимального аромата хлеба, вероятно, имеет значение определенное соотношение молочной и уксусной кислот (так называемый «индекс брожения» по Rohrlich [73, 89]). Это соотношение может колебаться в достаточно широких пределах (от 70:30 до 90:10) без заметного влияния на аромат. Только большие отклонения в ту или иную сторону могут привести к получению слишком кислого или слишком пресного хлеба.

Возможно воздействие введения кислорода в закваску на соотношение в ней различных видов кислотообразующих бактерий. Это вызывает и соответствующее изменение вкуса хлеба. Этот способ используется при так называемых вспениваемых заквасках по Lubig [348, 349]. В начале каждой стадии очень жидкую закваску насыщается воздухом. Вследствие этого, вероятно, изменяется микрофлора: по наблюдениям Panzer [350] и Rohrlich [351], интенсивнее развивается *Lactobacillus brevis*, развитие же истинно молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* тормозится. В результате усиления жизнедеятельности гетероферментативных бактерий должен образоваться специфический приятный аромат.

Преимуществом (и целью) «теплого» и жидкого тестоприготовления является не только замедленное кислотообразование, но и соответствующее изменение аромата хлеба [340]. Ароматообразование должно усиливаться при повышении температуры закваски до 40°C [70, 74, 352]. При более длительном брожении теста при низких температурах также можно достигнуть необходимого образования кислого вкуса, обусловленного уксусной кислотой. Во избежание появления резко кислого вкуса время брожения теста не должно превышать 30 мин. Высокая кислотность, достигаемая таким методом ведения технологического процесса, хотя главным образом и обусловливается образованием молочной кислоты, но влечет за собой и абсолютное повышение содержания уксусной кислоты.

При приготовлении ржаного теста на сухих заквасках предварительное приготовление и ведение заквасок полностью отпадает и заменяется применением высушенной смеси закваски и муки с одновременным внесением в тесто и прессованных дрожжей, либо применением сухих подкисляющих препаратов, представляющих собой смесь чистых кислот, дрожжей и «набухающей муки» в качестве наполнителя.

Такого рода методы, несомненно, имеют ряд экономических и технических преимуществ и при определенных технологических параметрах дают хорошее качество хлеба. Однако неверно было бы полагать, что такие методы полностью решают проблему. Вероятно, только одним добавлением кислот не удастся создать в закваске предпосылки, способствующие образованию в хлебе аромата. Поэтому при применении подкисляющих тесто препара-

тов часто предлагается использовать также и небольшое количество закваски (например, от 10 до 15% муки в виде «основной закваски» [354]). Это является своего рода признанием обеднения аромата. Кислые концентраты плодовых соков также не могут заменить кислотообразование в заквасках без утраты аромата [355].

Добавление летучих кислот к препаратам — подкислителям теста (эти кислоты трудно связать с веществом-наполнителем) дает незначительное улучшение вкуса пресного хлеба, производимого без естественной закваски. Из работ Möttönen [356] следует, что при ведении закваски образуются не только кислоты, но и, вероятно, ферментативным путем предшественники веществ, образующих аромат в процессе выпечки. Автору удалось с помощью соляной кислоты ликвидировать дефекты прошлага зерна в ржаном хлебе. При этом кислотность теста повышалась настолько, что влекло за собой инактивирование ферментов и они не могли уже оказать вредного влияния на крахмал и белок. Несмотря на хорошую консистенцию мякиша, хлебу явно не хватало аромата. Следовательно, можно предположить, что очень низкое значение pH теста затормаживает действие и тех ферментов, которые обеспечивают образование предшественников аромата. Добавление молочной кислоты вероятно задерживает жизнедеятельность ароматобразующих бактерий, так как применение ее в сочетании с натуральной закваской все же вызывает несколько пресный вкус хлеба. Но тем не менее дополнительное к подкислителям добавление, например, от 10 до 15% закваски заметно улучшает аромат. Применяемая закваска должна быть густой и вести ее нужно при температуре 24°C (выход теста 150), чтобы через несколько дней она была готова. Содержание в такой закваске уксусной кислоты через 24 ч составляет 25% суммы всех кислот [357].

Разработанный в Австрии метод, по которому применяется смесь прессованных дрожжей и 20% кислотообразующих бактерий, был внедрен в определенных масштабах только для производства пшеничного и ржано-пшеничного хлеба [358]. Этот метод не нашел широкого применения ввиду уменьшения и изменения состава микрофлоры теста по сравнению с естественной флорой ароматобразования. По мнению Spicher и Stephan [359], в интересах нормального кислотонакопления чистые куль-

туры *Lactobacillus* следует добавлять непосредственно в тесто в качестве затора, в котором несколько адаптировать к среде мука—вода—тесто. При этом создаются более благоприятные предпосылки для последующего образования аромата при выпечке.

Подобного рода недостатки вкуса проявляются при применении сухой закваски по сравнению с традиционными методами применения обычной закваски. Увеличение количества соответствующих препаратов может компенсировать образование кислоты, но не может компенсировать образование соответствующего аромата.

Подобная точка зрения не должна служить причиной отказа от применения таких препаратов. Препараты сухой готовой закваски специально рекомендуются в тех случаях, когда неожиданно возрастает спрос на хлеб [360]. Их использование в общем не дает все же достаточно полно выраженного аромата.

Поэтому применение этих препаратов в повседневном производстве может вызвать отрицательную реакцию населения и привести к резкому снижению потребления хлеба.

Ведение жидкой производственной закваски непрерывным способом при температуре 35°C в заквасочных чанах с регенерацией части готовой закваски также не нашло широкого применения, так как через несколько дней использования таких заквасок может наступить постепенное ухудшение вкуса хлеба. Возможно, это связано с определенной дегенерацией бактерий заквасок [361]. В заквасочных емкостях с увеличением длительности брожения уменьшается доля уксусной кислоты, «индекс брожения» увеличивается [362]. При температуре в емкостях 35°C наблюдается более значительное снижение доли летучих кислот, чем при температуре 25°C [363].

Параллельно с изменением качественного состава кислот при непрерывном процессе ведения заквасок ухудшается и собственно аромат хлеба. Это, вероятно, связано с тем, что бактерии, которые образуют в основном только молочную кислоту (например, *Lactobacillus plantarum*), производят мало ароматобразующих веществ. Hampl и сотрудники [364] аналитическим путем установили снижение содержания ароматобразующих веществ хлеба при ведении закваски в течение недели. В табл. 14 приводятся некоторые результаты их работ.

Таблица 14

**Снижение общего содержания
в хлебе карбонильных соединений
при непрерывном ведении в течение одной недели
производственной закваски для
ржано-пшеничного хлеба**

Дни с начала производства закваски	Снижение содержания карбонильных соединений по сравнению с начальным, %
1	5
2	28
3	33
4	41
5	43

При производстве хлеба из ржаного шрота большое значение для его вкусового достоинства имеет предварительное набухание частичек шрота (особенно крупных). Недостаточное набухание в закваске крупных частичек шрота может привести к пониженному объему хлеба и пресному его вкусу, а также ускорить черствение хлеба. Используя водно-мучные болтушки и заварки, можно улучшить водопоглотительную способность. Заварки больше улучшают вкус, чем болтушки. Заварки, приготовленные на воде температурой 70°C, дают лучшие показатели вкуса готового изделия, чем заварки, приготовленные на кипящей воде [365].

Для улучшения водопоглотительной способности при приготовлении ржаного хлеба из шрота рекомендуется также и добавление мочки из черствого хлеба (до 3%) [366]. Закваски лучше вести, используя шрот наиболее грубого помола; для заквашивания необходимо использовать около 40% общего количества муки [367, 368].

3.3.4. Проблема аромата при приготовлении смешанных (из ржаной и пшеничной муки) сортов хлеба

Еще несколько десятилетий назад ржаной хлеб из муки средней степени вымоля (выход муки от 75 до 85%) являлся основным сортом в Германии, Чехословакии,

Польше и Дании. Такой хлеб был также распространен в Советском Союзе, Австрии и некоторых Скандинавских странах, хотя там не считался основным сортом. За последние два десятилетия можно наблюдать изменение этой ситуации в сторону увеличения добавления к ржаной муке все большего количества пшеничной муки. В результате этого производство чисто ржаного хлеба сократилось при одновременном увеличении производства смешанного хлеба.

Соотношение производства чисто ржаного и смешанного ржано-пшеничного хлеба составляло в ПНР в 1956 г. около 2:1, в 1962 г. около 1:6 [369]; в ЧССР в 1970 г. около 1:5 [370, 371]; в ФРГ в 1966 г. около 1:10 [372]; в ГДР в 1971 г. около 1:1 [373, 374]. Высказываются предположения, что такое изменение ассортимента хлеба вызвано не спросом потребителя, а требованиями промышленности из-за большей простоты переработки пшеничной муки в смеси на современных установках [375]. С другой стороны, увеличение дозы пшеничной муки снижает интенсивность аромата смешанного хлеба и способствует ускорению его черствения [343]. Однако изучение спроса потребителей, проведенное в ФРГ в 1954 и 1962 гг. Schwenzner [376], показало, что число потребителей, отдающих предпочтение смешанному хлебу, несколько снизилось (табл. 15).

Таблица 15

Предпочитаемые сорта хлеба в ФРГ (по Schwenzner 1954 и 1962 и по Steller 1969—1970 гг.)

Сорт хлеба	Процент высказываний		
	1954 г.	1962 г.	1969—1970 гг.
Пшеничный белый	19	12	4
Смешанный из ржаной и пшеничной муки	44	52	27
Ржаной из муки среднего выхода	37	36	22
Ржаной из муки из целого зерна	—	—	23
Черный *	—	—	21

* Очевидно, ржаной хлеб длительной выпечки из муки или шрота, полученных из целого зерна.—П р и м. р е д.

При сравнении процента лиц, приписывающих положительные свойства ржаному хлебу (см. табл. 16) с фактическим соотношением потребления ржаного и смешанного хлеба, составляющим в ФРГ 1:10, без сомнения получается необъяснимое противоречие [377, 378].

По сравнению с ржаным хлебом в смешанном хлебе не только уменьшается интенсивность аромата, но меняется и его характер. Степень этих изменений зависит от количества добавляемой пшеничной муки. На образование специального вкуса смешанного хлеба, по характеру отличающегося от вкуса ржаного хлеба, но не менее

Таблица 16

Мнения 2000 домашних хозяек, опрошенных Schwenzner, о соответствии отдельных видов хлеба нижеприводимым характеристикам свойств

Характеристики свойств хлеба	Процент опрошенных, относящих эту характеристику		
	к белому пшеничному хлебу и булочкам	к ржаному хлебу	к ржано-пшеничному хлебу
Особо питательный	7	69	22
Особенно полезный для здоровья	6	69	24
Чаще других рекомендуют врачами	15	65	17
Наиболее вкусен	23	37	39
Можно всегда есть	17	36	46
Особенно пригоден для детей	43	33	21
Предпочитаем гурманами	49	30	17
Вкусен, но не для приготовления любого бутерброда	53	30	12
Является скорее диетическим хлебом	61	23	12
Способствует тучности	77	9	10
Не следовало бы слишком часто есть	81	9	6
Легко сохнет	80	7	10

приятного, оказывают влияние различные факторы. Так, например, кислотность меняется в зависимости от добавки пшеничной муки.

По данным Детмольдского научного объединения по исследованию зерна [379], кислотность распространенных в ФРГ сортов хлеба в среднем следующая (в °Н):

Пшеничный хлеб	6	Ржаной обойный	8—14
Пшенично-ржаной	6—8	Пумперникель	14
Ржано-пшеничный	8—10		

Влияние добавления пшеничной муки на кислотность объясняется тем, что пшеничная мука не заквашивается (вносится в тесто, а не в закваску). Заквашивание пшеничной муки дает специфический неприятный вкус [380]. При производстве пшенично-ржаного хлеба без ухудшения вкусовых свойств хлеба допускается заквашивание только до 10% пшеничной муки [380, 381].

Pelschenke полагает [382], что для получения ржано-пшеничного и пшенично-ржаного хлеба с хорошими вкусовыми свойствами целесообразно увеличивать долю ржаной муки (в % к общему ее количеству в тесте), вносимой в закваску. По его мнению, эта доля должна быть при приготовлении чисто ржаного хлеба 40%, ржано-пшеничного — 40—60 и пшенично-ржаного — 50—70%.

Производство пшенично-ржаного хлеба на дрожжах применимо только, если количество ржаной муки составляет менее 25% и если обдирная ржаная мука имеет хорошее хлебопекарное достоинство. Производственно-технические преимущества приготовления теста на дрожжах не компенсируют недостатков в формировании вкуса и сохранении свежести [383].

Приготовление смешанного диетического хлеба без использования закваски приводит к ранее изложенным недостаткам характера вкуса хлеба. Эти недостатки частично можно устранить путем применения водно-мучной болтушки. Для этого примерно 30% общего количества ржаной муки с добавленными в незначительном (0,01—0,03%) количестве дрожжами ставятся на ночь на набухание при температуре ниже 20°C. Улучшение вкусовых свойств смешанного хлеба, приготовленного без закваски, достигается внесением 0,05% тмина [384].

Следствием высокой доли пшеничной муки в пшенично-ржаном хлебе является образование пресного вкуса.

Невыраженность вкуса и недостаточный аромат наблюдается особенно часто при применении очень светлой пшеничной муки [340, 385]. В какой-то степени это можно компенсировать приготовлением теста при пониженных температурах. Чем больше количество пшеничной муки, тем ниже должна быть температура теста [386]. Оптимальной для теста является температура 25—26°C [386, 387]. Слишком высокая температура не дает желаемого нежно-кисловатого вкуса [386].

«Мягкое» (более жидкое) тесто по сравнению с густым, приготовленным при сокращении длительности брожения, дает больший объем, лучшую эластичность и разжевываемость мякиша, а благодаря этому и более приятный вкус хлеба [386]. Для достижения необходимой кислотности требуется более продолжительное брожение теста, длительность которого, однако, не должна превышать 40 мин [386, 388]. Чтобы сохранить производство смешанного хлеба наряду с производством ржаного хлеба из муки среднего выхода, необходимо достигнуть ощутимой разницы во вкусе обоих сортов хлеба. Только тогда потребитель будет воспринимать их как разные сорта. В связи с этим интересно утверждение, что увеличение дозировки пшеничной муки не приводит к непрерывному изменению вкуса хлеба.

Таблица 17

Сенсорно воспринимаемая разница между ржаным серым и смешанным хлебом с различной долей пшеничной муки
(сравнение аромата мякиша двух образцов хлеба
методом треугольника)

Образец 2	Образец 1			
	Доля пшеничной муки, %			
Доля пшеничной муки, %	0	20	40	60
0		—	+	+
20	—		+	+
40	+	+		—
60	+	+	—	

Примечание. Знак + означает заметную разницу, знак — отсутствие разницы.

В табл. 17 представлены результаты сенсорной оценки аромата хлеба методом треугольника, которые были проведены с пробами мякиша смешанного хлеба, приготовленного в одинаковых условиях.

Данные табл. 17 показывают, что ни между хлебом чисто ржаным и хлебом с добавлением 20% пшеничной муки, ни между смешанными сортами хлеба с добавлением 40 и 60% пшеничной муки не выявлено значительной разницы. Следовательно, незначительную разницу в аромате в указанных образцах сенсорными методами установить не удалось. Зато между образцами хлеба с добавлением 80 и 60% ржаной муки и соответственно 20 и 40% пшеничной муки, напротив, обнаружена большая разница в аромате. Определенным показателем этой разницы можно считать содержание фурфурола в мякише хлеба, а не общее количество карбонильных соединений. Такой вывод можно сделать на основании данных табл. 18, из которой видна особенно большая разница в

Таблица 18

Зависимость содержания карбонильных соединений и фурфурола в мякише ржаного хлеба от дозировки пшеничной муки
(хлеб из ржаной муки типа 1150 и пшеничной муки типа 812;
данные для мякиша хлеба 24-часового хранения)

Соотношение ржаной и пшеничной муки	Общее содержание карбонильных соединений, мг/100 г	Содержание фурфурола, мг/100 г	
		опыт 1	опыт 2
100:0	4,2	1,75	1,6
80:20	3,8	1,45	1,5
60:40	3,5	1,0	1,1
40:60	3,3	0,8	1,0

содержании фурфурола при 20- и 40%-ной дозировке пшеничной муки [160].

Из приведенных данных можно было бы сделать практический вывод, что в интересах расширения ассортимента и большего потребления хлеба с содержанием ржаной муки следовало бы одновременно производить два сорта хлеба из смеси с пшеничной мукой, имеющих

разницу во вкусе. Один из них следует готовить с добавлением до 20% пшеничной муки, а другой — с добавлением 40—60%.

3.4. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ НА ОБРАЗОВАНИЕ АРОМАТА

3.4.1. Длительность выпечки и температурный режим в печи

Качество аромата хлеба — помимо тестоприготовления — определяется прежде всего длительностью и режимом выпечки. Воздействие температуры, достигающей в мякише почти 100° (см. рис. 23) и 150—200°С в поверх-

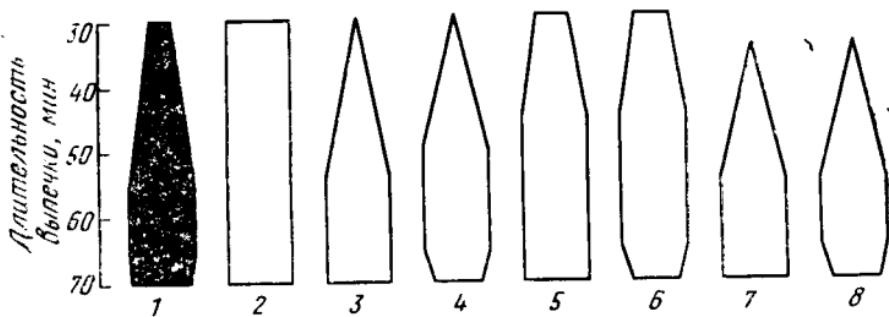


Рис. 27. Формирование качества хлеба и его важнейших составных частей в ходе процесса выпечки (30—70 мин) подового ржано-пшеничного хлеба массой 1,5 кг (ширина колонки соответствует уровню оценки):

1 — общая оценка в баллах; 2 — прирост объема хлеба; 3 — эластичность мякиша, предотвращающая комкуемость его при разжевывании; 4 — разрыхленность мякиша; 5 — разрезаемость мякиша (отсутствие прилипания к ножу); 6 — покоричневение корки; 7 — аромат; 8 — вкус.

ностных слоях, приводит к образованию эластичного мякиша и румяной ароматной корки. В качестве примера на рис. 27 схематично показано, в каком направлении происходят изменения отдельных качественных свойств подового серого ржано-пшеничного хлеба массой 1,5 кг на 30—70-й мин выпечки. Каждое из указанных на рисунке свойств хлеба может быть оценено максимум в три балла. Ширина колонок отражает оценку свойств в баллах при указанной на рисунке длительности выпечки.

Левая (черная) колонка интегрально отражает соответствующую общую балловую оценку всех определявшихся свойств хлеба.

Согласно рисунку, оптимальное качество хлеба достигается в период выпечки от 55 до 65 мин. Следовательно, 55 мин было бы минимальным временем для выпечки этого сорта хлеба. С увеличением длительности выпечки меняются прежде всего физические свойства мякиша, которые проявляются в разрыхленности, эластичности и разжевываемости. Также изменяется вкус и запах. Сокращение минимальной длительности выпечки отдельных сортов хлеба поэтому может привести к низкому качеству хлеба по аромату и физико-механическим свойствам мякиша [389—395]. Таким образом, длительность выпечки является важнейшим фактором получения высококачественного хлеба [280, 396].

При промышленном производстве хлеба длительность выпечки часто оказывается на 5—10 мин меньше вышеуказанного минимально необходимого времени. Прибегать к этому заставляют экономические соображения или проблема повышения производственной мощности печей, что неблагоприятно сказывается на качестве продукции. Исходя из особого значения аромата хлеба, следовало бы, наоборот, минимальную для выпечки продолжительность увеличить примерно на 10 мин, слегка снизив при этом температуру выпечки [386, 397]. Таким образом приготовленный ржано-пшеничный хлеб пользуется все большей популярностью.

Реакция покоричневения корки, которая приводит к образованию в ней аромата, согласно рис. 27, начинается сравнительно рано. Если на этих ранних стадиях процесса выпечки еще не проявляется четкой связи покоричневения с ароматом и вкусом *, то это связано с тем, что оценка качества хлеба охватывает в общем только покоричневение поверхности корки и не распространяется на всю ее толщину [21, 23] (ср. с последним предложением Bethke, Klinn и Rehfeld [25]). Из этих обоих свойств только толщина корки является функцией длительности выпечки, покоричневение же поверхностного слоя связано

* По рис. 27 при 35 мин длительности выпечки покоричневение оценивается, например, уже двумя из трех возможных баллов. В это же время аромат и вкус еще не получают положительной оценки.

скорее с температурой выпечки. Общие условия приготовления теста и режима выпечки дополнительно оказывают влияние на оба эти свойства, но особенно на окраску поверхности. Окрашивание корки зависит от содержания в

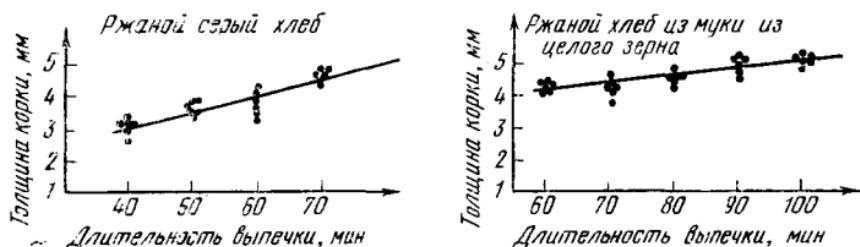


Рис. 28. Зависимость толщины корки от длительности выпечки.

тесте перед выпечкой достаточного количества несброшенных сахаров и продуктов протеолиза, а также и от степени увлажнения пекарной камеры [398].

Между длительностью выпечки и толщиной корки, согласно рис. 28, существует прямая зависимость. Она имеет только чисто теоретическое значение. Лишь при

Таблица 19

Содержание некоторых ароматобразующих веществ в ржано-пшеничном хлебе в зависимости от длительности выпечки, определенное методами газовой и бумажной хроматографии (по Markova, Honischova и Hampf [400])

Вещества	Содержание (в мг/кг) при длительности выпечки				
	10 мин	25 мин	40 мин	55 мин	70 мин
Ацетальдегид	24	42	51	81	140
Этилформиат	8	12	26	56	86
Изобутанол и ацетон	9	21	14	69	105
Этилацетат	100	42	18	16	24
Изопентанол	4	25	50	100	180
Этанол	15840	12800	9440	4480	8000
Пропанол	16	8	4	4	12
Изобутанол	20	16	8	3	8
Изопентанол	45	24	18		6

разнице в длительности выпечки выше 10 мин можно пользоваться показателем толщины корки для косвенных заключений о длительности выпечки обычного товарного хлеба и суждения о качестве вкуса хлеба [399]. Для практического контроля длительности выпечки органами, контролирующими качество, разница толщины корки, выражаемая в десятых долях миллиметра, слишком незначительна.

Более существенное значение в перспективе для доказательства разницы длительности выпечки следовало бы отвести химико-аналитическому методу, с помощью которого возможно определение отдельных ароматобразующих веществ или целых групп. В табл. 19 и 20 представлены изменения содержания некоторых ароматобразующих веществ в ржано-пшеничном хлебе в зависимости от длительности выпечки [400, 401].

Таблица 20

Влияние длительности выпечки на содержание ароматобразующих веществ в ржано-пшеничном хлебе 85/15 массой 1,5 кг

Длительность выпечки, мин	Толщина верхней корки, мм	Содержание, мг/кг				
		оксиметил-фурфуrola (корка)	фурфуrola (корка)	ацеталь-дегида (корка)	изопента-наля* (корка)	этанола (мякиш)
3	2,7	81	5,4	16,3	15,6	29,0
40	3,2	152	9,8	18,5	18,5	26,0
50	3,7	213	15,2	21,0	20,4	23,5
60	4,1	—	18,5	22,7	25,0	23,0
70	4,6	292	21,7	26,2	38,8	23,0

* Сумма 3-метилбутаналя и 2-метилбутаналя.

При определении ароматобразующих веществ установлено нарастающее накопление карбонильных соединений в зависимости от увеличения длительности выпечки. Это обусловлено тем, что скорости прироста их содержания различны, причем для отдельных компонентов даже и тогда, когда принцип их формирования одинаков,

а также и тем, что вновь образующиеся и улетучивающиеся вещества перекрывают друг друга, а объем и степень улетучивания отдельных ароматобразующих веществ определяется их точкой кипения.

Оба эфира, обнаруженных Hampl и сотр., ведут себя по-разному: в то время как содержание этилацетата при выпечке уменьшается, содержание этилформиата увеличивается. Этилацетат является продуктом брожения и при выпечке только улетучивается. Муравьиная кислота, наоборот, образуется как продукт термического покоричневения [400]; здесь наблюдается очевидная взаимосвязь с увеличением содержания этилформиата.

Все спирты как ароматобразующие вещества образуются только при брожении и в процессе выпечки улетучиваются вместе с влагой. Их потери зависят от длительности выпечки.

К концу выпечки содержание этанола стабилизируется. В определенных условиях (например, при интенсивном замесе теста) потери этанола и высших спиртов могут заметно увеличиться. Влияние способов тестоприготовления (обычный или интенсивный замес) на потери этих веществ показал Wölm [72, 338, 338a].

В процессе выпечки ароматобразующие вещества брожения улетучиваются из пшеничного хлеба быстрее, чем из ржаного. Образование ароматобразующих веществ в корке происходит главным образом, очевидно, за счет ароматических и гетероциклических альдегидов. Ройтер и сотр. исследовали [118, 402] изменение ряда алифатических и ароматических карбонильных соединений в пшеничном хлебе в процессе его выпечки. В табл. 21 приведена выборка данных Боровиковой и Ройтера [118], показывающих, как изменялось содержание 15 алифатических и 4 ароматических карбонильных соединений в мякише и корке хлеба из пшеничной муки 2-го сорта при длительности выпечки от 0 до 55 мин.

Из таблицы видно, что в мякише содержание суммы определявшихся алифатических и ароматических карбонильных соединений по мере нарастания длительности выпечки снижалось. В корке же содержание ароматических карбонильных соединений в первые 15 мин выпечки резко снижалось, при увеличении длительности до 55 мин увеличивалось, а к концу даже превышало их содержание в тестовой заготовке перед выпечкой.

Таблица 21

Содержание отдельных карбонильных соединений в тесте, мякише и корке хлеба из пшеничной муки 2-го сорта
при длительности выпечки от 0 до 55 мин
(выборка из данных Боровиковой и Ройтера [118])

Карбонильные соединения	Объект	Содержание (в мг/100 г СВ) при длительности выпечки, мин				
		0	15	30	45	55
Алифатические						
Сумма 15 алифатических соединений *	тесто мякиш корка	14,90	6,60 4,60	2,51 4,50	3,66 2,69	1,54 1,57
В том числе:						
ацетальдегид	тесто мякиш корка	12,40	5,25 1,43	1,93 0,93	1,98 0,07	0,65 0,06
изобутаналь	тесто мякиш корка	0,28	0,11 0,12	0,05 0,04	0,04 0,04	0,02 0,02
изопентаналь	тесто мякиш корка	1,17	0,06 0,06	0,02 0,04	0,01 0,04	0,006 0,01
пентаналь	тесто мякиш корка	0,30	0,29 0,87	0,08 0,77	0,06 0,68	0,02 0,39
Ароматические						
Сумма 4 ароматических соединений **	тесто мякиш корка	13,93	6,79 9,44	5,67 12,05	4,23 14,72	4,46 16,80
В том числе:						
фурфурол	тесто мякиш корка	2,86	1,80 1,42	0,55 1,90	0,43 2,16	0,82 5,30

Карбонильные соединения	Объект	Содержание (в мг/100 г СВ) при длительности выпечки, мин				
		0	15	30	45	55
бензальдегид	тесто мякиш корка	2,5 0,89 0,90		0,44 1,55	0,29 4,50	0,82 5,60
фенилацетальдегид	тесто мякиш корка	0,17 0,10 0,20		0,08 0,80	0,05 1,26	0,14 1,35
Сумма всех 19 определенных соединений	тесто мякиш корка	28,83 13,4 14,04		8,18 16,55	7,89 17,42	6,00 18,37

* Определялись метилглиоксаль, глиоксаль, ацетальдегид, пропаналь, изобутаналь, акролеин, ацетон, бутаналь, изопентаналь, метилэтилкетон, диацетил, пентаналь, капроновый альдегид, этилпропилкетон и еще одно неидентифицированное соединение.

** Определялись фурфурол, бензальдегид, оксибензальдегид и фенилацетальдегид.

Для характеристики увеличения содержания ароматобразующих веществ в процессе выпечки можно использовать также и групповой метод определения. В Советском Союзе неоднократно применялся бисульфитный метод определения общего содержания карбонильных соединений, предложенный Токаревой [403] в качестве показателя содержания ароматобразующих веществ [118, 404]. Однако с применением суммарных методов определения связан ряд не получивших окончательного решения проблем [60а, 405].

Температура печи и длительность выпечки также влияют на кислотность ржано-пшеничного хлеба (см. табл. 22).

С другой стороны, определение кислотности не позволяет сделать определенных выводов о вкусе. Перекисший хлеб, особенно приготовленный из муки больших выходов, является типичным при слишком сокращенной выпечке [390]. Превышение самой благоприятной для каче-

**Влияние температуры и длительности выпечки
на кислотность ржаного хлеба (по Rotsch и Schulz [303])**

Длительность выпечки, мин	Кислотность (в°Н) при температуре пекарной камеры, °С		
	240—215	240—200	240—185
35	7,3	7,6	8,2
40	7,2	7,5	8,2
45	7,2	—	—
50	7,0	7,2	8,0
55	6,9	7,1	7,6
60	—	7,1	7,5
65	—	6,7	7,3

ства хлеба длительности выпечки также отрицательно оказывается на окраске корки и вкусе (см. рис. 28). Специфичный аромат ржаного хлеба при очень большой продолжительности выпечки вытесняется резкими, торькими тонами продуктов реакции покоричневения. Подобное явление с пшеничным хлебом описал Stephan [406]. В его исследованиях длительность выпечки была больше оптимальной на 10 мин.

Если решающее значение для образования аромата имеет длительность выпечки, то это в равной степени распространяется и на температурный режим всего процесса выпечки. Так, Baker, Parker и Fortmann [46], а также Figueiredo [407] указали на то, что при высокой температуре в начале выпечки быстрее происходит образование корки.

В результате сохраняется больше ароматобразующих веществ брожения, что приводит к получению лучшего аромата хлеба.

Hrdlička и сотрудники [62, 408] исследовали влияние различных температурных режимов выпечки на вкус хлеба сенсорными и аналитическими (бумажная хроматография) методами. Испытывались различные типы печей, а именно жаровая («старая немецкая»), тупиковые со стационарным подом и две современные сквозные печи с сет-

чатым подом. Результаты исследований для ржано-пшеничного хлеба (60% ржаной муки типа 930 и 40% пшеничной типа 1050) приведены в табл. 23.

Таблица 23

Образование аромата при различных режимах температуры в разных печах (по Hrdlicka, Honischova [408])

Тип печей	Температура печи, °C	Длительность выпечки, мин	Общее количество баллов	Количество баллов за запах и вкус	Интенсивность проявления и окрашивания бумажной хроматограммы
Жаровая печь	160—170	80	86—91	26—29	Уменьшается
Жаровая печь	200—215	60	91	29	
Тупиковая печь	180	56	86—88	26	
Сквозная печь	270—230	48	74—84	14—26	
Сквозная печь	270—230	48	76—84	14—24	↓

Данные сравнительных испытаний показывают, что более низкие температуры и большая длительность выпечки благоприятно сказываются на характере вкуса хлеба. Schulz и Stephan [386, 397, 409] на основании сенсорных оценок показали, что при длительной выпечке ржаного хлеба могут быть достигнуты более полноценные вкус и аромат мякиша. Наши исследования также подтвердили эти результаты. Becker сообщает о некотором улучшении вкуса ржано-пшеничного хлеба при более высоких температурах выпечки [410].

Сокращение длительности и повышение температуры выпечки неблагоприятно сказывается на качестве ржано-пшеничного хлеба, вкус которого будет почти сырой, подобный вкусу зерна. Кроме того, при высоких температурах заметнее проявляется кислый вкус, так как в результате недостатка ароматобразующих веществ кислое ощущается более сильно [409]. При создании современных конструкций печей со сквозным подом эти наблюдения, как нам представляется, учитываются недостаточно.

Подобные же результаты получены [397] при исследовании ржаного хлеба из шротовой муки. В этом случае желаемое качество достигается лишь при заметном уве-

личении длительности выпечки. Более того, данные табл. 24 показывают, что более низкая температура при большей продолжительности выпечки приводит к формированию лучшего аромата.

Таблица 24

Влияние длительности и температуры выпечки на качество ржаного хлеба из шротовой муки (по Schulz и Stephan [397])

Длительность выпечки, мин	90	180	270
Температура выпечки, °С	240—210	210—185	185—160
Объемный выход хлеба, мл	142	142	140
Толщина корки, мм	4	5	6
Вкус и аромат	Сырого хлеба, аромат выражен слабо	Аромат выражен явно	Аромат более полноценный

На пшеничный хлеб это не распространяется, так как в нем желательна более тонкая корка с окраской поверхности от слабо- до среднекоричневатой. Здесь в интересах образования оптимального аромата лучше применять более высокие температуры (240°С) при меньшей длительности выпечки [286, 406, 409]. Более высокие температуры также предпочтительны для ароматообразования в пшенично-ржаном хлебе [410]. Длительность выпечки этих сортов хлеба по сравнению с ржано-пшеничным хлебом несколько ниже (в результате большего разрыхления и более быстрого проникновения тепла): оптимальная температура выпечки для хлеба массой 1,5 кг при длительности от 45 до 55 мин составляет в начале выпечки 240, в конце 215°С [383].

При ускоренной выпечке хлеба в электрическом поле высокой частоты и путем коротковолнового инфракрасного облучения происходит, очевидно, обратное влиянию длительности покоричневения корки ржаного хлеба на аромат при обычной выпечке. Возможность использования этого способа выпечки обсуждается более 20 лет. Несмотря на ожидаемый эффект, он не нашел достаточно широкого применения. При выпечке хлеба таким спосо-

бом в результате очень быстрого прогрева всей массы теста — хлеб быстро пропекается, что говорит о значительном сокращении длительности выпечки. С другой стороны, внедрение этого способа выпечки на сегодняшний день неэкономично, так как требует больших затрат на оборудование, обслуживание и соблюдение техники безопасности [411].

Утверждение, что высокочастотная выпечка приводит к лучшему сохранению в хлебе витаминов и ароматобразующих веществ, относится только к витаминам [412, 413]. Комплекс ароматобразующих веществ и витаминов содержится уже в тестовой фазе, но основная часть ароматобразующих веществ, особенно в ржаном хлебе, образуется лишь в процессе выпечки.

Равномерный высокочастотный прогрев всей массы теста — хлеба препятствует формированию корки. Поэтому в конце печи со сквозным подом применяют инфракрасное облучение [414—416], что, хотя и дает в кратчайшее время покоричневение поверхности корки, образования желаемого аромата не обеспечивает. В этом случае, по данным Keser [414], аромат получается слабее аромата хлеба, выпеченного в обычных условиях. В швейцарском патенте 1966 г. также отмечается, что хлеб, полученный с применением инфракрасного облучения, обладает недостаточным ароматом [417]. Неудовлетворительные эластичность мякиша и аромат хлеба, получаемые при выпечке высокочастотным способом, можно объяснить и тем, что тесто и хлеб в этом случае находятся в температурной зоне клейстеризации крахмала (55—80°C) слишком незначительное время [418, 419].

Практически важной проблемой, еще недостаточно научно обоснованной, является проблема, связанная с влиянием увлажнения пекарной камеры, которое не только препятствует образованию трещин на поверхности, но влияет также и на образование аромата корки. Солодовый вкус, который активнее формируется при достаточном увлажнении, явно отличается от вкуса хрустящих хлебцев, температура мякиша которых достигает такой же величины, что и температура корки обычной буханки хлеба, особенно при сокращении длительности выпечки и быстром испарении влаги.

Такое же улучшающее аромат корки действие, какое оказывает увлажнение камеры, дает и смачивание по-

верхности тестовой заготовки водой. Оно может произво-диться до посадки тестовой заготовки в печь, сразу после посадки или после выгрузки хлеба из печи. Терпкий оттенок вкуса образуется, если обсыпанные мукой тестовые заготовки смачиваются вскоре после начала выпечки. Таким образом получается хлеб со вкусом, характерным для деревенского хлеба. Предполагается, что причиной тому служит усиленное образование декстринов [340, 386, 420]. Ржано-пшеничный хлеб, обсыпанный мукой, благодаря своему пряному вкусу предпочтается в определенных районах Центральной и Восточной Европы.

Подсыхание поверхности тестовой заготовки приво-дит к изменению характера вкуса корки ржано-пшенич-ного хлеба [420, 421].

3.4.2. Усиление аромата при предварительной обжарке хлеба

Процесс так называемой предварительной обжарки хлеба имеет актуальное значение в области технологии хлебопечения. Под этим имеется в виду предварительная стадия выпечки тестовой заготовки при высоких (350—450°C) температурах в фурнамерах в течение не-скольких минут. Затем заготовки пересаживаются в обычную печь и выпекаются при установленной длительности. Благодаря этому улучшается вкус, который приближается по характеру к вкусу деревенского хлеба. Технологию выпечки с применением обжарки можно исполь-зовать для ржано-пшеничного хлеба и ржаного хлеба из муки средних и больших выходов, но не для пшеничного или пшенично-ржаного хлеба с большой дозировкой пше-ничной муки [286, 422].

Для получения лучшего вкуса ржано-пшеничного хле-ба температуру предварительной обжарки следует не-сколько снизить, а длительность увеличить. Степень этих изменений определяется дозировкой ржаной муки. Klenk [421] рекомендует для ржаного хлеба проводить обжарку при 420°C в течение 1,5—4 мин, а для ржано-пшенично-го — в течение 5—6 мин при температуре 340°C.

Существенная разница между старыми «жаровыми» и современными печами состоит в системе обогрева и от-сюда — в разнице прогрева заготовок. Традиционная не-

мецкая печь [да и наша сельская «жаровая» печь. — Прим. ред.] обогревалась сжиганием топлива в пекарной камере, при котором под, свод и боковые стенки аккумулировали тепло. Выпечка производилась за счет этого тепла после удаления из печи остатков сгоревшего топлива.

Температура в пекарной камере сразу после топки 350—450°C. В процессе выпечки она постоянно снижается, и после нескольких подоборотов составляет 150°C. Современные печи, рассчитанные на экономичный расход энергии, имеют соответствующее оптимальное для процесса выпечки изменение температуры. На рис. 29 приводятся кривые изменения температуры при выпечке ржаного хлеба в старых и современных печах.

В печах с канальным обогревом и стационарным подом изменения температуры пекарной камеры являются главным образом результатом их загрузки тестовыми заготовками и увлажнения, поэтому в течение всего периода выпечки температура остается практически постоянной. В современных же сквозных печах с сетчатым подом температура в пекарной камере, как это видно из графика, приведенного на рис. 29, изменяется в ходе процесса выпечки в оптимальном для качества выпекаемого хлеба режиме. Для сопоставления на этом же графике показано и изменение температуры выпечки в традиционной немецкой жаровой печи [423].

Применение обжарки может устранить разницу между старыми и современными печами. Очень высокая начальная тепловая энергия положительно сказывается на формировании аромата в корке. В старых печах и современных форкамерах для обжарки наблюдается очень большое излучение тепла. Благодаря этому в начале выпечки происходит в основном быстрое обезвоживание поверхности тестовой заготовки и в результате увеличение толщины корки.

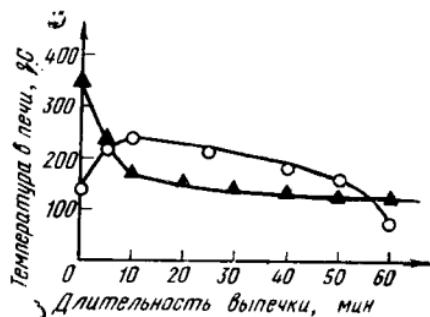


Рис. 29. Различия в изменении температуры в пекарной камере при выпечке ржаного хлеба в традиционных немецких (▲) и современных (○) печах.

Доказывавшееся ранее некоторыми исследователями дополнительное преимущество ускоренной выпечки в результате усиленного притока энергии, как, например, при применении инфракрасных лучей является спорным [424].

Максимальная температура центра мякиша 98°C при выпечке хлеба с предварительной обжаркой достигается на несколько минут раньше, чем при обычной выпечке (рис. 30).

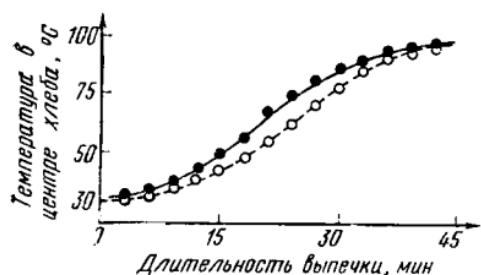
На рис. 30 представлено изменение температуры в центре ржаного смешанного хлеба массой 1,5 кг (85% ржаной муки типа 1150 и 15% пшеничной муки типа 812).

В двух образцах заготовок из одного и того же теста, исследовалось изменение температуры при помощи железоконстантновых термопар (термоэлементов). Один из образцов подвергался предварительной обжарке 4 мин. Общая длительность выпечки обоих образцов составляла 55 мин.

Рис. 30. Изменение температуры в центре мякиша ржаного серого хлеба при обычной выпечке (●) и выпечке с предварительной обжаркой (○).

Увеличение толщины корки при предварительной обжарке способствует ускоренному повышению температуры в центре образца. Максимальная температура центра мякиша достигается на 3 мин раньше, чем в образце обычной выпечки. Длительность выпечки можно сократить на 3 мин без ухудшения качества. Такая экономия времени и энергии позволит несколько снизить более высокий расход энергии, который требуется для предварительной обжарки.

Увеличение толщины корки при предварительной обжарке было первым и основным эффектом применения этого метода [286, 401, 425]. Образование толстой корки происходит за счет того, что в этом случае поверхностные слои быстрее обезвоживаются и достигают температуры покоричневения (около 120°C). Известно, что при достижении температуры выше 100°C из поверхности тестовой заготовки удаляется вся влага, что и приводит к образованию корки. Путем очень быстрого обезвоживания



поверхностного слоя тестовой заготовки при обжарке длительность покоричневения корочного слоя увеличивается на время, меньшее, чем обычно для испарения из него влаги. Это увеличение длительности покоричневения благоприятно сказывается на интенсивности и характере вкуса ржаного хлеба.

Здесь имеется определенная параллель с благоприятным влиянием на аромат длительной выпечки при низких температурах, описанной в предыдущем разделе. Вероятно, при этом изменяется состав ароматобразующих веществ в пользу труднолетучих (см. рис. 24), что положительно сказывается на вкусе ржаного хлеба. Такое толкование кажется более реальным, чем утверждение, что более быстрое образование корки задерживает улетучивание ароматобразующих веществ. Нами было установлено, что для формирования аромата ржаного хлеба большее значение имеют ароматобразующие вещества, сформировавшиеся в процессе выпечки, чем сформировавшиеся в процессе брожения. С другой стороны, при нормальном ведении выпечки с парами упека улетучива-

Таблица 25

Сравнительная сенсорная оценка хлеба, выпеченного с предварительной обжаркой и обычным способом

Образцы хлеба	Способ испытания	Соотношение оценок предпочтения соответственно хлеба, выпеченного с предварительной обжаркой и обычным способом	Показатель степени предпочтения хлеба с обжаркой
Корка	Определение аромата (Т)	70:66	***
Мякиш	Определение аромата (Т)	25:66	0
Ломоть	Определение аромата (Т)	39:50	*
»	Проверка вкуса (П)	88:35	***

Примечание. Т — оценка по методу треугольника; П — оценка по методу предпочтительности.

ется лишь незначительная (10—40%) часть ароматобра- зующих веществ брожения. На эти потери процесс предварительной обжарки влияния не оказывает. Нами совместно с Wölm были проведены исследования, которые показали, что нет существенной разницы в содержании этанола в мякише хлеба, выпеченного обычным способом и с предварительной обжаркой.

Улучшение вкуса при применении обжарки, на которое указывали Напрл и сотр. [426], подтверждается сенсорными и аналитическими методами.

В табл. 25 представлены результаты сенсорного сравнения образцов хлеба массой 1,5 кг из 85% ржаной муки типа 1150 и 15% пшеничной муки типа 812, половину из которых при одинаковой общей длительности выпечки (60 мин) подвергали предварительной обжарке в течение 4 мин. Хотя увеличение толщины корки было незначительным и составляло менее 0,5 мм, большая разница выявила в аромате корки, а также во вкусе целых ломтей хлеба.

Таблица 26

Изменение параметров корки серого ржаного хлеба
в результате применения предварительной обжарки
(обычная выпечка и выпечка с предварительной обжаркой
при одинаковой общей длительности выпечки)

Показатели	Количество проведенных сравнений	Хлеб обычной выпечки x	Предварительно обжаренный хлеб x	Прирост, %
Покоричневение (абсорбция), %*	12	91,5	93	1,5
Толщина корки, мм	39	3,7	4,17	13
Содержание, мг/кг				
фурфурола	56	11,7	24,3	108
оксиметилфурфурола	12	18,5	340,0	84
изоальдегидов	12	19,5	27,8	42
этанола	32	1070	710	-34
ацетальдегида	12	14,8	15,5	5

* В сравнении со стандартным белым цветом.

Изменения аромата мякиша сенсорным путем установить не удалось. Сравнение аромата целых ломтей хлеба также выявило незначительную разницу. При определении же вкуса целых ломтей хлебу с предварительной обжаркой было отдано явное предпочтение.

Изменение вкуса, определенное сенсорным путем в исследуемых образцах хлеба, согласуется также и с содержанием некоторых ароматобразующих веществ. Это показано в табл. 26, в которой дана сводка данных многочисленных определений. Из таблицы видно, что в корке хлеба с предварительной обжаркой содержание фурфурола и оксиметилфурфурола увеличивается почти вдвое, а содержание изоальдегидов (изобутаналь, 2-метилбутаналь, 3-метилбутаналь) по сравнению с хлебом обычной выпечки увеличивается в среднем на 42 %. Толщина корки увеличивается только на 13 %, хотя этот показатель ранее был единственным, по которому определяли качество хлеба с предварительной обжаркой [286, 425].

Использование предварительной обжарки ни в коем случае не должно проводиться за счет значительного сокращения длительности выпечки, потому что это может привести к уменьшению интенсивности аромата. Преимуществом обжарки является то, что незначительное увеличение затрат энергии на нее обязательно приводит к усилению аромата. Другими преимуществами предварительной обжарки является возможность более «мягкого» (жидкого) тестоведения; достижение большей бродильной способности и получение более толстой корки, что предупреждает деформацию хлеба при транспортировании.

Для доказательства эффекта предварительной обжарки представляется более приемлемым определение содержания фурфурола, чем толщины корки, которая увеличивается незначительно (см. табл. 24) и которую трудно точно измерить. Фурфурол сравнительно легко определить благодаря специфической и чувствительной реакции его с анилин-ацетатом.

Для предварительной обжарки можно использовать инфракрасное облучение. При этом отпадает необходимость усиленной теплоизоляции обычной печи для обжарки, применяемой для того, чтобы температура в пекарной камере поддерживалась в пределах 400—500°С [427]. Особое преимущество состоит в том, что создается возможность включения обжарочной установки в произ-

водственный поток при непрерывном процессе выпечки. Это обеспечивает оперативное регулирование процесса и дает заметную экономию.

3.4.3. Образование аромата в процессе выпечки в паровой камере

В паровой камере в основном выпекаются сорта хлеба, приготовленные из ржаной муки из целого зерна. В настоящее время такой способ выпечки предусматривается для формового хлеба, выпускаемого в продажу исключительно в нарезанном на ломтики виде под наименованием пумперникаеля.

Первоначальная технология приготовления такого хлеба значительно отличалась от современной. Для прежнего «вестфальского пумперникаеля» было характерно применение специальной закваски (Brandsauer). При этом основная часть ржаной обойной муки за сутки до выпечки помещалась в емкость со старым спелым тестом. Все заливалось горячей водой и оставлялось до следующего дня. В таком тесте крахмал подвергался набуханию, что обеспечивало лучшее расщепление его ферментами. На следующий день добавлялся остаток муки и замешивалось крутое тесто. Выпечка проводилась в толстостенных жаровых кирпичных печах, чтобы в них дольше сохранялась необходимая умеренная температура [428].

Опасность пригорания при этом верхней корки (черная корка) была ликвидирована после внедрения выпечки в паровой камере, предложенной Horlebeck [429], а также в результате применения для выпечки закрытых жестяных форм.

Технологический процесс выпечки в паровой камере значительно отличается от обычного процесса выпечки тем, что на заготовки воздействуют значительно более низкие температуры при значительно большей длительности. Пар обеспечивает теплопередачу. Так как температура в паровой камере почти не превышает 100°C, а выпекаемые изделия находятся в закрытых формах, то температура внутри заготовок возрастает чрезвычайно медленно (см. рис. 23). При этом виде выпечки крахмал и белки значительно дольше пребывают в области температур, оптимальных для действия ферментов (30—60°C по Schneeweiss [296]).

В настоящее время таким способом выпекаются и многие другие темные сорта хлеба, поступающие в продажу ломтями. Такие сорта хлеба выпекаются почти исключительно из муки или шрота из целого зерна. В паровой камере выпекаются такие сорта, как рейнско-вестфальский хлеб, нарезанный на ломти, хлеб, приготовленный с использованием пахты, льняного семени, зародышей пшеницы или фруктов.

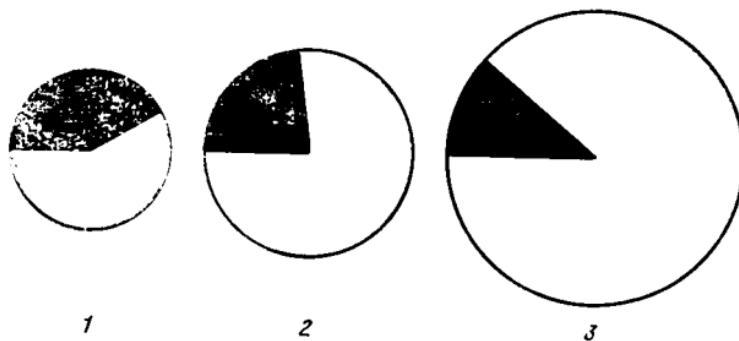


Рис. 31. Изменение содержания труднолетучих ароматобразующих веществ с возрастанием длительности выпечки пумперникаля:

1, 2, 3 — длительность выпечки соответственно 4, 12 и 24 ч; — легколетучие ароматобразующие вещества (ацетальдегид + ацетон + пропаналь + изобутаналь + изопентаналь); — труднолетучие ароматобразующие вещества (5-оксиметилфурфурол + фурфурол). Площади кругов соответствуют суммарному количеству всех названных компонентов.

Исключительная длительность выпечки и отсутствие образования корки в хлебе, выпекающемся в паровой камере, способствует интенсивному формированию вкуса во всей массе мякиша, которое прямо пропорционально длительности выпечки. Длительное воздействие температуры при этом приводит к обильному образованию в таких сортах хлеба труднолетучих ароматобразующих веществ (см. рис. 24). В течение многих часов происходит образование ароматобразующих веществ по реакции Майара и их частичное улетучивание. Хотя в результате этого увеличивается общее количество ароматобразующих веществ, но одновременно явно меняется соотношение трудно- и легколетучих веществ. В результате не

только повышается интенсивность вкуса, но меняется и его характер.

На рис. 31 приведено содержание легко- и труднолетучих ароматобразующих веществ в образцах пумперникаля, выпекавшихся 4, 12 и 24 ч. При этом для характеристики труднолетучих ароматобразующих веществ были приняты 5-оксиметилфурфурол и фурфурол, а для характеристики легколетучих веществ — сумма ацетальдегида, ацетона, пропаналя, изобутаналя и изопентаналя. Площадь круга, соответствующего времени выпечки, показывает общее содержание названных карбонильных соединений.

При очень большой длительности выпечки на формирование вкуса хлеба дополнительно влияет неферментативный гидролиз крахмала, приводящий к образованию олигосахаридов сладкого вкуса [430, 431]. По Ebach [432], декстрины, образовавшиеся при длительной выпечке, составляют до 25% сухого вещества. На основании наших исследований количество декстринов едва ли превышает 15% [431]. Если даже представить, что только незначительная часть образовавшихся продуктов гидролиза обладает сладким вкусом, то это будет все-таки достаточно значимое их количество.

Параллельно с увеличением длительности выпечки пумперникаля протекает и кислотонакопление. Schulz и Drews [433] в 1957 г. сообщили о линейном увеличении содержания муравьиной кислоты, достигающего 40 мг/100 г после 20 ч выпечки. Эта концентрация, хотя в 10 раз меньшая, чем содержание молочной и уксусной кислот, в основном определяющих кислый вкус в хлебе, но зато более высокая степень диссоциации муравьиной кислоты, возможно, сказываются на интенсивности ощущения кислого вкуса. Повышение содержания муравьиной кислоты также и при тепловой стерилизации пумперникаля свидетельствует о том, что эта кислота образуется не ферментативным путем, как молочная и уксусная, а является побочным продуктом реакции Майара или процессов карамелизации.

Изменение гаммы аромата в сторону труднолетучих ароматобразующих веществ вместе с возрастающим образованием сладких на вкус олигосахаридов приводит к специальному изменению характера вкуса (см. рис. 32). Образуется сильно выраженный пряный

аромат, который резко отличается от аромата ржано-пшеничного и пшеничного хлеба. Поскольку в аромате хлеба, выпекающегося в паровой камере, преобладают труднолетучие компоненты, то особенно большой интерес представляет содержание 5-оксиметилфурфурола и фурфурола. Образование этих компонентов в зависимости от длительности выпечки показано на рис. 33.

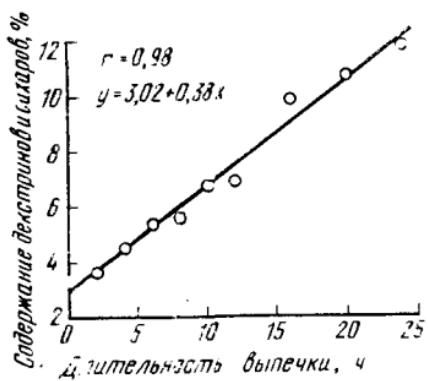


Рис. 32. Термический гидролиз углеводов при выпечке хлеба в паровой камере.

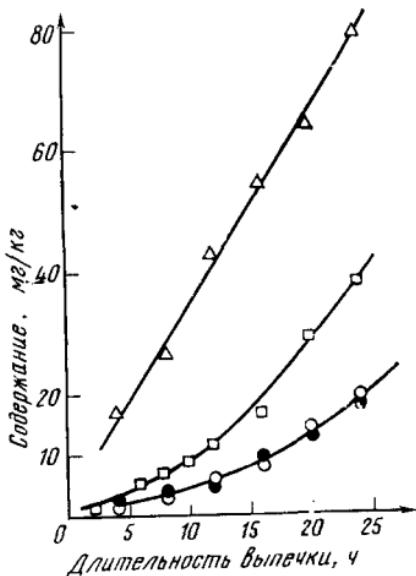


Рис. 33. Зависимость содержания фурфурола и оксиметилфурфурола от длительности выпечки:
 Δ — оксиметилфурфурол (среднее из двух серий);
 $\square \circ \bullet$ — фурфурол (три серии).

Увеличение образования фурфурола при выпечке в паровой камере впервые описал в 1957 г. Rotsch [47]. Прирост фурфурола, показанный на рис. 33, по-видимому, не всегда зависит только от длительности выпечки. Так как для различных партий сырья кривые фурфурола разные, можно заключить, что условия для образования фурфурола при использовании разного сырья, также не всегда одинаковые. Интересно отметить, что содержание оксиметилфурфурола увеличивается линейно, а фурфурол — по экспоненте. Причиной, вероятно, является то, что предшественников оксиметилфурфурола — гексоз в тесто-

вых заготовках всегда достаточно, в то время как свободные пентозы как предшественники фурфурола образуются путем ферментативного гидролиза лишь в начале выпечки; а позднее образуются более интенсивно и уже не-ферментативным путем (см. рис. 32).

То, что термическое образование определенных предшественников аромата в течение многочасового процесса выпечки имеет значение для формирования ароматобразующих веществ, можно проследить также на примере отдельных добавок при производстве пумперникеля: пищевая патока (табл. 27), солодовая мука, черствый пумперникель (остатки старого хлеба можно добавлять в количестве до 10% [366]).

Таблица 27

Компенсация сокращения длительности выпечки пумперникеля путем добавления 3% пищевой смешанной патоки

Показатели	Без добавления патоки		С добавлением патоки
	при длительности выпечки		
	16 ч	12 ч	12 ч
Количество баллов за вкус	14	9	14
Коэффициент отражения, %	7,8	9,0	7,8
Карбонильное «число пожелания» (характеризует сумму летучих карбонилов без оксиметилфурфурола)	5,0	4,2	5,1
Фурфурол, мг/кг	11,7	8,8	11,7
Изопентаналь, мг/кг	2,8	3,1	4,1

На основании результатов наших исследований можно сделать вывод, что добавление 2% патоки или 2% солодовой муки уменьшает длительность выпечки пумперникеля до 12 ч вместо 16, без заметного изменения характера вкуса, с достоверностью определяемого сенсорным путем [434]. Соответствующие добавки воздействуют на аромат и комплексное ощущение вкусовых достоинств вследствие содержания в них как сахаров и труднолетучих ароматобразующих веществ, так и предшественников

аромата, которые вместе с этими добавками попадают в тесто. Компенсацию покоричневения и аромата в пумперникеле, приготовленном по сокращенной схеме, можно также подтвердить аналитическими методами (см. табл. 27). Добавление солодовой муки, патоки или обезжиренного сухого молока способствуют и образованию муравьиной кислоты [433]. Последнее подтверждает

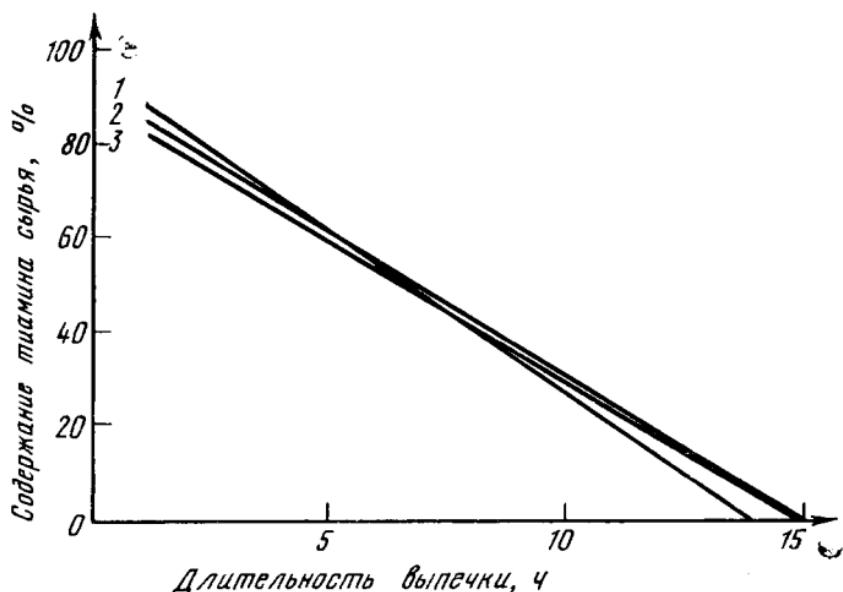


Рис. 34. Расщепление тиамина в процессе выпечки пумперникаля:
 1 — без добавок; $r = -0,98$; $y = 96,9 - 6,98x$; 2 — с 2% патоки; $r = 0,99$; $y = 92,9 - 6,32x$; 3 — с 2% солодовой муки; $r = -0,99$; $y = 88,9 - 5,95x$.

предположение об образовании муравьиной кислоты в процессе покоричневения под действием температуры.

Наряду с усилением интенсивности вкуса пумперникаля и других сортов хлеба, выпекаемых в паровой камере, происходит снижение содержания витамина В₁, поскольку тиамин как аминосоединение легко вовлекается в реакцию покоричневения [435—437]. Содержание витамина В₁ после 5 ч обычной выпечки уменьшается наполовину, а через 14 ч снижается до 0 [431]. Согласно рис. 34 вышеуказанные добавки не влияют практически на скорость снижения содержания тиамина. Поэтому применение этих добавок при одновременном сокращении длительности выпечки с точки зрения физиологии питания также не оказывается отрицательно.

Белковая ценность хлеба при очень длительной выпечке также резко снижается: Baum и Haenel [438] нашли, что белковая ценность пумперникаля по сравнению с хрустящими хлебцами ниже на 45%. Увеличение интенсивности и качества вкуса может быть достигнуто за счет потерь физиологически важных веществ. Пумперникель и другие сорта хлеба, выпекаемые в паровой камере при длительности выпечки и стерилизации более 6 ч ввиду отличий в способе приготовления, считаются «специальными сортами хлеба», обладающими специфическим ароматом и вкусовыми достоинствами. Эти сорта хлеба обладают свойствами, активизирующими пищеварение, так как на их изготовление идет мука из целого зерна. Утверждение о повышении белковой ценности или содержания витаминов в сортах хлеба, выпекаемых в паровой камере, не всегда имеет под собой почву.

3.5. ВЛИЯНИЕ МАССЫ И ФОРМЫ ХЛЕБА НА АРОМАТ

Деревенский хлеб, который выпекался большей частью в примитивных условиях в деревнях Центральной и Восточной Европы, как известно, славился особыми вкусовыми свойствами (см. 3.4.2). Специалист часто встречается с утверждениями, что этот прежний ржаной хлеб вкуснее, ароматнее и лучше, чем современный хлеб, выпекаемый на крупных промышленных предприятиях. Одновременно, по-видимому, во всех странах, где еще сравнительно высоко потребление ржаного хлеба, проявляется повышенный интерес к сортам хлеба с толстой коркой, большой «сочностью» вкуса и сильно выраженным ароматом [281, 439].

Можно было бы назвать три возможные причины, приводящие к разнице во вкусе деревенского хлеба и хлеба промышленного изготовления:

различие температурного режима в прежних и современных печах;

различие по массе хлеба;

различие по форме хлеба.

Влияние температурного режима выпечки уже обсуждалось в разделе предварительной обжарки. При выпечке ржаного хлеба в современных производственных условиях применение предварительной обжарки позволяет

воссоздавать прежний температурный эффект с соответственным влиянием на аромат хлеба.

Другой причиной различия во вкусе между прежним и современным хлебом, однако, является еще и разница по величине и форме хлеба. Как известно, в деревенских печах выпекались главным образом большие, массой 2—3 кг, караваи ржаного хлеба. В настоящее время наблюдается тенденция выпекать хлеб меньших размеров. Так, например, ржано-пшеничный хлеб массой 1,5 кг, в основном производимый в последнее время, начинает вытесняться хлебом массой 1 кг. Удовлетворяется также требование потребителя продавать хлеб в мелкой расфасовке, нарезанный на ломти.

С увеличением массы хлеба увеличивается длительность выпечки, необходимая для полного пропекания и получения оптимального качества хлеба. Температура в центре мякиша достигает своей максимальной величины (98°C) в больших буханках хлеба позднее, чем в хлебе меньшей массы. Соответственно сдвигаются и величины максимальной длительности выпечки, необходимые для получения хлеба оптимального качества. Однако время с момента посадки в печь до достижения максимальной температуры зависит еще и от других факторов. Существенным, например, является степень разрыхленности теста (см. табл. 10). Недостаточная разрыхленность ржано-пшеничного теста может привести к замедлению нарастания в нем температуры, вследствие чего образуется кольцевой «закал» [440].

Прогрев тестовых заготовок зависит также от способа выпечки. Так, выпечка в формах или вслип (в притиск) замедляет прирост температуры в заготовке и приводит к увеличению длительности выпечки.

В табл. 28 приведены величины минимальной длительности выпечки для получения оптимального качества хлеба разной массы при различных способах выпечки [441; 442]. На основании приведенных данных можно сделать вывод, что для достижения оптимального качества хлеба необходимо, чтобы максимальная температура (98°C) в центре мякиша поддерживалась минимум 10—15 мин. К подобному выводу пришел в своих работах и Chernicky [443].

Лишь при соблюдении минимальной длительности выпечки, показанной в табл. 28, можно, следовательно,

Таблица 28

Длительность выпечки хлеба, необходимая для его прогрева и достижения оптимального качества

Сорт хлеба	Масса, кг	Способ выпечки *	Длительность выпечки до достижения в центре мякиша 98°C, мин	Длительность выпечки, необходимая для получения хлеба оптимального качества, мин
Ржавой серый	1,0	п	35	45
»	1,5	п	40	55
»	2,0	п	48	60
»	1,5	в	61	75
»	1,5	ф	57	75
Смешанный хлеб	1,5	п	40	55
Ржаной из муки из целого зерна	1,0	в	45	60
То же	1,5	п	38	55
»	1,5	в	55	75
»	2,0	в	75	95
Пшеничный белый	1,0	п	27	40
»	1,0	ф	36	45
Пшеничный из муки из целого зерна	1,0	ф	47	60
Булочки	0,05	п	8	18

* п — на поду; в — вслип, ф — в форме.

сравнивать качество хлеба разной массы. Эти сорта и виды хлеба имеют и примерно одинаковую долю корки в общей массе хлеба. Доля корки зависит не только от толщины последней, возрастающей с увеличением длительности выпечки, но также от массы хлеба и степени разрыхленности (ср. данные табл. 29 и 28).

При оценке по общепринятой схеме хлеба, выпекаемого до оптимальной длительности выпечки, образцы получали приблизительно одинаковое количество очков. От-

Таблица 29

Доля корки в различных сортах хлеба

Сорт хлеба	Масса, кг	Длительность выпечки, мин	Объем, мл	Поверхность, см ²	Доля корки, % об.
Пшеничный белый					
подовый продолговатый	1	35	2700	1210	21
формовой	1	40	2700	1160	22
Ржаной					
подовый продолговатый	1,5	60	2720	1200	18
» »	3,0	90	5860	1970	17
круглый	1,5	60	2850	1160	16
»	3,0	90	5820	1870	16

сюда, однако, не следует, что хлеба различной величины абсолютно одинаковы по всем показателям качества. Особое влияние на качество аромата и вкуса хлеба различной массы оказывает длительность времени выпечки, а это означает и увеличение длительности покоричневения. Увеличение продолжительности покоричневения корки также благоприятно оказывается на аромате [397, 423].

В табл. 30 приводится характеристика различия аромата крупных по массе караваев хлеба. При сенсорной оценке мякиш ржаного хлеба массой 3 кг (выпечка 90 мин) получил лучшую оценку, чем мякиш хлеба массой 1,5 кг (выпечка 60 мин) одинакового типа и из одного и того же теста. Одновременно из данных табл. 30 следует, что между круглыми и продолговатыми хлебами, выпекавшимися при одинаковых условиях, не было установлено значительной разницы в аромате. Этого нельзя было ожидать и по результатам табл. 29, так как количество корки круглых и продолговатых хлебов приблизительно одинаковое. Таким образом, форма хлеба практически не влияла на аромат мякиша, а масса, напротив, влияла очень сильно.

Таблица 30

Сенсорная оценка ржаного хлеба разной массы и формы
(треугольные тесты предпочтительности; сравнивались ломти,
вырезанные из центра хлеба через 24 ч после выпечки)

Образцы	Масса, кг	Число участников оценки, %			Значимость различия	
		отдавших предпочтение образцам		не нашедших различия		
		А	Б			
А	3	77	17	6	***	
Б	1,5					
А, круглый	1,5	33	17	50	0	
Б, продолговатый	1,5					
А, круглый	2	30	17	53	0	
Б, продолговатый	2					
А, круглый	3	36	21	43	0	
Б, продолговатый	3					

Таблица 31

Содержание ароматобразующих веществ в ржаном сером хлебе различной массы, мг/кг

Вещества	Корка хлеба массой		Мякиш хлеба массой	
	3 кг	1,5 кг	3 кг	1,5 кг
Оксиметилфурфурол	660	370	18	18
Карбонильное «число желтения» *	410	290	34	30
Фурфурол	25	12	0,7	0,3
Изопентаналь	27	20	1,6	1,1
Этанол	890	630	3870	3350

* Характеризует содержание суммы летучих карбонильных соединений без оксиметилфурфурова.

Дополнительные сведения о большей интенсивности аромата в крупных караваях хлеба получены в результате аналитического определения аромата.

Данные табл. 31 показывают, что содержание ароматобразующих веществ явно различно в мякише и корке двух образцов хлеба разной массы. Учитывая сравнительно высокую эффективность аромата изопентаналя и фурфурола, можно сделать вывод, что образцы хлеба большей массы обладают лучшими вкусовыми достоинствами.

Современное же развитие хлебопекарной промышленности направлено на выпечку хлеба меньших размеров, что совпадает с требованиями потребителя. Покупатель, однако, ожидает сохранения интенсивности аромата в хлебе мелкого развеса. Приведенные результаты исследования затрагивают проблему, которая до сих пор не учитывалась, но в интересах сохранения качества хлеба ее следовало бы обсудить.

Вкусовые преимущества больших по массе хлебов можно практически использовать в производстве хлеба, нарезанного на ломти и продаваемого в мелкой расфасовке. Такая идея представляет интерес и с точки зрения эксплуатации печей, так как удвоение массы хлеба (с 1,5 до 3 кг) требует увеличения длительности выпечки лишь на 50% (с 60 до 90 мин).

3.6. ИЗМЕНЕНИЕ АРОМАТА ХЛЕБА ПРИ ХРАНЕНИИ

Параллельно с физико-химическими изменениями, которые определяют процесс черствения хлеба, после выпечки наступает и ухудшение вкуса этого продукта. Caul при систематических сенсорных исследованиях упакованного пшеничного хлеба при четырехдневном хранении установил непрерывные потери аромата коркой и мякишем. С увеличением длительности хранения особенно заметно теряется дрожжеподобный аромат и соленый вкус и все заметнее проявляется кислый и крахмалообразный характер вкуса [444].

При черствении хлеба часто трудно решить, действительно ли происходит потеря ароматобразующих веществ, или сенсорное ощущение изменившейся по сравнению со свежим хлебом структуры мякиша вызывает общее отрицательное впечатление о вкусо-ароматическом

комплексе черствого хлеба. Далее, приходится также учитывать наслаждение этих обоих факторов или даже усиление их совместного влияния. Обычные средства продления свежести хлеба, такие, как стеароиллактилат кальция, эмульгаторы или *α*-амилаза, действуют только на физико-химические процессы черствения мякиша и не оказывают непосредственного влияния на сохранение аромата.

Если мы хотим несколько глубже вникнуть в эту проблему и сделать практические выводы, необходимо проследить за ароматобразующими веществами в период остывания и хранения хлеба.

Летучие ароматобразующие вещества в двух основных частях готового еще горячего хлеба распределены неравномерно. В темноокрашенном почти безводном слое корки с высокой концентрацией аромата до самого окончания процесса выпечки непрерывно формируются новые ароматобразующие вещества. Во влажном мякише концентрация аромата сравнительно низка и обусловлена преимущественно ароматобразующими веществами брожения.

Количество и распределение ароматобразующих веществ в хлебе, наблюдающиеся в момент выхода его из печи, не сохраняются постоянными при остывании и последующем хранении. В основном приходится принимать во внимание следующие изменения:

1) конденсацию ароматобразующих веществ, находящихся в паровой фазе, и их адсорбцию крахмалом и белком;

2) улетучивание ароматобразующих веществ с поверхности, точнее, из слоя корки хлеба;

3) диффузию ароматобразующих веществ из участков их высокой концентрации, т. е. из корки к центру мякиша;

4) окислительные изменения содержащихся в хлебе ароматобразующих веществ.

Из перечисленных факторов первый, можно полагать, является причиной утраты аромата, которая происходит при остывании хлеба и продолжается впоследствии. Свежий, особенно еще горячий хлеб, как известно, обладает намного более интенсивным ароматом, чем хранившийся хлеб; приятный запах свежего хлеба быстро теряется. Вероятно, более интенсивный аромат свежевыпеченного

хлеба и является главной причиной повышенного на него спроса [445, 446].

В работах Lorenz и Maga [447] впервые приводится аналитический показатель потерь аромата в первые часы остывания хлеба. Авторы наблюдали уменьшение количества летучих веществ и общего содержания карбонильных соединений в течение первого дня хранения пшеничного хлеба. Степень снижения их содержания была, однако, меньше, чем можно было бы ожидать на основании значительной утраты аромата в первый день после выпечки. Однако в связи с этим следует принять во внимание еще одну точку зрения. Schoch [448] впервые высказал предположение, что многие ароматобразующие вещества блокируются амилозой—линейной фракцией пшеничного крахмала — и в результате этого исключаются из участия в ощущении аромата обонянием. При этом он ссыпался на результаты своих исследований с Lansky [449], в которых было показано, что при наличии бутанола или изопентанола амилоза крахмала приобретает конфигурацию α -спиралы, благодаря чему можно отделить амилозу от амилопектина осаждением. Нагреванием можно сделать обратимой блокировку молекул спирта. Опубликованы также результаты и других исследований по включению ароматобразующих веществ в молекулу амилозы [450].

Если исходить из гипотезы, что в свежем хлебе сразу после выпечки преобладающая часть ароматобразующих веществ находится в несвязанной газовой фазе, а через несколько часов проявляется значительная связь их с веществами-носителями, которая приводит к потере возможности их сенсорного восприятия, то обсуждение проблемы можно считать исчерпанным. Совершенно остывший через несколько часов после выпечки хлеб, хотя и содержит полностью все количество ароматобразующих веществ, но в результате частичной связи их с веществами-носителями аромат не ощущается в первоначальном объеме.

Одновременно это позволяет объяснить «регенерацию» аромата черствого хлеба при его прогреве в печи: связанные ароматобразующие вещества освобождаются в результате повторного нагревания и могут в течение нескольких часов ощущаться в полной концентрации, пока снова не осадут на носители или не свяжутся с ними.

Такая гипотеза полностью совпадает с исследованиями Maier [28, 451] о сорбции ароматобразующих веществ, которую он характеризует как процесс, обратимый в зависимости от температуры (полная десорбция при 60°C). Ухудшение вкуса пшеничного и ржаного хлеба при его хранении в течение нескольких дней не связано с быстрой потерей аромата в период остывания хлеба. Хотя ухудшение вкуса проходит параллельно с ретроградацией крахмала, оно непосредственно не связано с физическими изменениями мякиша хлеба. Дальнейшая потеря аромата хлеба происходит, скорее всего, вследствие улетучивания ароматобразующих веществ с поверхности корки. Результаты исследований Markova, Honischova и Hampl [400], приведенные в табл. 32, показывают, что содержание некоторых ароматобразующих веществ при хранении уменьшается по всей буханке.

Таблица 32

Потери ароматобразующих веществ при хранении
ржано-пшеничного хлеба
(газовая хроматография пара над продуктом)

Вещества	Площадь пиков (в мм^2) при длительности хранения				
	3 ч	24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
Ацетальдегид	77	100	58	50	57
Этилформиат	20	23	13	9	13
Изобутаналь и ацетон	35	35	24	17	18
Этилацетат	29	33	16	12	11
2- и 3-метилбутаналь	52	55	28	16	26
Пропанол	7	6	6	6	5
Изобутанол	19	13	10	8	10
Изопентанол	25	31	22	23	24

Lorenz и Maga [447] также определили в мякише пшеничного хлеба в течение первых 5 дней хранения значительные потери простых альдегидов. Параллельно с этим происходило резкое увеличение содержания 2-гексанона.

На рис. 35 даны хроматограммы карбонильных соединений свежего и хранившегося в течение 5 дней хлеба.

Прежде всего, нельзя с уверенностью сказать, следует ли уменьшение содержания некоторых ароматобразующих веществ при хранении отнести за счет их улетучивания или окисления. Однако ранее высказанное предположение, что существует связь между черствением и окислением, особенно изобутанала и изопентанала, не может быть принято [452—454].

Таблица 33

Изменение эффективности аромата при окислении отдельных альдегидов

Альдегиды	Кислоты, образованные в результате окисления	Пороговые концентрации, мг/кг	
		альдегиды	кислоты
Ацетальдегид	Уксусная	0,9	50
Бутаналь	Масляная	0,06	3
Изобутаналь	Изомасляная	0,001	3
Октаналь	Каприловая	0,0006	0,5
Пентаналь	Валериановая	0,008	0,5
Фенилацетальдегид	Фенилуксусная	0,009	0,1

Если предположить, что очень неприятный запах изомасляной и изовалериановой кислот одновременно является признаком интенсивного воздействия на аромат, то такой вывод будет неправильным. Это можно понять из данных табл. 33, приведенных по результатам наших исследований пороговых концентраций (ср. табл. 41). При окислении альдегидов, интенсивно воздействующих на аромат, в каждом случае образуются кислоты со значительно сниженным воздействием на ощущение запаха. Из этого следует, что окисление альдегидов исключает их из участия в формировании аромата. Маловероятным является «отрицательное» восприятие аромата, вызываемое продуктами окисления.

Определенное улучшение аромата мякиша в начальном периоде при хранении хлеба является результатом диффузии ароматобразующих веществ из корки с более-

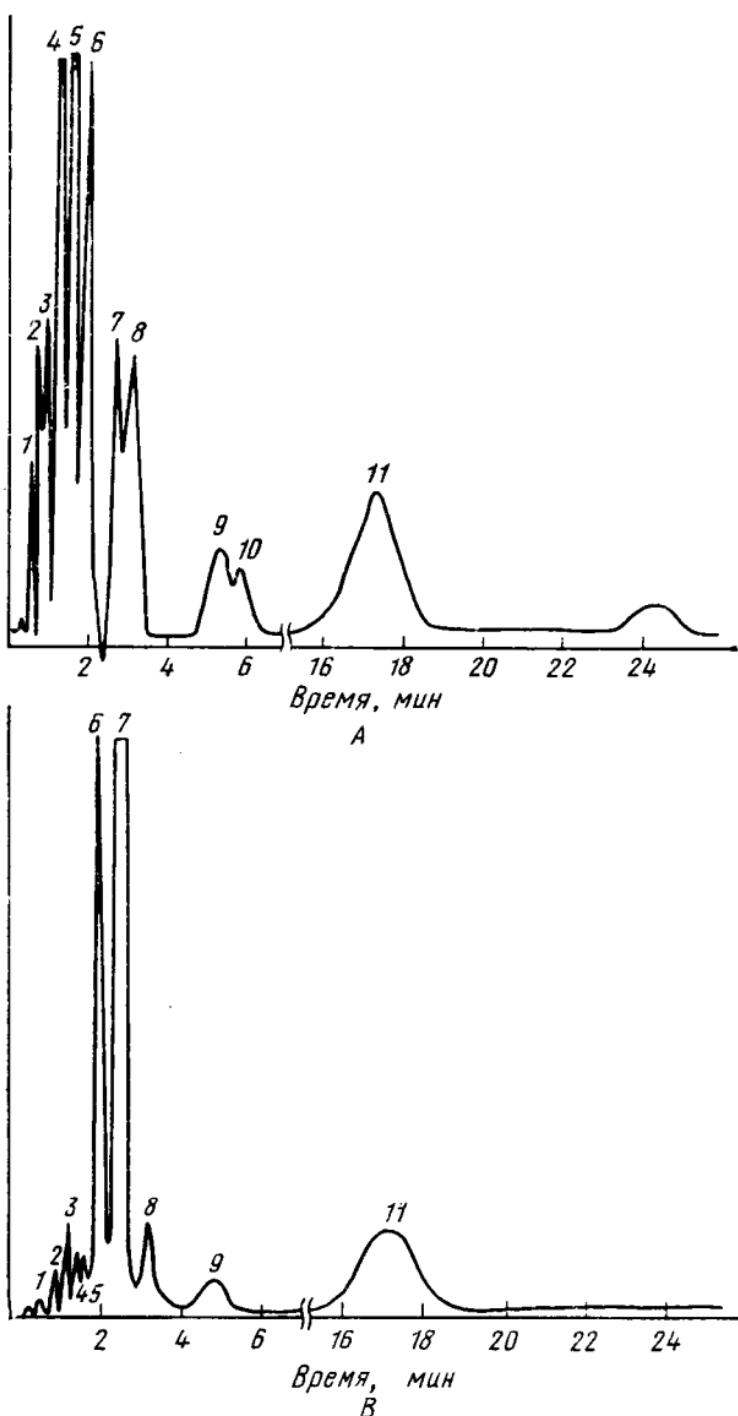


Рис. 35. Изменение содержания летучих карбонильных соединений при пятидневном хранении пшеничного белого хлеба. Газовая хроматограмма после выделения и регенерации карбонильных соединений: *A* — свежий хлеб; *B* — хлеб, хранившийся пять дней; 1 — формальдегид; 2 — ацетальдегид; 3 — ацетон; 4 — пропаналь; 5 — бутаналь; 6 — 2-бутанон; 7 — 2-гексанон; 8 — гексаналь; 9 — 2-гептанон; 10 — гептаналь; 11 — нонаналь.

высоким содержанием ароматобразующих веществ в мякиш. Это явление впервые показал в 1957 г. Rotsch на примере фурфурола [47, 455]. Было доказано, что после удаления корки увеличение содержания ароматобразующих веществ в мякише не имело места. Позднее Натр¹ и сотр. полярографическим методом определили уменьшение содержания суммы летучих карбонильных соединений в корке и одновременное увеличение его в мякише. При этом явное возрастание ароматобразующих веществ в мякише наблюдалось только в первый день хранения [456]. Аналогичное явление показали результаты исследования при хранении пшеничного и ржано-пшеничного хлеба (табл. 34).

Таблица 34

Изменение содержания карбонильных соединений в корке и мякише при хранении хлеба

Соединение	Пшеничный белый хлеб						Ржано-пшеничный хлеб					
	корка			мякиш			корка			мякиш		
	срок хранения, дни											
	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7
Ацетон	158	131	70	9	29	8	—	—	—	—	—	—
Ацетальдегид	20	21	15	4	7	5	27	20	19	3	3	2
Изолентаналь	26	26	21	5	10	5	36	38	15	1	2	2
Фурфурол	—	—	—	—	—	—	77	39	16	2	3	2

Изменение кислотности при нормальных условиях хранения ржано-пшеничного хлеба описывают Drews и Stephan [457]. Как влажность, так и кислотность снижаются быстрее в подкорочном слое, чем в центре мякиша. По нашим опытным данным, при слишком длительном хранении ржаного хлеба часто наблюдалось восприятие неприятного кислого вкуса, которое нельзя отнести за счет изменения кислотности. Возможно, это связано с коллоидным состоянием мякиша изделия, так как подобный эффект проявляется особенно ясно, если хлеб был недостаточно пропечены.

Практическая сохранность аромата хлеба исследовалась в связи с изменениями температуры хранения. Так как ретроградация крахмала и черствение хлеба затор-

маживаются при температуре ниже -7° и выше $+60^{\circ}\text{C}$, то здесь могут быть использованы как очень низкие, так и очень высокие температуры. Замораживание, которое прежде всего применяется для мелкоштучных пшеничных изделий, должно проводиться приблизительно через 20 мин после выпечки ускоренным способом. Необходимо по возможности быстро (не более чем через час) снизить температуру мякиша до граничной (-7°C), так как в противном случае проявляется вкус черствого хлеба. При низкотемпературном замораживании, кроме того, на поверхности изделия образуется тонкий слой льда, который препятствует потерям влаги и ароматобразующих веществ [458, 459].

Хранение уже замороженных хлебобулочных изделий проводится при температуре от -12 до -18°C . Размораживание хлеба в интересах сохранения его аромата должно по возможности осуществляться быстро (в печи или с помощью микроволнового излучения, а не постепенно и медленно в помещении).

Более новым методом является замораживание жидким азотом, который из-за слишком высоких затрат до сих пор еще широко не применяется. При этом способе в результате очень низкой температуры (около -200°C) уже упомянутый слой льда образуется мгновенно и аромат свежего хлеба сохраняется полностью. Ввиду способности окислять жиры и ароматобразующие вещества жидкий воздух для замораживания не используется [460].

В настоящее время еще обсуждается возможность применения повышенных температур (50°C) для сохранения свежести хлеба. При таких условиях в пшеничном белом хлебе через 24 ч [46], а в ржаном через 42 ч [462] наступает изменение вкуса, которое, вероятно, происходит в результате отрицательного влияния реакции покоричневения в мякише хлеба. Аромат при этом не такой сильный, как в свежем хлебе, а изменившийся характер вкуса напоминает «привкус стерилизации». При хранении хлеба при повышенных температурах содержание влаги имеет особое значение для сохранения первоначального аромата. Влажность в корке стимулирует, например, влияющий на качество процесс покоричневения, который происходит в корке при условиях повышенной температуры.

Применение эмульгаторов для сохранения свежести хлеба при слишком высокой дозировке их может привести к уже отрицательному изменению характера и уменьшению интенсивности аромата [463, 464]. Нужно подходить критически к использованию тех или иных добавок для сохранения свежести хлеба.

3.7. АРОМАТ ХЛЕБА И УПАКОВКА

Упаковка хлеба производится прежде всего с целью сохранения свежести и улучшения санитарно-гигиенических условий его транспортирования и продажи. При этом сохранение свежести не означает сохранения всех качественных показателей, присущих свежему хлебу в день

Таблица 35

Изменение содержания ароматобразующих веществ
при хранении пумперникаля в разных условиях
(выпечен из одного и того же теста; масса 500 г,
не нарезан на куски)

Условия хранения	Длительность хранения, дни	Интенсивность пожелтения (экстинкция)	Содержание, мг/кг		
			Фуфурола	изопентанола	ацетальдегида
Неупакованный	1	4,5	27,2	4,5	9,1
В алюминиевой фольге	7	4,5	24,4	4,9	10,6
	14	4,25	22,5	4,6	11,8
	21	4,25	22,1	3,4	14,4
	7	3,9	22,0	4,4	8,3
В атмосфере CO ₂	14	3,8	18,1	2,7	5,7
	21	3,6	13,9	2,6	5,4
	7	4,1	21,8	4,7	7,5
В атмосфере O ₂	14	3,7	17,4	3,1	5,4
	21	3,25	13,0	2,6	4,1

его выпечки. Упаковка в первую очередь должна препятствовать высыханию и тем самым черствению, а кроме того способствовать торможению микробиологических процессов порчи хлеба при длительном хранении. С помощью упаковки, например, ржаной серый или смешанный хлеб можно сохранить свежим в течение нескольких дней, а специальные сорта хлеба, если упаковка стерильна, даже несколько недель.

Упаковка хлеба одновременно препятствует улетучиванию ароматобразующих веществ корки и сохраняет

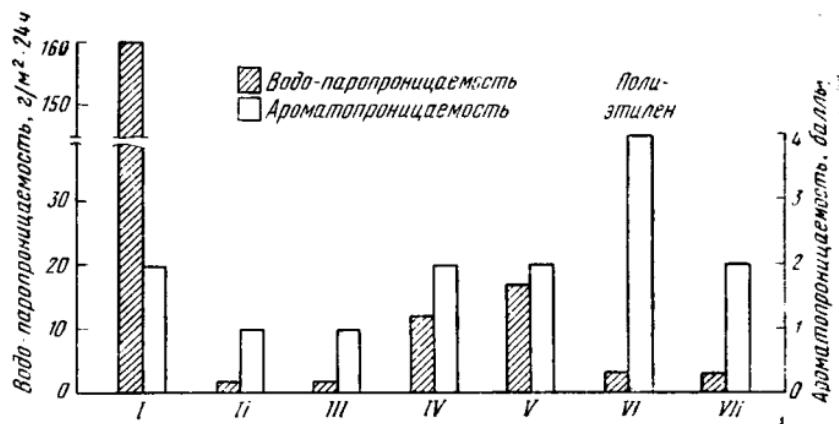


Рис. 36. Водо-, паро- и ароматопроницаемость различных пленок, по Schultze [468]:

I — целлофан; II — целлофан, покрытый слоем полимерной пленки; III — целлофан, покрытый воском; IV — PVC; V — PVC-термоусадочная пленка; VI — полиэтиленовая пленка; VII — полипропиленовая пленка.

аромат. Боровикова и Ройтер подтвердили это аналитически по содержанию карбонильных соединений [465]. Упаковка не оказывает влияния на потери ароматобразующих веществ, происходящие в результате химических превращений (табл. 35).

Преимущество более продолжительного сохранения свежести упакованного хлеба достигается, однако, ценой некоторых недостатков, определяемых сенсорно. Так, например, первоначальная разница влажности в корке и мякише в упакованном хлебе быстро уравновешивается, в результате чего корка теряет глянец и способность хрустеть. Далее корка темнеет. При очень высокой способности упаковочного материала удерживать ароматобразующие вещества в упакованном хлебе могут наступить из-

менения вкуса и аромата продукта; в ржаном и смешанном хлебе это проявляется прежде всего в появлении кисловатого вкуса.

Степень этих нежелательных изменений обуславливается качеством упаковочного материала. Он должен быть влаго- и паронепроницаемым. Однако паро-, влаго-, газо- и ароматопроницаемость пленок являются независимыми друг от друга свойствами. Материал, обладающий высокой паро-водонепроницаемостью, далеко не всегда обладает способностью хорошего сохранения аромата.

Из обычно применяемых для упаковки хлеба видов пленок только алюминиевая фольга абсолютно ароматонепроницаема [460]. Из-за чувствительности к кислотам она обычно комбинируется с другими видами пленок [467]. Хорошей ароматонепроницаемостью обладает целлофановая пленка, покрытая лаком или воском. Полиэтилен же, наоборот, особенно легко пропускает аромат. Нормальный целлофан, хотя и обладает средней ароматонепроницаемостью, но из-за высокой паровлагопроницаемости не пригоден для сохранения свежести хлеба.

На рис. 36 представлены результаты исследования различных видов пленок, по данным Schultze [468]. Данные являются сравнительными, а не стандартными, так как здесь следует иметь в виду качество и толщину пленок.

Выбор упаковочного материала зависит от сорта хлеба и требуемого срока хранения [469]. Так, например, для хлеба, нарезанного на ломти и хранящегося более длительное время, необходим упаковочный материал с большей ароматонепроницаемостью для веществ, образующихся при хранении. Чтобы обеспечить равномерное распределение влаги и ароматобразующих веществ из паровой фазы по всему продукту, нельзя быстро охлаждать хлеб длительного хранения, выпекающийся в банках [470]. При выпечке пшеничных изделий в жестяных банках вакуум, который образуется внутри после укупорки и охлаждения банки, должен способствовать сохранению аромата (банка закрывается через 1 мин после выгрузки из печи) [471].

При хранении в течение 1—2 мес ржаного хлеба из муки из целого зерна, выпекавшегося в жестяных банках, мякиш может стать сухим на ощупь. В нем могут появиться разрывы и произойти изменения вкуса с появле-

нием зернового, сырого, не специфически хлебного или слишком кислого привкуса. Для устранения этих недостатков Stephan [472] рекомендует:

уменьшение дозировки закваски (25—35%);
переработку 20—25% муки в виде заварки;
полное использование допускаемых норм добавки старого хлеба;

применение низких температур приготовления теста;
проведение выпечки в паровой камере при давлении пара 0,02—0,04 МПа.

При более длительном хранении хлеба, выпеченного в банках, может потемнеть мякиш, особенно в более светлых сортах хлеба. Это отрицательно влияет и на вкус хлеба [473, 474]. Такие изменения являются результатом медленно протекающей неферментативной реакции покоричневения.

Используемая в последнее время упаковка в пленку еще теплого хлеба с целью сохранения его аромата создает особую проблему. Большинство упаковочных материалов, обладающих высокой ароматонепроницаемостью (что является особенным их преимуществом), при упаковке теплого хлеба способствует ухудшению вкуса. В хранящемся хлебе появляются посторонний кисловатый вкус, порой привкус пригорелости, а также оттенки аромата, напоминающие аромат хлеба, выпеченного слишком быстро [475, 476]. Наступающее ухудшение качества возрастает с увеличением содержания влаги в хлебе, поэтому оно заметно в пшеничном белом и пшенично-ржаном хлебе, а в хлебе из обойной муки проявляется сильнее. Для упаковки в горячем состоянии хлеб, выпекаемый в формах или вслип, вследствие большей длительности выпечки предпочтительнее обычного подового хлеба.

Причиной ухудшения качества хлеба, упакованного в еще теплом состоянии, является, вероятно, задержка легколетучих составных частей, которые в обычных условиях улетучиваются вместе с влагой. Stephan доказал, что при остывании хлеба параллельно с потерей влаги происходит положительное изменение вкуса хлеба [475]. Соответственно этому должны быть созданы условия, которые способствовали бы удалению влаги, содержащейся в виде пара в горячем хлебе после выгрузки из печи. Об этом говорит также в своих работах Jaus [477].

В качестве профилактических мер Stephan рекомендует:

упаковывать хлеб не ранее чем через час после выпечки;

продлить процесс выпечки на 5—10 мин;

использовать упаковочные материалы с высокой водо-, паро- и ароматонепроницаемостью;

несколько уменьшить долю закваски.

Применение инертных газов в целях сохранения аромата оказалось малоэффективным. Даже в таком богатом ароматом продукте, как пумперникель, можно гарантировать сохранение значительной степени аромата при длительном хранении путем применения соответствующей упаковки, а не путем хранения его в инертном газе, например двуокиси углерода (см. табл. 35).

Данные табл. 35 свидетельствуют и о том, что при хранении хлеба в атмосфере кислорода не наступает большего уменьшения содержания ароматобразующих веществ, чем при хранении в атмосфере двуокиси углерода. Следовательно, потери аромата при хранении хлеба происходят в основном вследствие улетучивания, а не окислительного изменения ароматобразующих веществ.

Более длительное хранение хлеба, нарезанного на ломти и упакованного в атмосфере двуокиси углерода, едва ли дает дополнительные положительные результаты с точки зрения сохранения аромата. Однако замена воздуха углекислым газом задерживает развитие определенных микроорганизмов и поэтому этот способ консервирования хлеба заслуживает внимания.

В общем упаковка хлеба и хлебобулочных изделий производится не только в целях сохранения его аромата или соображений гигиены, но и в целях замедления или недопущения микробиологических изменений хлеба в процессе хранения. Все перечисленные факторы могут быть достигнуты, если паряду с упаковкой принять дополнительные меры по консервированию, которые в принципе сводятся к следующему:

химическое консервирование;

термическая стерилизация;

консервирование облучением.

Все три способа консервирования могут привести к нежелательным изменениям аромата. При химическом консервировании концентрация консервантов не должна

превышать определенных значений, так как это может затормозить брожение и повлиять на образование соответствующего вкуса. В отношении применения консервантов в каждой стране имеются свои законы, регламентирующие их использование при производстве пищевых продуктов. В общем установленные предельные концентрации не обусловливают еще оптимально возможного их эффекта при консервировании. В табл. 36 приводятся предельные дозировки большинства химических консервантов для хлебобулочных изделий [478—481].

Таблица 36
Воздействие химических консервантов на хлеб

Консервант	Защита против	Максимальная дозировка, % от массы муки	Возможность влияния на вкус
Ацетат кальция	Картофельной болезни	0,4	—
Пропионат кальция	Плесени	0,4	+
Сорбиновая кислота	»	0,2	+
Сорбит калия	»	0,2	+
Сорбит кальция	»	0,2	+
Сорбонилпальмитат	»	0,4	—

Дополнительная стерилизация в упаковке с применением высокой температуры или микроволи, используемая для продления свежести, прежде всего, хлеба, нарезанного на ломти, может также вызвать отрицательное изменение аромата (привкус стерилизации). Однако это наблюдается лишь при чрезмерной интенсивности или длительности прогрева продукта.

В большинстве стран до сих пор не допускаемое консервирование хлеба коротковолновым облучением явно может уменьшить порчу упакованного хлеба, если применять дозу излучения $0,5 \cdot 10^6$ рад. Даже незначительное

увеличение дозы ($2 \cdot 10^6$ рад) уже вызывает рыбный привкус, который, вероятно, следует отнести за счет образования аминов [478].

4. ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА АРОМАТ ХЛЕБА

4.1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АРОМАТИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Еще 20 лет назад под ароматизаторами понимались концентраты ароматобразующих веществ, которые применялись для ароматизации некоторых небольших групп пищевых продуктов. Сюда относились прежде всего кондитерские изделия, сладкие блюда, мучнистые кондитерские изделия, спиртные напитки и лимонады.

Общим для указанных продуктов является то, что они либо не имеют собственного вкуса, либо последний выражен слабо и поэтому улучшить их можно только ароматизацией.

В настоящее время уточняется не только терминология. Быстро увеличивается производство концентратов ароматобразующих веществ, так, например, в США за период с 1955 г. по 1965 г. производство их увеличилось примерно в 2 раза [482]. Значительно расширяется область их применения. В течение нескольких лет на мировом рынке все больше предлагаются так называемые «имитаторы аромата». Они нашли применение прежде всего там, где до сих пор для ароматизации применялись пищевые продукты, сами обладающие специфическим ароматом. Так, например, для ароматизации шоколада использовался кофе, мороженого — ананасы, кондитерских изделий — сливки, соленых печеных изделий — сыр. В последнее время проведены опыты по использованию концентратов для усиления аромата пищевых продуктов, промышленное производство которых связано с утратой их аромата.

В применении концентратов аромата можно наблюдать две противоположные тенденции. С одной стороны, стремление к постоянному улучшению пищевых продуктов, особенно тех, которые обладают более тонким вкусом и отличаются специфическим оттенком аромата, привело к расширению применения высококачественных естественных концентратов аромата [483]. До сих пор

естественные ароматобразующие вещества, полученные из ароматных пищевых продуктов или пряных растений прессованием, экстракцией или дистилляцией, почти без исключения превосходят по качеству ароматизаторы, полученные синтетическим путем. Так, например, лимонады, кока-кола и фруктовые напитки, приготовленные на базе натуральных ароматизаторов, за последние 20 лет во всех высокоразвитых странах завоевали большую часть рынка и значительно вытеснили ранее широко потребляемые напитки, приготовленные с использованием искусственных ароматизаторов.

С другой стороны, с возрастающим уровнем знаний в области исследования аромата увеличиваются шансы для постепенной ликвидации еще очень большой разницы в качестве между естественными и синтетическими концентратами аромата. Сюда относятся и возможности комбинирования обеих групп ароматизаторов. Так, добавление от 5 до 25% какого-нибудь естественного концентрата аромата к синтетическому ароматизатору (обычно состоящему из ограниченного числа ароматобразующих веществ и обладающему, таким образом, односторонним действием) позволяет получить полноценный аромат и тем самым улучшить качество синтетического ароматизатора [484, 485]. Наоборот, в некоторых случаях можно намного повысить эффективность и рентабельность использования естественных концентратов аромата добавлением отдельных компонентов ароматобразующих веществ, полученных синтетически [486].

Если обратиться к пряностям, добавление которых дает аромат, обусловленный в основном или исключительно одним единственным ароматобразующим компонентом (в стручке ванили — ванилином; в ясменнике душистом — кумарином; в корке коричного дерева — коричным альдегидом и т. д.), то обнаружится очень мало примеров абсолютной имитации аромата большинства пищевых продуктов путем добавления соответствующих комбинаций чистых ароматобразующих веществ. Такими примерами могут служить имитатор аромата черной икры [202, 487] и имитаторы ароматов определенных благородных спиртных напитков [488].

Почти для всех остальных пищевых продуктов, в том числе и хлеба (см. табл. 5), дело обстоит значительно сложнее и имитация аромата оставляет желать много

лучшего. Было бы неправильно поэтому на основе отдельных удачных опытов делать вывод о том, что решение проблемы искусственной ароматизации пищевых продуктов является вопросом уже ближайших нескольких лет.

Более реальным является путь проведения мероприятий, улучшающих и усиливающих естественный аромат и вкус пищевых продуктов, в том числе и хлеба. Это особенно актуально для условий современного производства, когда ускоренные технологические методы отрицательно сказываются на аромате и вкусовых достоинствах продукта. В отношении хлеба этот вопрос рассматривается в последующих разделах книги.

4.2. ВЛИЯНИЕ ВКУСОВЫХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВО ХЛЕБА

Если хлеб в течение тысячелетий мог оставаться основным продуктом питания, то это в первую очередь обусловлено его простым составом и доступностью для широких слоев населения. Мука, вода и соль даже при самых неблагоприятных обстоятельствах являются наиболее доступными видами пищевого сырья. Характер и свойства хлеба определяются лишь способом переработки этого сырья. Только в текущем столетии наряду с этими основными видами сырья начали широко применяться и другие дополнительные продукты, изменяющие качество хлеба.

Большую роль в образовании общего ароматического и вкусового комплекса пшеничного белого хлеба играют дрожжи (см. с. 82—83). При обычной, припятой для пшеничного белого хлеба, технологии тестоприготовления прессованные хлебопекарные дрожжи добавляют в количестве 1—3% к массе муки. Лишь добавление их в количестве свыше 4% может оказать отрицательное действие [338а].

Для полноты вкусовых ощущений дрожжевой аромат необходим и для других видов хлеба. При этом не имеет значения, вносятся ли дрожжи в опару или при безопарном способе — прямо в тесто. При опарном способе тестоприготовления, правда, бывает невозможно различить, в какой степени собственный аромат дрожжей сопутствует аромату продуктов брожения.

Часто в целях улучшения вкусовых достоинств хлеба предлагается предварительная активация дрожжей.

По Haber, Jakubczyk, добавление от 2 до 6% дрожжей *Saccharomyces fragilis* при обычном способе тестоприготовления улучшает аромат пшеничного белого хлеба, особенно в присутствии молочной сыворотки [489]. Bundus и Luksas рекомендуют применение комбинации дрожжей с энтерококками и молочнокислыми бактериями, которые в обогащенной азотом предварительно прогретой молочной сыворотке выдерживаются при продувании воздуха 15 ч при 30°C и затем в присутствии лактозы подвергаются распылительной сушке [490, 491]. 2%-ная добавка пивных дрожжей в очищенном виде и освобожденных от горечи согласно одному швейцарскому патенту также должна улучшать вкус хлеба [417].

Добавление дрожжей без проведения брожения опары или теста не оказывает оптимального влияния на вкус хлеба [492, 493]. По данным Baker, Parker, Forttapp, избыточное количество дрожжей оказывает скорее отрицательное влияние на характер вкуса хлеба [46].

Добавленный в пшеничный хлеб сахар участвует в окончательном формировании комплекса вкусовых ощущений, если не вызывает впечатления собственно сладости. Только в нескольких странах желателен определенный сладкий вкус и в обычных сортах хлеба (Швеция). Дозировки сахара поэтому не должны превышать 2% от массы муки (табл. 37).

Добавление сахара способствует брожению теста и оказывает благоприятное влияние на аромат хлеба. Помимо влияния на интенсивность покоричневения корки и содержание альдегидов, вид добавленного сахара, по-видимому, не оказывает влияния на вкус хлеба [494, 495]. Напротив, применение солодовой муки или полученной из нее вытяжки положительно сказываются на вкусе пшеничного белого хлеба [496—498]. Непосредственное воздействие на вкус является спорным. При больших (10% от массы муки) добавках муки из красного солода в ржано-пшеничный хлеб наблюдается темно-коричневая окраска мякиша при одновременном явном усилении аромата.

Добавление молока (большой частью сухого обезжиренного) в количестве 2,5% от массы муки способствует образованию более полного вкуса пшеничного хлеба. Одновременно повышается стойкость против черст-

вения [303, 496]. Добавление больших (до 6%) количеств сухого молока, а также повышенных количеств сахара и жира, обычных в некоторых странах, особенно в США, в странах Средней Европы признаются потребителями только для специальных сортов хлеба.

Одновременное улучшение хлебопекарного качества при молочных добавках происходит лишь при предварительном денатурировании белков молока нагреванием или высушиванием [499]. В противном случае в процессе приготовления теста действие белков на ферменты может вызвать технические трудности.

В пшенично-ржаном хлебе добавки сухого молока, обладая буферным действием, снижают интенсивность аромата [500]. Подобное действие оказывают сыворотка и некоторые минеральные воды [501].

Добавление пахты в тесто из ржаной обойной муки или из смеси ржаной и пшеничной придает хлебу нежный кисловатый вкус, отличающийся от вкуса обычного хлеба. Чтобы избежать одностороннего оттенка кислого или резко горького вкуса добавка не должна превышать $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$ от общего количества воды в тесте. Добавление пахты в фазе набухания позволяет сократить количество производственной закваски [502].

Исключительно большое значение для окончательного формирования вкуса имеет добавление поваренной соли. Оптимальные вкусовые свойства достигаются при незначительных колебаниях в дозировке соли. Оптимальное количество соли составляет 1,5—2% от массы муки [503]. Однако при увеличенной дозировке ржаной муки добавление более 2% соли может еще положительно сказаться на вкусе хлеба.

При приготовлении диетических безсолевых сортов хлеба вместо поваренной соли применяется хлорид калия (0,3% от массы муки) или цитраты (1,2% от массы муки) [504—506]. При выпечке диетических изделий также рекомендуется комбинировать хлорид кальция с глютаминовой кислотой [507]. Ни один заменитель не может, однако, полностью заменить хлорид натрия. Раньше из чисто вкусовых соображений общепринятое количество соли заменяли только частично (при дозировке 0,5% вместо 1,5% получался «недосоленный хлеб»).

Воздействие добавок соли на вкус зависит от характера хлеба. Соль может усилить кислый вкус [508].

Влияние важнейших добавок на вкусовые свойства хлеба

Таблица 37

Вид добавки	Сорт хлеба	Добавки, % от массы муки	Влияние на аромат и вкусовые ощущения	Прочие воздействия
Дрожжи	Пшеничный белый	1,5—3	Дрожжевой вкус	Подъем, разрыхление теста
Сахар	То же	До 2	Покоричневение и ароматизация корки	Стимулирование брожения
152 Солодовая мука		До 3	Покоричневение корки, увеличение содержания предшественников аромата	Стимулирование брожения и покоричневения
Мука из красного (томленого) солода	Ржаной	До 10	Появление ароматобобразующих веществ, покоричневения в корке и мякише	Темное окрашивание мякиша, стимулирование брожения и покоричневения
Сухое молоко	Пшеничный белый и смешанный	2,5—5	Повышение полноценности вкуса (незначительные добавки), снижение интенсивности аромата (значительные добавки)	Повышение питательной ценности, сохранение свежести, желтоватое окрашивание мякиша
Хлебопекарные жиры	Пшеничный белый	2—5	Повышение пористости мякиша, восстановление интенсивности аромата при значительных добавках	Увеличение объема, повышение калорийности
Эмульгаторы	То же	0,1—0,5	Повышение пористости, ухудшение вкуса при передозировке	Увеличение объема, улучшение хлебопекарных свойств
Поваренная соль	Пшеничный и ржаной	1,5—2,5	Соленый вкус, завершение комплексности аромата, вариации кислого вкуса	Стимулирование брожения, ингибирование посторонней флоры
153 Пряности (тмин, фенхель, мускат)	Ржаной хлеб	0,04—0,1	Завершение комплексности аромата и различные вариации его	Незначительное влияние на процессы ферментации
Пахта	То же	Разное количество	То же	Сохранение свежести
Сок квашеной капусты	Смешанный	»	»	»

В пшеничном хлебе повышенное содержание дрожжей требует некоторого увеличения добавок соли [496].

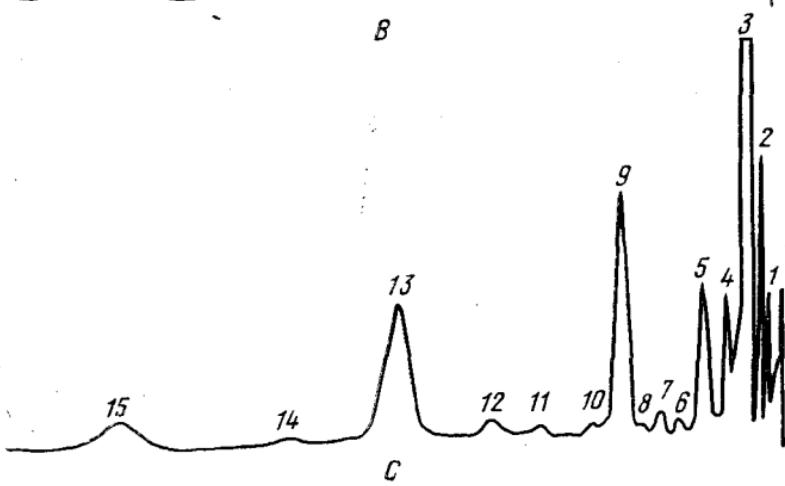
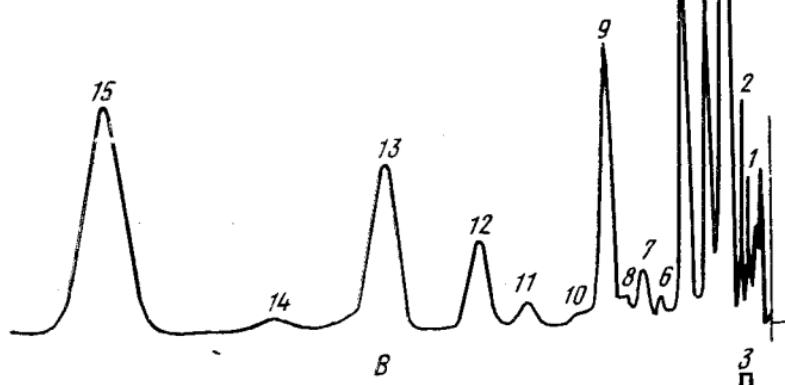
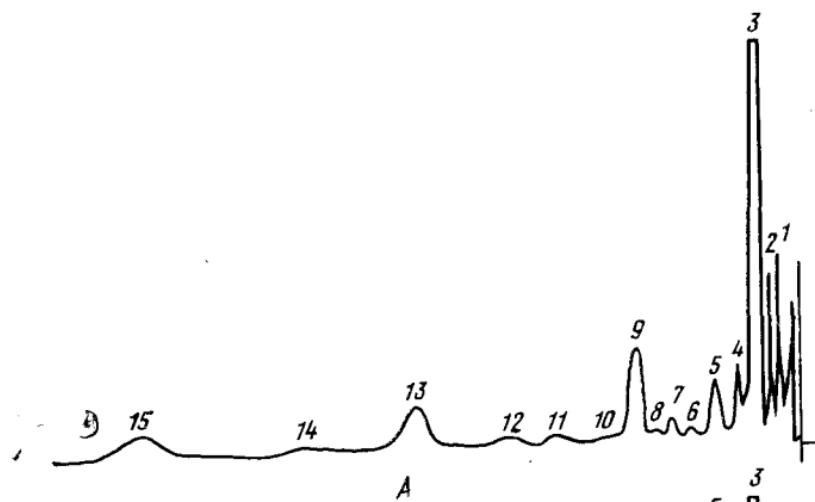
При молочнокислом брожении соль подавляет развитие возбудителей посторонних видов брожения. Закваску можно стабилизировать введением в нее большего количества поваренной соли. При «солезаквасочном способе» конечная производственная закваска может сохраняться до 80 ч [83]. Наряду с тем, что добавление соли не допускает постороннего брожения, оно ослабляет активность кислотообразующих бактерий закваски, особенно гетероферментативных (табл. 6). В результате происходит определенное изменение вкуса хлеба [509].

Добавление пряностей дает в ржаном, смешанном и хрустящем хлебе специфические оттенки вкуса. Тмин, анис и фенхель применяются в количестве 0,05—0,1% от массы муки, а мускат — в количестве 0,04—0,06% [340, 386]. Потери влаги в процессе выпечки создают идеальные условия для улетучивания добавленных ароматных веществ [510]. Соответственно этому большие или меньшие потери эфирных масел зависят от вида и формы изделий, рецептуры и вида пряности. Эти потери могут составлять 22—100% и особенно высоки при выпечке лепешек. Снизить летучесть ароматных веществ пряности можно добавлением жира или яиц [455].

Добавление пекарских жиров в тесто для белого пшеничного хлеба, как это принято во многих странах, оказывает косвенное влияние на вкусовые ощущения при дегустации тем, что жиры изменяют консистенцию мякиша хлеба. Обычные добавки жирового продукта до 5% от массы муки вызывают образование в хлебе очень тонкопористого («ватообразного») мякиша. В Центральной и Западной Европе такое качество мякиша не допускается для обычных стандартных сортов хлеба. Предпочитается несколько более плотная структура мякиша

Рис. 37. Влияние ферментативно активной и инактивированной бобовой муки на газовые хроматограммы летучих компонентов, выделенных из мякиша пшеничного белого хлеба, по Drapron и Veaux [244, 245] (способ замеса теста интенсивный):

A — тесто из пшеничной муки без добавок; *B* — с добавлением 1% ферментативно активной бобовой муки; *C* — с добавлением 1% бобовой муки, инактивированной гидротермической обработкой; *1* — метанол; *2* — ацетальдегид; *3* — этанол; *4* — пропаналь; *5* — пропанол; *9* — изобутанол; *13* — изопентанол; *15* — гексаналь [позиции *6*, *7*, *8*, *10*, *11*, *12* и *14* автором не расшифрованы.—Прим. ред.].



[308—312]. Подобный эффект увеличения объема при одновременной еще более тонкостенной пористости достигается при добавлении эмульгаторов на основе липидов. При изучении влияния таких улучшителей Seibel и сотр. наблюдали в отдельных случаях ухудшение вкуса (неклебный, сальный, горький привкус) при добавлении их в количестве свыше 0,3% [463]. Продукты окисления липидов при концентрации, слегка превышающей порог их чувствительности, могут оказывать положительное воздействие на комплекс аромата и вкусовых ощущений. Так, один патент рекомендует вносить в опару жиры, богатые линоленовой кислотой, вместе с бобовой мукой, содержащей липоксигеназу. Содержание в опаре перекисей должно увеличиться до 5—60 мг/кг. Затем вносятся мука и другое сырье [511]. Изменение консистенции и аромата протекают здесь параллельно.

На рис. 37 показано влияние добавления 1% бобовой муки, как это принято во Франции, для улучшения качества белого пшеничного хлеба, на содержание в мякише летучих компонентов аромата [244, 245]. Если эта добавка перед применением термически инактивируется, то в мякише повышается содержание некоторых спиртов. Это можно рассматривать как усиление процесса брожения в результате изменения углеводов. Использование ферментативно активной бобовой муки, наоборот, способствует увеличению содержания гексаналя в мякише в 10 раз. Образование гексаналя увеличивается в результате расщепления липоксигеназой линолевой кислоты (см. 2.7). Это должно благоприятно сказаться на аромате пшеничного белого хлеба. Слишком высокая дозировка добавки отрицательно влияет на аромат.

4.3. ПЕЧНЫЕ ПАРЫ,* ЭКСТРАКТЫ И КОНЦЕНТРАТЫ ПРОДУКТОВ БРОЖЕНИЯ

Постоянная односторонняя нагрузка на наши органы чувств приводит либо к их переутомлению, либо к отрицательному восприятию. Это распространяется на отдельные звуки одинаковой высоты и на окраску однотонного цвета, а также на постоянно повторяющееся ощущение одинакового вкуса при еде. При этих обстоятельствах покажется несколько удивительным, что вкус и

* Точнее, пары летучих веществ в атмосфере пекарной камеры, испарившихся в результате выпечки хлеба. — Прим. ред.

запах свежего хлеба относится к тем воздействиям на наши органы чувств, которые мы всегда воспринимаем как особенно приятные, хотя мы ежедневно по нескольку раз в день едим хлеб. Возможно, что как раз это и способствовало тому, что хлеб и сегодня еще занимает в нашем рационе центральное место.

Во всяком случае, восприятие аромата вокруг хлебопекарного предприятия относится к самым приятным ощущениям запаха, которое мы знаем. Этим объясняется тот факт, что ароматобразующие вещества и возможности ароматизации хлеба начали искать в печных парах. Конденсацией паров пекарной камеры уже в 1952—1953 гг. Pence [512], а также Baker, Parker, Fortmann [46] и позднее Wiseblatt [52] и Coffman [513] старались получить концентрированные препараты хлебного аромата. В то время, как полученный богатый водой конденсат служил хорошим исходным материалом для аналитических исследований, усилить аромат в малоароматном хлебе с его помощью не удавалось, так же, как и при добавках комбинации его главных составных частей (этанола, уксусной кислоты, ацетальдегида, фурфурола). Coffman наконец удалось показать, что добавление в тесто конденсата паров лишь тогда заметно усиливало вкус, когда количество конденсата, полученного при выпечке 50 буханок хлеба, добавлялось в одну буханку [513]. При такой высокой дозировке конденсата использование его на практике фактически нереально, так как получение конденсата связано со значительными дополнительными затратами.

Более успешными оказались опыты по получению ароматобразующих веществ брожения экстракцией из сбраживаемых полуфабрикатов и последующей сушкой в целях использования их для усиления аромата белого хлеба. Работы эти проводились в США и должны были использоваться в двух направлениях: для ароматизации армейского пшеничного хлеба, приготавливаемого по сокращенной технологии без фазы брожения теста и при незначительных затратах, а также для усиления аромата хлеба, производимого на непрерывноточных линиях с упрощенной и ускоренной технологией.

При получении таких концентратов аромата часто проводят спиртовое брожение, вызываемое дрожжами в присутствии молочной кислоты. Лактат, важный для об-

разования аромата, в результате расщепления лактозы микроорганизмами (например, *Lactobacillus bulgaricus* [86, 514]) включается в систему брожения. Наряду с сахаром, сбраживаемым дрожжами, соответствующие закваски содержат одновременно сыворотку или снятное молоко [489, 491]. По-другому составляется и тоже рекомендуется для усиления аромата хлеба фаза брожения, состоящая из дрожжевого автолизата, углеводов и мальтозы [515].

Обогащение таким или подобным образом полученными ароматобразующими веществами брожения возможно осуществить различными путями [516, 517]. Рекомендовалось также использование вакуума [491]. Перевод жидких концентратов брожения в сухой продукт вымораживанием, распылительной или вальцевой сушкой приводит всегда к потере аромата, которую можно сенсорно определить и просто доказать по степени интенсивности или предпочтительности [518, 519].

Другими возможностями обогащения является экстракция ароматобразующих веществ из водной фазы продуктов брожения низкокипящими гидрофобными растворителями с последующим отделением растворителя на колонках [520]. В этом случае предлагается дополнительное непродолжительное нагревание до 210°C для дальнейшего образования ароматобразующих веществ из их предшественников.

Ароматобразующие вещества брожения можно экстрагировать из сбраживаемой фазы также и пищевым жиром. В американском патенте 1968 г. описана такая «экстракция» при добавлении шортенинга на базе соевого масла и совместного подогрева обеих фаз до 115°C. Жировая фаза при этом должна поглощать аромат дрожжей [521]. Наконец, в литературе описаны также успешные опыты концентрирования замораживанием (не сушка замораживанием, а вымораживание воды из сбраженной фазы!), что приводило к пятикратному повышению содержания ароматобразующих веществ брожения [522] (см. также [118а]). Идея производства и использования ароматобразующих веществ брожения лежит в основе внедрения так называемых преферментов. Такого рода фазы, сбраживаемые еще до замеса теста, служат и для других целей (см. 3.3.2), однако они рекомендовались также и для усиления аромата пшеничного хлеба.

4.4. УСИЛЕНИЕ АРОМАТА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФАЗЫ БРОЖЕНИЯ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ТЕСТА ДЛЯ БЕЛОГО ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Тенденция к сокращению приготовления теста и фазы брожения при современном производстве хлеба и связанное с этим уменьшение интенсивности аромата уже обсуждались в разделе 3.3.2. (см. также [523—525]). При сокращенном способе тестоприготовления в готовом продукте содержится недостаточно ароматобразующих веществ брожения. В исключительных случаях можно довести время от замеса теста до посадки в печь до 10 мин, добавляя в качестве разрыхлителей лактат д-глюконовой кислоты и бикарбонат натрия. При этом по всем внешним признакам пшеничный белый хлеб получается безупречным, но вкус его «пустой» [302]. Таким же невыраженным вкусом, по нашим наблюдениям, обладает пшеничный хлеб, приготовленный при разрыхлении теста физическим способом [300, 526], а также хлеб, разрыхленный перекисью водорода (расщепление и кислородное разрыхление с помощью каталазы муки) [527]. Согласно исследованиям Rotsch [527] и нашим опытам, в таком хлебе содержание ароматобразующих веществ брожения очень низко.

В общемировом производстве хлеба радикально сокращенные способы тестоприготовления находятся еще на стадии эксперимента, но в США, Великобритании, Австралии, Канаде уже широко используются упомянутые в разделе 3.3.2 методы, которые благодаря ускоренному механическому и химическому образованию теста позволяют отказаться от приготовления опары и продолжительного брожения теста. В Великобритании при внедрении с начала 60-х годов так называемого «Чорливудского процесса» полностью отказались от брожения безопарного теста во всей его массе и брожение ограничивалось расстойкой и начальной стадией выпечки тестовых заготовок [528]. В то же время непрерывные способы приготовления пшеничного теста, применяемые в США, также не предусматривающие фазы брожения теста до его разделки, включают в технологическую схему предварительно (до замеса теста) сбраживаемую жидкую фазу — преферменты или опару. Это относится, на-

пример, к способам Amflow и Do-Maker [523]. Преферменты имеют жидкую консистенцию и могут перескакивать, что является решающей предпосылкой для механизированного непрерывноточного тестоприготовления. Аналогичные жидкие сбраживаемые полуфабрикаты начинают внедряться и в Советском Союзе [529]. Вначале такого рода жидкие полуфабрикаты рекомендовались не столько для улучшения аромата, сколько из-за положительного влияния на объем хлеба, свойства мякиша и повышения стойкости к черствению [530]. Даже в преферменте достигается активация дрожжей, которая в последующем приводит к сокращению времени окончательной расстойки [531].

Преферменты вначале состояли только из воды, сахара, дрожжей и соли, а также в зависимости от обстоятельств из добавленного солода и обезжиренного сухого молока. Позднее стали добавлять муку, которая ускоряет образование CO_2 и меняет качественный состав кислот [532]. Ocker удалось в такого рода полуфабрикатах обнаружить несколько видов жирных кислот с разветвленной цепочкой средней длины (основным компонентом являлась кислота C_8). Об их роли в образовании аромата до сих пор ничего не сообщалось [533].

Доля муки в предшествующих тесту полуфабрикатах в США в последнее время постоянно увеличивалась [534, 535] и достигла к настоящему времени 50—70% от общей массы муки. Таким образом, выигрыш во времени, который достигался предварительным брожением, опять увеличивается. Дозировка муки в полуфабрикатах, очевидно, положительно влияет на характер аромата готового изделия [535].

Результаты сравнительных сенсорных оценок, приведенные в табл. 11 по данным различных авторов, показывают, что положительное влияние предшествующих тесту сбраживаемых полуфабрикатов на аромат хлеба является весьма спорным. Наблюдается тенденция искать причину существующей разницы качества аромата в консистенции продукта, как это, вероятно, справедливо предполагают Elias и Wragg [536] и совсем недавно Tunger [308]. На основании наших исследований было показано, что разницу между ароматом пшеничного хлеба, приготовленного с полуфабрикатами и без них, можно установить сенсорным путем и подтвердить ста-

тистически [337, 338]. К такому же выводу пришли Simate, Sharrah и Chichester [537].

В связи с недостаточностью соответствующих параметров метода аналитического определения аромата хлеба в этой области почти нет еще надежных результатов. Coffman, Maisner и Теггу для оценки вкуса пшеничного хлеба использовали в качестве индикатора содержание амилового спирта в печных парах. В хлебе, приготовленном по непрерывной технологии с использованием безмучного префермента, содержание амилового спирта составляло 55% его содержания в хлебе обычного приготовления. Это означает, что такой префермент не восполняет потери аромата, вызванной сокращением времени процесса тестоприготовления. Содержание амилового спирта в парах при добавлении 20% муки в префермент достигает 65%, при добавлении же 40% — уже 70% от содержания его при обычном приготовлении хлеба [90]. Это является важным подтверждением того, что эффект ароматобразования зависит от количества муки в преферменте.

В отношении состава и условий брожения жидкого префермента существует определенная точка зрения. Так, в большинстве случаев предлагается добавлять 3—10% дрожжей и 2—3% поваренной соли от общего количества воды, длительность брожения принять от 2 до 6 ч и температуру — от 30 до 40°C. Количество сахара в преферменте без муки предлагается от 3 до 12% от содержания воды. По данным наших опытов, предпочтительно 5%. Количество муки в жидким преферменте даже при самой простой технологии можно довести до 5% общей ее массы, если добавлять отдельные ароматобобразующие вещества и аминокислоты в сочетании с мукой [211].

Добавление карбоната кальция и обезжиренного молока в префермент рассматривается, с одной стороны, как оказывающее положительное влияние на формирование аромата хлеба, поскольку эти добавки не допускают снижения величины pH ниже 5,2 [538]. С другой стороны, обычное уменьшение pH в ходе процесса брожения считается положительным [539]. Действие добавления обезжиренного молока также оспаривается [537].

Современный уровень знания в этой области до сих пор еще не может дать ясного ответа на вопрос, имеет ли

добавление префермента при приготовлении пшеничного хлеба решающее значение в отношении вкуса хлеба. Наши работы позволяют предполагать положительное влияние брожения полуфабрикатов на формирование аромата хлеба. Тем не менее до сих пор существует разное мнение по этому вопросу: одни в интересах экономики и технического прогресса производства считают целесообразным перейти к приготовлению пшеничного хлеба без фазы брожения, другие, проявляющие по-настоящему озабоченность об аромате и потреблении хлеба, хотели бы сохранить хотя бы префермент как последний элемент прежнего способа тестоприготовления.

4.5. ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ ФЕРМЕНТОВ НА ВКУС ХЛЕБА

В соответствии с современными представлениями простые сахара и свободные аминокислоты считаются предшественниками, из которых в процессе выпечки формируются ароматобразующие вещества. Реакция Майара, карамелизация и образование пиразинов протекают при участии этих компонентов. Если углеводов и белков на сухое вещество хлеба приходится свыше 90%, то на содержащиеся в них свободные сахарины или аминокислоты приходится очень незначительная часть. Кроме того, в процессе покоричневения количество простых сахаров и свободных аминокислот резко уменьшается. Соответственно этому содержание этих компонентов в корке и в подкорочном слое значительно меньше, чем в мякише. Это подтверждается результатами исследований Linko и Johnson [145], а также Daniels [143], приведенными в табл. 38.

На основании отмеченного ранее можно полагать, что путем добавления ферментов можно увеличить образование в тесте предшественников аромата (сахаров и аминокислот), чтобы при последующей выпечке достигнуть большего накопления ароматобразующих веществ и тем самым улучшения вкуса.

В практике хлебопечения эта проблема не новая. Тесто с малым содержанием сахара из муки с малой ферментативной (амилолитической) активностью дает хлеб с бледноокрашенной коркой, а значит, и менее ароматный [410]. В таких случаях в практике хлебопечения для

Таблица 38

Содержание свободных аминокислот и сахаров в корке и мякише пшеничного хлеба [143, 145]

Аминокислоты и сахара	Мякиш	Корка
Аспартиновая кислота, мг/кг СВ	7,0	0,6
Глютаминовая кислота, мг/кг СВ	3,2	0,2
Аланин, мг/кг СВ	2,8	0,8
α -Аминомасляная кислота, мг/кг СВ	0,6	0,3
Лейцин, мг/кг СВ	0,8	0,1
Мальтоза, % по СВ	4,28	0,85
Глюкоза, % по СВ	0,04	0,17
Фруктоза, % по СВ	0,07	0,13

избавления от этого недостатка издавна применяется богатая амилазой солодовая мука, в последнее же время — препараты амилазы (солодовые, плесневые и бактериальные) [297, 540—542].

Не всегда недостаток сахара является причиной плохой окраски корки. Может иметь место и отсутствие продуктов расщепления белков, также необходимых наряду с сахарами для реакции неферментативного покоричневения (см. 2.4). Так, Bertram уже в 1953 г. сообщает об ускоряющем влиянии продуктов гидролиза белков на покоричневение при добавлении их в определенные сорта голландской пшеничной муки [543]. Pelschenke в 1954 г. упоминает о возможности применения протеолитических ферментов для интенсификации покоричневения и улучшения вкуса корки [340]*.

* Роль протеолитической активности муки в процессе меланоидинообразования, а также роль меланоидинообразования в окрашивании корки хлеба была в 1952—1953 гг. установлена советскими исследователями (см. статью «Меланоидинообразование и цвет корки хлеба».— «Доклады АН СССР». Новая серия. Т. 92, 1953, № 1, с. 131—134. — Прим. ред.).

Систематические исследования по улучшению вкуса хлеба путем добавления ферментных препаратов в тесто в последнее время проводились в США (пшеничный хлеб) и в Советском Союзе (ржаной и пшеничный хлеб). При этом определилась точка зрения, что скорее протеазы, чем амилазы, являются лимитирующим фактором покоричневения и образования аромата. Свободные аминокислоты поэтому в готовом хлебе встречаются только в следовых количествах [144, 145, 544]. В процессе выпечки содержание их на поверхности корки и подкорочном слое еще больше снижается (см. табл. 38). Позднее Johnson и El-Dash [545, 546] проводили опыты с давлением протеолитических ферментов при приготовлении пшеничного белого хлеба для улучшения его аромата. Сравнительные сенсорные оценки показали, что добавление папаина значительно улучшает качество хлеба.

В табл. 39 приводятся некоторые характерные данные работ [545, 546].

Таблица 39
Влияние добавления в тесто папаина на отдельные факторы аромата пшеничного белого хлеба (по Johnson и El-Dash)

Показатели	Содержание, мкмоль/100 г СР	
	контроль	с добавлением папаина
Свободные аминокислоты:		
в тесте	183	186
в мякише	182	272
в корке	10	15
Степень окрашенности корки (оптическая плотность при 500 нм)	0,195	0,25
Карбонили в корке:		
всего	158	217
фурфурол + оксиметилфурфурол	14	25
ацетальдегид	27	36
изопентаналь	1	2
диацетил	0	20

Данные табл. 39 позволяют отметить, что главное действие добавления фермента папаина проявляется лишь с начала процесса выпечки под ускоряющим влиянием прогрева выпекаемой тестовой заготовки. Содержание свободных аминокислот в тесте осталось практически неизменным, в мякише готового хлеба под действием добавления фермента — возросло. Содержание определяющихся ароматобразующих веществ в хлебе при добавке фермента в общем возросло, хотя и в неодинаковой для отдельных веществ степени.

Эти результаты являются аналитическим подтверждением усиления аромата, определявшегося сенсорным путем. Усиление аромата не очень значительно и ограничивается в основном изменением его характера. Такое усиление, очевидно, не зависит от разницы в соотношении отдельных ароматобразующих веществ (хотя разница в соотношении у отдельных веществ была относительно большой).

В Советском Союзе Токарева и сотрудники проводили подобные исследования, которые привели, по-видимому, к первым практическим выводам [403]. Они работали с комплексом ферментных препаратов, которые выделяли из культур *Aspergillus oguzae* и *Aspergillus awamorogu*. Добавление в тесто ферментных препаратов, особенно из *Aspergillus awamorogu*, при приготовлении пшеничного и ржаного хлеба, приводило к увеличению образования сахара и аминокислот и повышало содержание в корке хлеба некоторых карбонильных соединений, эффективно действующих на аромат (ацетальдегид, изобутаналь, изопентаналь, оксиметилфурфурол, фурфурол). Табл. 40 показывает влияние добавления ферментного препарата на содержание в хлебе суммы карбонильных соединений, определявшихся бисульфитсвязывающим методом.

В табл. 40 приводятся данные суммы карбонильных соединений, определенных бисульфитным методом. Рис. 38 показывает влияние таких ферментных препаратов на содержание отдельных карбонильных соединений, определенных газохроматографическим методом Ройтером и Боровиковой [547]. Из рис. 38 видно, что при добавке ферментного препарата особенно значительно увеличивалось содержание пентаналя, ацетона и этилпропионилкетона. Увеличение содержания этих карбонильных

Таблица 40

Влияние добавления ферментов из культуры плесневых грибов на общее содержание летучих карбонильных соединений в хлебе (по Токаревой и сотр. [403])

Сорта хлеба	Добавление препарата	Содержание карбонильных соединений, мг ацетальдегида/кг СВ	
		мякиш	корка
Ржаной			
из муки 95%-ного выхода	—	104	705
	+	167	974
из муки 87%-ного выхода	—	102	512
	+	176	674
Пшеничный			
из муки 85%-ного выхода	—	70	526
	+	80	878
из муки 72%-ного выхода	—	70	421
	+	86	568

соединений, по мнению авторов, согласуется с органолептической оценкой усиления аромата.

Добавление ферментных препаратов при приготовлении ржаного хлеба из муки больших выходов способствует покоричневению и образованию аромата [548, 549]. Кроме применения ферментных препаратов для улучшения партий муки с пониженной ферментативной активностью, предусматривается также их практическое использование для приготовления специальных сортов хлеба. Определенные темные сорта хлеба в Советском Союзе и некоторых странах Центральной Европы выпекаются из ржаной муки среднего выхода с применением специально приготовленной солодовой муки («красный ржаной солод», специально обжаренный ячменный солод). Применение муки из красного ржаного солода в хлебе, приготовленном на заквасках, приводит в процессе выпечки к получению темно-коричневого цвета мякиша и явно выраженного специфического аромата хлеба. Так как производство такого солода связано с очень большими затратами труда и времени и приводит к потерям сухого вещества до 20%, то в Советском Союзе красный солод

заменяется ржаной заваркой, подвергающейся ферментации в течение 12 ч с ферментными препаратами плесневых грибов с последующим прогревом при 110—115°C

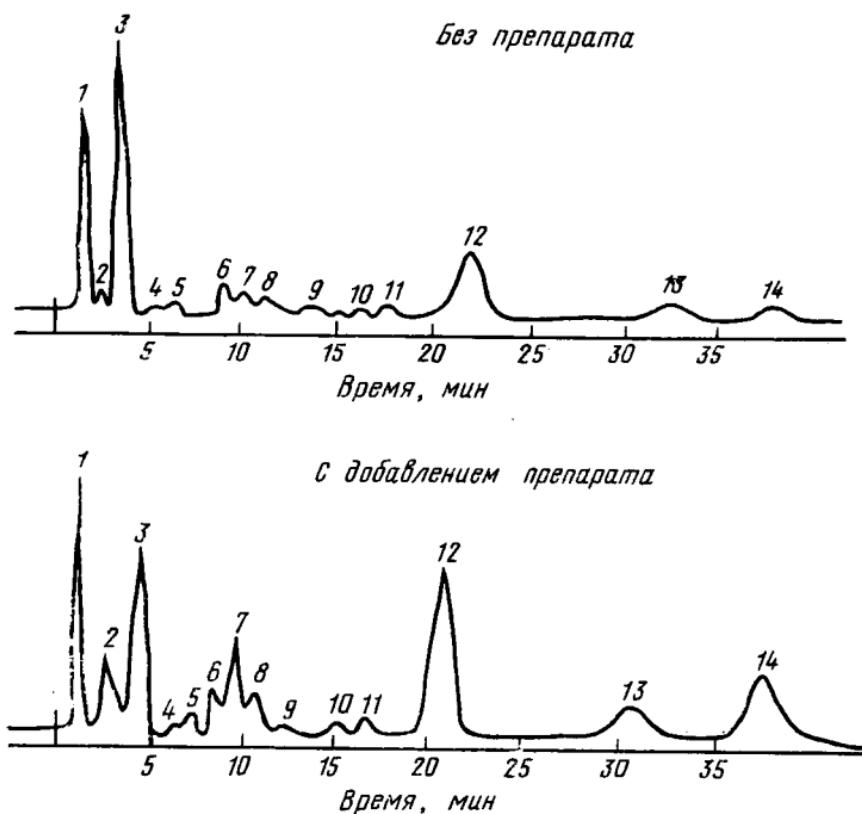


Рис. 38. Изменение содержания алифатических карбонильных соединений при добавлении ферментных препаратов в пшеничный хлеб (газовые хроматограммы после разделения на классы и регенерации):

1 — метилглиокаль; 2 — глиокаль; 3 — ацетальдегид; 4 — пропиональ; 5 — изобутаналь; 6 — акролеин; 7 — ацетон; 8 — бутаналь; 9 — изопентаналь; 11 — метилэтилкетон + диацетил; 12 — пентаналь; 13 — гексапаль; 14 — этилпропилкетон [позиция 10 автором не расшифрована.—Прим. ред.].

под давлением. Показано, что хлеб, приготовленный с таким заменителем красного ржаного солода, имеет такую же интенсивность аромата, как хлеб, приготовленный с добавлением красного солода [548, 550].

Добавление ферментных препаратов при приготовлении пшеничного теста не только приводит к увеличению

покоричневения корки и аромата хлеба, но одновременно сокращает степень снижения содержания лизина, триптофана и витамина В₁ в процессе выпечки [551]. Исследования по применению ферментных препаратов для усиления аромата хлеба начали уже использоваться практически в хлебопечении. Первые успехи по применению ферментных препаратов и современные достижения в области техники их получения дают основание предполагать, что будет возможным более широкое их использование в промышленном хлебопечении. Комплексный характер аромата хлеба предостерегает от слишком оптимистической оценки состояния проблемы повышения аромата хлеба, так как путем повышения концентрации лишь некоторых факторов можно достигнуть усиления аромата только в ограниченной степени или только в определенном направлении.

4.6. АРОМАТИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Долгое время было широко распространено ошибочное мнение, что отдельные вещества или несколько веществ могут быть ключевыми при определении аромата хлеба или других пищевых продуктов. С возрастанием количества веществ, идентифицированных в аромате хлеба, эта иллюзия все больше и больше исчезала. В настоящее время существует точка зрения, что и аромат хлеба формируется при определенной количественной комбинации очень большого числа веществ, а не при наличии только некоторых «ключевых» веществ.

Исключением из этого правила является открытие Hunter и сотр. в 1968 г. 1,4,5,6-тетрагидроацетопиридина. Это вещество, как выделенное из корки хлеба, так и полученное синтетическим путем, по мнению авторов, в чистом виде имеет слишком интенсивный запах солодового крекера и поэтому может быть одним из основных отдельных компонентов аромата хлебобулочных изделий. Авторы показали, что на воздухе это соединение должно подвергаться быстрому изменению, с чем они связывают потерю аромата свежего хлеба при хранении. Производные же этого соединения, напротив, стабильны и при разбрызгивании на поверхность черствого хлеба возвращают ему свежесть [65, 552]*. Это соединение в не-

* Вероятно, аромат свежего хлеба. — Прим. ред.

значительном количестве получается при реакции пролина с диоксиацетоном в присутствии бисульфита. Образующиеся продукты реакции уже в течение многих лет упоминаются как «крекерообразные» концентраты аромата. Wiseblatt и Zoumit [553] в 1963 г. впервые наблюдали, что при длительном кипячении жидкого сброшенного префермента образуется хлебоподобный, дрожжевой аромат, который частично летуч и переходит в дистиллят. Они показали, что один из компонентов, который при реакции должен дать аромат, — триозофосфат — может накапливаться в процессе брожения из сахара в результате блокировки глицерпнальдегидфосфат—дегидрогеназы ацетатом йода.

Пролин, как второй компонент реакции, был выявлен при проведении систематических опытов по нагреванию глицеринового альдегида или диоксиацетона с аминокислотами.

В 1960 г. Morimoto и Johnson сообщили об образовании характерного вкуса хлебной корки при нагревании пролина и глюкозы при 120°C. Вещества, напоминающие аромат «крекера» или хлебной корки, они сумели адсорбировать на катионообменных смолах и затем элюировать 0,2н. NaOH [554]. Из большого количества веществ, образующихся при реакции оксипролина и глюкозы Kobayashi и Fujimaki в 1965 г. идентифицировали N-ацетонилпиррол [555]. Hunter с сотрудниками [65] методом газохроматографического анализа показали, что концентраты аромата из пролина и диоксиацетона имеют очень сложный состав. Два из трех самых больших пиков на хроматограмме авторы идентифицировали как производные пирролидина.

Из приведенных наблюдений сейчас можно сделать вывод, что «крекерообразный» аромат нельзя отнести только за счет наличия одного единственного компонента. Скорее всего в образовании этого оттенка аромата участвуют многие азотсодержащие гетероциклические соединения.

В многочисленных патентах нашло отражение получение соответствующих концентратов аромата. Так, например, получение концентрата нагреванием пирролидина или пролина с алфатическими кетонами (оксикетонами), как-то: диоксиацетон, ацетол (простейший кетол), глицериновый альдегид и их соответствующими

эфирами низших кислот [556]. Также описывается подобным образом протекающая термическая реакция пролина или смеси аминокислот с большей дозировкой пролина и незначительным добавлением глицина, валина и глютаминовой кислоты с полиолами, такими, как глицерин или сорбит [557, 558]. Вместо сравнительно дорогого пролина предлагается использовать часть гидролизата белков, богатых пролином [558]. В несколько измененной, но принципиально похожей реакции, по данным Dirks и Nakel, из пиперидина, пролина и глюкозы образуется продукт с вкусовыми свойствами, напоминающими корку хлеба [559]. Реакции сначала проводятся только с пиперидином и глюкозой, позднее добавляется ледяная уксусная кислота и, наконец, пролин. Полученный продукт реакции растворяется в масле и используется при производстве шортенингов, применяемых для приготовления пшеничного хлеба.

Добавление небольшого количества свободных аминокислот неоднократно описывалось как средство для улучшения аромата пшеничного хлеба. Для этой цели используются чаще всего только наиболее эффективные аминокислоты, действие которых проявляется лишь в процессе выпечки и прежде всего в зоне корки [221, 558]. Кроме сахара, аминокислот или протеаз реакции покоричневения, сопровождающейся образованием аромата, могут также способствовать соединения аммония [340].

Согласно английскому патенту, вкус, подобный зерновому, бисквитному и хлебной корке, можно также получить добавлением простых ацилтиазолов [559 а]. Melders сумел обнаружить при многочисленных газохроматографических исследованиях 2-ацетилтиазол только при термической реакции модельной системы цистеин—рибоза, но не в пшеничном хлебе [186а].

В качестве других отдельных компонентов для ароматизации хлеба и булочек рекомендовался в разное время мальтол (2-метил-3-окси- γ -пиран) в сочетании с другими добавками [221, 515]. Мальтол был первым ароматобразующим веществом, обнаруженным в хлебе [42]. Он также образуется при длительной выпечке в корке ржаного хлеба [48]. Это соединение применяется главным образом в кондитерской промышленности [560]. При добавлении в некоторые хлебобулочные изделия

его карамелеобразный аромат воспринимался и описывался как посторонний, не свойственный хлебу [56].

В настоящее время ни одно из средств, предложенных для ароматизации хлеба, не нашло широкого применения в промышленности. «Искусственная» ароматизация путем добавления отдельных компонентов будет успешной, если «естественные» средства образования аромата хлеба, такие, как дрожжи, брожение теста или ферменты, сохранить хотя бы как часть системы ароматизации. Это является вопросом времени и зависит, однако, в значительной степени от того, не удастся ли в будущем найти действительно ключевые вещества аромата хлеба.

5. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АРОМАТА ХЛЕБА

5.1. ПРОБЛЕМА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРОМАТОБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Технологические и биохимические аспекты проблемы аромата позволяют в общем судить не о качестве ответственных за аромат соединений, а в основном только об их количественном выражении, т. е. содержании в хлебе.

Сложность аромата хлеба (см. табл. 5) явилась причиной того, что количественный анализ ароматобразующих веществ хлеба до последнего времени проводился в ограниченном объеме. Для разработки соответствующих вопросов до сих пор большей частью применялись сенсорные методы оценки аромата и вкуса хлеба. Преобладание этих методов при определении характера и интенсивности аромата хлеба можно объяснить, вероятно, большой (исключительной) способностью наших «химических» органов чувств, воспринимающих аромат и вкус. По сравнению с аппаратурными средствами эти органы при фиксации вкусовых ощущений намного чувствительнее, и сравнительную оценку этой стороны качества продукта с их помощью можно провести без больших затрат труда. Только в последнее время сочетание самых современных аналитических приборов (газовый хроматограф, массспектрометр, компьютер) оспаривает частично пре- восходство органов человеческих чувств. Так как материальные затраты при использовании человека как «авто-

мата для анализа» намного меньше, сенсорная оценка и в будущем сохранит центральное место при оценке вкуса и аромата пищевых продуктов.

При проведении сенсорных оценок определения аромата следует, конечно, опасаться ошибочных оценок, связанных с психическим состоянием человека. Без учета этого надежность сенсорных оценок будет снижена. Очевидно, поэтому в прошлом за сенсорными методами оценки утвердилась слава ненаучности. При современном проведении сенсорного анализа пытаются избегать этих недостатков, и прежде всего путем исключения влияния внешних факторов на результаты определения. Для этого применяют специальные методы проведения анализа и выражают его результаты статистической обработкой достаточного по количеству полученного цифрового материала. Современный количественный сенсорный анализ с оценкой свойств продукта, в том числе аромата и вкуса, в баллах и учетом весомости данного свойства в общей характеристике качества продукта требует и более длительного времени для подбора, испытания и обучения дегустаторов. Это, естественно, затрудняет, а в ряде случаев и ограничивает возможность квалифицированного и надежного применения этого метода количественного сенсорного анализа пищевых продуктов.

Газохроматографический анализ в прошлом применялся почти исключительно для решения только качественной стороны проблемы аромата. В центре внимания было качественное определение отдельных ароматобразующих веществ и их идентификация.

С проведением количественного газохроматографического анализа связано еще много неясных проблем, решение которых необходимо для обеспечения безошибочности результатов определения. Трудности начинаются уже с выделения и концентрации ароматобразующих веществ до собственно газохроматографического их разделения. В общем необходима предварительная концентрация веществ, так как ароматобразующие вещества в исследуемом пищевом продукте содержатся в таком количестве, которого недостаточно для анализа.

Предварительная концентрация может осуществляться различными путями. Основными формами являются дистилляция или экстракция растворителями или газами-переносчиками [562, 563].

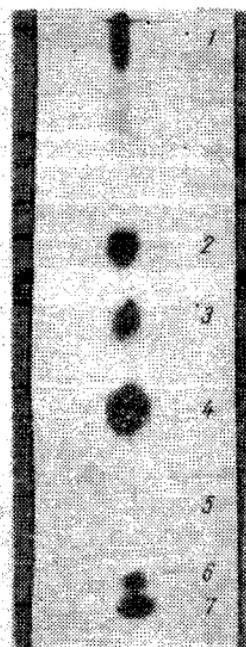
Другими возможными путями обогащения ароматобразующими веществами являются «мягкие» способы сушки, такие, как сушка замораживанием, слабая сушка пены (Schaummatentrocknung), концентрация вымораживанием только воды и разнообразные способы адсорбции, которые элиминируют ароматобразующие или сопровождающие их вещества (вещества-спутники).

Наконец, применяется и выделение отдельных классов соединений в виде их производных с последующей регенерацией перед газохроматографическим анализом.

Не следует считать, что какой-то один из перечисленных методов превосходит другие методы.

Рис. 39. Разделение ароматобразующих веществ хлеба бумажной хроматографией:

бумага: Schleicher и Schüll N 2045aM; подвижная фаза: циклогексан, насыщенный N, N^1 -диметилформамидом; длительность течения: 2×7 ч, нисходящая хроматограмма (см. [293]); 1 — метилглюксаль; 2 — фурфурол; 3 — диацетил + формальдегид; 4 — ацетальдегид + фенилацетальдегид + метиональ; 5 — ацетон + пропаналь + акролеин; 6 — изобутаналь; 7 — изопентаналь.



Скорее всего для каждого из названных методов имеются свои специфические возможности применения. В результате анализа получаются сравнительные, но не абсолютные данные.

При использовании так называемого Headspace-метода (анализа насыщенных паров над образцом) пытаются практически избежать длительного выделения и концентрации [564]. При этом методе газовая фаза над мелкоизмельченным, суспендированным в воде и темперированным материалом подвергается газохроматографическому анализу. Метод не дает строгих количественных данных о содержании ароматобразующих веществ, так как соотношения концентрации веществ в паровой фазе и исследуемом материале не идентичны. Тем не ме-

нее с такой методикой при определенных предпосылках можно проводить сравнительные газохроматографические исследования с незначительными затратами. Убедительным примером этого являются последние работы Mulders с пшеничным хлебом [118а] (см. рис. 3).

По сравнению с газовой хроматографией более простыми методами, требующими меньших затрат, являются методы бумажной и тонкослойной хроматографии, которые в свою очередь имеют другие недостатки. Ограниченная возможность разделения, опасность ошибок, обусловленных одновременным охватом нескольких компонентов, и большой разброс при количественной оценке являются основными недостатками этих методов. Все же таким образом можно проводить сравнительно просто полуколичественный анализ. Примеры практических выводов из таких анализов можно найти в разделах 3.3—3.6. Разделение карбонильных соединений проводилось в виде динитрофенилгидразонов (рис. 39).

Следовательно, количественный анализ аромата связан со многими трудностями. Это, вероятно, и является причиной того, что в литературе до сих пор имеется сравнительно мало материала о содержании ароматобразующих веществ в отдельных пищевых продуктах. Это целиком относится также и к хлебу.

5.2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ АНАЛИЗЫ АРОМАТОБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ХЛЕБА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Несмотря на то, что имеется много исследований по идентификации ароматобразующих веществ хлеба, в литературе встречаются лишь отдельные сведения об их количественных исследованиях. Причины этого описаны в предыдущей главе. По-видимому, большинство исследователей не решаются выбрать некоторые ароматобразующие вещества из общего комплекса, насчитывающего уже часто сотни компонентов, и ограничиться их определением. Однако имеется еще и вторая сдерживающая причина, которая кроется в различной эффективности отдельных ароматобразующих веществ. Если растворить 1 мг этанола в 1 л воды, раствор не даст никакого ощущения аромата. Такая же концентрация диацетила или ванилина в воде вызовет сильное ощущение аромата.

Такая же концентрация (1 мг на 1 л) метилмеркаптана приведет к ощущению запаха, который воспринимается как исключительно интенсивный и неприятный. Во всех четырех случаях оценка аромата производилась при одинаковой концентрации испытывавшихся веществ в воде (1 мг/кг или л). Различия в ощущениях аромата или запаха водных растворов этих веществ показывают, что по одной концентрации отдельных ароматобразующих веществ в воде или в продукте нельзя делать выводов об их значимости. Поэтому необходимо установление сенсорным методом относительной интенсивности обонятельного и вкусового ощущения отдельных аромато- и вкусообразующих веществ.

К сожалению, способность человека запоминать различные интенсивности ощущения аромата и вкуса находится в диапазоне от умеренной до плохой [565]. Так, например, в растворах сахара сенсорно различимы и ощутимы 25 градаций концентраций этого вещества [566].

Наши возможности запоминания таких градаций аромата представляются весьма ограниченными. Поэтому и невозможно при сравнительной сенсорной проверке одинаковой концентрации различных ароматобразующих веществ строго количественно определить степень интенсивности ощущения аромата этих компонентов.

В качестве практического метода для определения интенсивности аромата вещества Patton в 1957 г. впервые предложил определять и использовать пороговую концентрацию соответствующих веществ. При этом полагают, что интенсивность аромата вещества тем больше, чем ниже его уже ощутимая пороговая концентрация [567]. Этот метод в последнее время все чаще применяется для проведения количественного анализа аромата [118а, 248, 276, 568—570]. Он также может быть использован для исследования ароматобразующих веществ хлеба [118а, 266, 269, 571].

Описано много различных методов определения пороговой концентрации. Все они могут быть сведены к двум основным принципам. Либо определяемое вещество находится в воздухе как в разбавителе (олфактометрический метод [572—574]), либо это вещество растворяется в жидким агенте, например, в воде или масле. В обоих случаях концентрация исследуемого вещества

должна быть известной и изменимой в необходимых градациях и пределах. Сенсорной проверкой разницы определяется самая малая концентрация ароматобразующего вещества, которую еще можно сенсорно отличить от разбавителя. Чем ниже так называемая пороговая концентрация, тем выше интенсивность аромата соответствующего вещества.

Пороговая концентрация ароматобразующего вещества зависит от разбавителя и таким образом не является абсолютной величиной [266]. Но ее можно использовать в качестве относительной количественной характеристики.

Таблица 41

Пороговые концентрации ароматобразующих веществ хлеба в водном растворе [266]

Вещества	Пороговая концентрация, мг/л	Вещества	Пороговая концентрация, мг/л
Метилмеркаптан	0,00002	3-Метилбутанол	0,3
Метиональ	0,00004	Ацетон	0,75
Октаналь	0,0006	Изобутанол	0,8
Изобутаналь	0,001	Ацетальдегид	0,9
Диацетил	0,004	Масляная кислота	3
Диметилсульфид	0,005	5-Оксиметилфур-фурол	5
Изоамилацетат	0,005	Этанол	10
Изопентаналь	0,008	Молочная кислота	10*
Сероводород	0,03	Уксусная кислота	50*
Фурфурол	0,04	Ацетон	100
Этилацетат	0,1	2, 3-Бутандиол	1000

* Общепризнано, что чем выше доля уксусной кислоты и соответственно ниже доля молочной кислоты в общей кислотности хлеба, тем резче ощущается последняя как в аромате, так и во вкусе хлеба. Это отмечается и в разделе 3.3.3 данной книги. Поэтому приведенные в табл. 41 величины пороговых концентраций молочной и уксусной кислот, определенные в их водных растворах, не дают оснований полагать, что и в хлебе интенсивность ощущения аромата и вкуса молочной кислоты выше, чем уксусной.— Прим. ред.

ристики изменения интенсивности ощущения аромата вещества и проведения анализа аромата.

В табл. 41 приведены пороговые концентрации некоторых ароматобразующих веществ, которые встречаются в хлебе. Данные взяты из наших исследований и получены при использовании водопроводной воды в качестве разбавителя [266]. Результаты показывают огромную разницу в интенсивности аромата между отдельными ароматобразующими веществами. Согласно табл. 41 максимальная разница в величинах определяемого показателя достигает 8 порядков! Особенno интенсивно ощущаемые компоненты аромата можно найти среди серусодержащих и карбонильных соединений.

Зная содержание в хлебе отдельных ароматобразующих веществ и их пороговые концентрации, можно рассчитать для каждого из этих веществ величину показателя его аромата — коэффициента ароматичности. Величина коэффициента ароматичности получается делением содержания ароматобразующего вещества в продукте (в мг/кг) на его пороговую концентрацию (тоже в мг/кг).

Если величина пороговой концентрации вещества ниже его содержания в продукте (этому соответствует величина коэффициента ароматичности менее единицы), то трудно распознать данное вещество в аромате исследуемого продукта. Поэтому, чем больше численная величина коэффициента ароматичности определенного вещества в продукте, тем выше может быть его практическое значение в ароматическом комплексе данного продукта.

В табл. 42 приведены величины содержания и коэффициенты ароматичности отдельных ароматобразующих веществ для разных видов хлеба [266, 269].

Из табл. 42 следует, что сравнительно высокая концентрация отдельных ароматобразующих веществ не обязательно совпадает с большим значением в общем аромате продукта. Из 13 изучавшихся ароматобразующих веществ в мякише пшеничного хлеба только 5 вносят ощутимый вклад в формирование аромата, а именно этианол, изобутаналь, изопентаналь, диацетил и изопентанол.

Mulders в подобных исследованиях определил величины коэффициента ароматичности в паровом пространстве над водным раствором веществ и сравнивал эти ве-

Содержание некоторых ароматобразующих веществ
и коэффициенты их ароматичности* в различных видах хлеба

Вещество	Пшеничный белый хлеб (мякиш)		Ржаной хлеб (корка)		Пумперникель	
	содержание, мг/кг	коэффициент ароматичности	содержание, мг/кг	коэффициент ароматичности	содержание, мг/кг	коэффициент ароматичности
Этанол	3900	390	1100	110	1600	160
Изопентанол	14	47	—	—	—	—
5-Оксиметилфур- фурол	9	2	300	60	70	14
Изобутанол	8	10	—	—	—	—
Ацетальдегид	4	4	23	25	7	8
Пропанол	1,7	1	—	—	—	—
Изопентаналь	1,6	200	15	1900	5	630
Фурфурол	0,3	8	12	300	27	690
Метилглиоксаль	0,6	1	9	18	4	9
Изобутаналь	0,3	300	6	6000	1,8	1800
Ацетон	1,0	1	6	1	2	1
Ацетоин	0,9	1	1	1	5	7
Диацетил	0,2	50	1,3	330	0,7	180

* Величины коэффициентов ароматичности в данной таблице получены для отдельных ароматобразующих веществ, исходя из их содержания в продукте и пороговых концентраций, определенных в водных растворах. Нам представляется очевидным, что те же концентрации тех же ароматобразующих веществ не в воде, а в хлебе (мякише и корке) могут иметь резко отличные величины пороговых концентраций. Поэтому величины коэффициентов ароматичности в таблице носят условный характер и дают лишь сравнительную характеристику реальной роли изучавшихся веществ в аромате хлеба.—
Прим. ред.

личины с концентрацией соответствующих веществ в паровой фазе над пшеничным хлебом [118 а]. При таких тестах оба фактора определялись в одинаковой среде. В результате исследований установлено, что для аромата пшеничного хлеба особенное значение имеют компоненты: ацетальдегид, диметилсульфид, этанол, 2-метилпропаналь и 3-метилпропаналь.

В корке ржаного хлеба и в пумперникеле особенно важными ароматобразующими компонентами, судя по данным табл. 42, представляются изобутаналь и изопентаналь. Этanol в этом случае не имеет большого значения для аромата, так как в процессе выпечки он улетучивается и в противоположность большинству карбонильных соединений вновь уже не образуется. Зато фурфурол участвует в формировании аромата ржаного хлеба тем интенсивнее, чем длительнее процесс выпечки. Ди-ацетил, вероятно, имеет меньшее значение для ржаного хлеба, чем для пшеничного.

Подобные определения были проведены также Боровиковой, Седовой и Ройтером при оценке анализов аромата хлеба [571]. Их результаты показывают, что фурфурол, бутаналь, изобутаналь, оксибензальдегид и этилпропилкетон должны были бы иметь особенное значение для аромата хлеба.

Преимуществом метода определения пороговых концентраций и коэффициентов ароматичности является также возможность исключения большого числа ароматобразующих веществ из дальнейшей дискуссии и благодаря этому уменьшения перечня ароматобразующих веществ, число которых до сих пор постоянно растет в результате идентификации все новых и новых веществ. Наши работы показали, что метилглиоксаль, ацетон и ацетони имеют меньшее значение для аромата, так как их концентрация по сравнению с пороговой концентрацией явно низкая. По данным Ройтера, метилглиоксаль, глиоксаль, пропаналь, акролеин, ацетон, метилэтилкетон и фенил-ацетальдегид не должны иметь значения для общего аромата пшеничного хлеба. По Mulders, ацетон, этилформиат, этилацетат, фуран и 2-метилфуран в пшеничном хлебе содержатся в количествах ниже пороговой концентрации.

Количественные исследования компонентов аромата хлеба до сих пор проводились в рамках научных инте-

ресов. Описанные трудности в отношении проведения количественных анализов зависели от разработки стандартных методов исследования. В результате этого и сенсорная оценка аромата хлеба до сих пор не может быть полностью подтверждена аналитическими данными или быть ими заменена. Некоторые аспекты дальнейшего развития будут обсуждены в следующем разделе.

5.3. ИНДИКАТОРЫ АРОМАТА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА

При современном непрерывном поточном методе производства хлеба обеспечение его стабильного хорошего качества является нелегкой проблемой. Качество хлеба часто еще подвергается значительным колебаниям, причем это относится и к аромату, и к вкусу хлеба (см. [24, 285, 286]). Положение в принципе может изменяться лишь тогда, когда удается найти не только для муки, но и для полуфабрикатов и готового продукта показатели, с помощью которых возможна объективная количественная оценка их технологических свойств, знание которых необходимо для управления технологическим процессом производства. До сих пор контроль качества процесса осуществляется в основном по качеству готового продукта, определяемого простыми сенсорными методами. Для контроля качества и свойств муки до сих пор очень мало показателей, которые можно было бы использовать для объективной оценки ее качества при быстром проведении определения. Примером таких показателей, например, является колориметрическое определение пророслости зерна [575] или так называемого «числа падения» [576—579], с помощью которых, однако, можно определить только часть факторов, обусловливающих качество муки.

Поскольку не имеется соответствующих показателей для муки, теста и хлеба, технологические ошибки распознаются лишь по отклонениям от установленного качества готового продукта — хлеба. Выбор и разработка таких показателей является поэтому первоочередной задачей будущих исследований.

Если вкус и аромат признать как самые значительные факторы качества хлеба, новые показатели в первую очередь должны служить их характеристике. До сих

пор мы не располагаем для этого аналитическими показателями. Так как аромат хлеба обусловливается более чем двумя сотнями отдельных компонентов (см. табл. 5), нельзя ожидать, что можно будет полностью выразить общий аромат хлеба путем определения содержания отдельных (из многих) компонентов.

Имеется ли вообще возможность оценки аромата хлеба в рамках контроля его качества не сенсорными, а техническими средствами? Решение этой проблемы лежит, возможно, в нахождении «индикаторов аромата» хлеба, т. е. отдельных ароматобразующих веществ или их групп, которые сами по себе не обязательно обусловливают весь аромат хлеба, но тесно с ним связаны. Соответствующие индикаторы используются при аналитических исследованиях отдельных пищевых и других продуктов. Самым старейшим и известным «индексом аромата» является «перекисное число» [580]. Этим показателем, как известно, характеризуется прогорклый вкус жиров и масел. Однако практически полученная величина служит показателем прогорклого вкуса, который вызывается не самими перекисями, а резко пахнущими алканалиями и алка-

Таблица 43

Примеры отдельных индикаторов аромата продуктов из зерна

Продукты	Характеризуемые свойства	Индикаторы аромата	Литературный источник
Зерно	Прогорклый вкус	Кислотное число жира, активность липазы	[214—216, 218]
Зародыш пшеницы	Горький привкус	Кислотное число жира	[217]
Овсяные хлопья	Прогорклый запах и вкус	Алканали $C_6—C_{10}$	[581]
Пшеничный белый хлеб	Запах хлеба, пораженного картофельной болезнью	Диацетил, ацетон	[267, 268]
Пшеничный белый хлеб	Интенсивность аромата	Изопентанол	[337, 338]
Пумперникель	То же	Фурфурол, 5-оксиметилфурфурол	[431]

нонами, концентрация которых при дальнейших изменениях образовавшихся перекисей значительно повышается.

В прошлом такого рода индикаторы в зерновых продуктах имели большое значение как показатели ухудшения вкуса зерна и продуктов из него, как уже отмечалось в разделе 2.7. В табл. 43 приведены такие индикаторы, возможная пригодность которых для определения интенсивности аромата была показана нашими работами (см. 3.3.2 и 3.4.3).

Практически для контроля пищевых продуктов из индикаторов, приведенных в табл. 43, прежде всего внедрены те, с помощью которых можно определить отрицательные оттенки вкуса (плесневелый, затхлый, прогорклый и горький). Чаще всего пользуются определением кислотного числа жира, которое после экстракции липидов бензолом, трихлорэтиленом или диэтиловым эфиром можно определить титрованием. Повышенное кислотное число свидетельствует, с одной стороны, о различных повреждениях зерновки. С другой стороны, кислотное число повышается при плесневении зерна, так как плесневые грибки продуцируют активную липазу. При этом повышенное содержание свободных жирных кислот само по себе не проявляется в запахе; плесневелый, затхлый запах вызывается совсем другого рода соединениями их последующих превращений [255, 256]. Подобным образом повышение кислотного числа жира не сказывается на запахе долго хранившихся обойной муки или зародышей пшеницы, но является показателем их горького вкуса. В литературе приводятся пределы кислотного числа для здорового (нормального) и поврежденного зерна [215, 218]. Допустимые пределы кислотного числа жира зависят от растворителей, применяемых для его экстракции. Особенно тесная взаимосвязь существует между очень высоким кислотным числом жира и некоторыми видами повреждения зерновых продуктов, которые одновременно характеризуются и ухудшением их запаха. Сюда относятся затхлый запах плесени и кислый вкус. Для обеспечения надежности аналитического доказательства запаха плесени можно дополнительно провести определение активности липазы [218].

Результаты определения титруемой кислотности муки в водной вытяжке хуже коррелируют с повреждением

зерна, чем кислотное число ее жира. В хлебе проведенное таким образом определение кислотности, напротив, может служить показателем кислого вкуса и развития кислотообразующих бактерий в тесте [582—585] (см. 2.1, 3.3.3 и табл. 6).

В будущем, вероятно, определению других факторов для характеристики специфики и интенсивности аромата и гарантии их пригодности в качестве индикатора аромата будет придаваться все большее значение. При этом индикаторы положительных свойств должны будут занять первое место. Особое внимание, вероятно, будет отведено индикатору аромата хлеба. Наиболее трудной задачей является нахождение достаточно надежных индикаторов аромата хлеба. В прежних методах контроля аромата хлеба пользовались групповым определением, проведение которого требует значительно меньших затрат. Токарева [403] рекомендует проводить определение в ржаном хлебе общего содержания летучих карбонильных соединений титрованием (связывание альдегидов бисульфитом). Hampl, Davidek и Pelankova успешно применили полярографическое определение суммарного содержания карбонильных соединений при решении специально поставленных задач [456]. Содержание этанола или суммы высших спиртов, вероятно, также является индикатором ароматобразующих веществ брожения пшеничного хлеба [338а].

Слишком упрощенное групповое определение ароматобразующих веществ дает, как правило, условные данные, характеризующие аромат хлеба [69а, 160, 405]. Соответственно нельзя делать надежного вывода о вкусе хлеба только на основании определения степени кислотности хлеба [22].

Учитывая сложность аромата пищевых продуктов, можно ожидать, что только в исключительных случаях отдельные вещества могут учитываться и иметь практическое значение в качестве индикатора общего характера и интенсивности аромата. Соотношение различных компонентов является в принципе более вероятным индикатором таких свойств, чем даже явно выраженная корреляция отдельного вещества с общим ароматом. И этому имеются уже первые примеры. Так, Sydow в черной смородине нашел между свойством «зеленый, сенообразный» оттенок аромата и количественным соотношением

лимонен: α -фелландрен коэффициент корреляции 0,999 [586]. Rapp, Franck и Ullemeyer использовали в исследованиях соотношение изопентанол: изобутанол для определения типа чая [587].

Jamanashi с помощью газохроматографического анализа показал, что для характеристики различного аромата сортов чая можно пользоваться соотношением пиков, характеризующих соотношение линалоол:гераниол + фенилэтанол [588]. Даже если эти работы считать первыми робкими попытками, то они все-таки указывают направление будущих исследований.

Анализ индикаторов аромата можно получить также простым сравнением газовых хроматограмм. Rohan уже в 1965 г. пытался аналитически доказать характер аромата различных сортов какао путем определенных простых соотношений отдельных газохроматографических пиков [589]. Kevel обнаружил различие в газовых хроматограммах теста и хлеба и пытался объяснить это продолжительностью брожения и процесса выпечки [590].

В 1968 г. Gianturco и сотр. впервые использовали разделительный анализ, чтобы выявить те соотношения из всей гаммы аромата кофе, которые лучше всего характеризуют специфику его аромата. Так как, например, в 150 пиках получается почти 5000 различных соотношений, которые в свою очередь приходится определять в достаточно большом количестве образцов, проведение такого исследования возможно лишь при использовании компьютера. Таким образом, удалось для 11 различных сортов кофе установить качественные показатели, которые коррелировали с сенсорной оценкой [591]. Это многообещающий, хотя и самый первый шаг в области комплексных исследований аромата.

Вторая перспективная группа индикаторов аромата охватывает определенные физические параметры веществ. Определение изменения этих параметров в ходе технологического процесса позволит получить данные об ожидаемом характере аромата готового продукта. Для этой цели физические показатели являются более приемлемыми, так как определение должно проходить очень быстро и по возможности без разрушения исследуемого пищевого продукта. Как утверждают Dörfer и Zimmermann, современных достижений в этой области недостаточно. Новейшие физико-химические методы почти не

применяются, а применяемые методы требуют слишком больших затрат времени [592]. Необходима модернизация этих методов, если мы хотим показатели качества привести в соответствие с запросами современного промышленного производства хлеба. В качестве примера можно было бы отметить такие показатели, как скорость подъема теста в процессе брожения, изменение pH теста, скорость роста температуры в мякише и скорость покоричневения поверхности корки хлеба в процессе выпечки.

Такие индикаторы ароматобразования в хлебе приобретут большое значение в контроле качества хлеба. В настоящее время часто наблюдаются противоречия в оценке качества хлеба потребителями, государственными и производственными контролирующими органами, которые обычно оценивают качество в пределах от «хорошо» до «очень хорошо». Лишь внедрение совершенно новых методов анализа может внести в этот вопрос ясность и создать предпосылки для лучшего соответствия качества хлеба с требованиями потребителей. Практически для определения сверхсложного по количеству компонентов аромата хлеба следовало бы применять исключительно определение веществ (или их групп), являющихся индикаторами этого свойства хлеба.

6. АРОМАТ ХЛЕБА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАУКИ О ПИТАНИИ

6.1. АРОМАТ И УСВОЯЕМОСТЬ

Усвояемость, по Thomas, является субъективным ощущением во время и после приема пищи [593]*. Усвояемость хлеба определяется его сортом и качеством. Хлеб может обладать хорошими или плохими предпосылками для усвояемости, т. е. реакции организма на прием пищи [445].

Усвояемость хлеба зависит в первую очередь от двух факторов. Преимущественное влияние оказывают физиче-

* Точнее было бы под усвояемостью хлеба или другого продукта понимать отношение количества содержащихся в нем питательных веществ к количеству этих веществ, усвоенному организмом человека. — Прим. ред.

ские свойства мякиша хлеба, как-то: разрыхленность, эластичность или липкость (заминаемость) мякиша, так как они определяют его атакуемость ферментами пищеварения. Вторым фактором, влияющим на усвоемость хлеба, является содержание в нем ароматобразующих веществ. Как при потреблении других пищевых продуктов, так и при потреблении хлеба приятное ощущение аромата может вызвать обильную секрецию ферментов пищеварения и таким образом обеспечить быстрое и хорошее усвоение его питательных веществ. Уже в 1924 г. Schesledt с помощью фистул, вводимых в кишечник собак, смог доказать, что ароматобразующие вещества в водном экстракте хлеба химически стимулируют секрецию в кишечном тракте [594]. Сорта хлеба из муки больших выходов или ржаной муки с их сильным ароматом вызывают очень высокую секрецию слюны и желудочного сока по сравнению с пшеничным хлебом из высших сортов муки [595—597]. При этом одновременно усиливается активность α -амилазы в слюне [598—600]. Повышение сахара в крови также протекает по-разному после потребления корки или изделий с большим содержанием корки по сравнению с потреблением мякиша или малоароматных хлебобулочных изделий. Хлеб, приготовленный при сокращенной длительности выпечки (малоароматный), приводит в пищевом тракте к замедлению расщепления крахмала [601, 602].

Наш хлеб является хорошим примером таких пищевых продуктов, у которых вкус и аромат входят в определение физиологической ценности. Если признать, что содержание ароматобразующих веществ влияет на такие факторы, как возбудимость аппетита (что влияет на усвоемость) и ощущение насыщения, то это может привести к далеко идущим выводам. Они будут обсуждаться в связи с неправильным питанием. В противоположность изучению ароматобразующих веществ, физиологическое действие комплекса которых известно, пока что без конкретизации роли отдельных компонентов, влиянием кислотности хлеба на усвоемость занимались давно и неоднократно [603, 605]. Потребление слишком кислого хлеба или хлеба с большим содержанием уксусной кислоты вызывает отрицательное физиологическое действие. Уксусная кислота раздражает кишечник больше, чем молочная. Это во всяком случае, наблюдается при

концентрациях, которые явно выше обычных, чем в хлебе, приготовленном на закваске. Позднее Thomas и Röppenbeck [88] показали, что одно только изменение величины кислотности хлеба не влияет на его усвояемость и что плохая усвояемость перекисшего хлеба главным образом зависит от качества мякиша (большая липкость и заминаемость, пониженная эластичность).

И хорошая усвояемость тостированного («обжаренного» в ломтях) хлеба и сухарей, рекомендуемых для диетических целей, зависит не только от структуры, которая благоприятствует действию ферментов пищеварения. И здесь высокое содержание ароматобразующих веществ продуктов обжарки способствует секреции ферментов пищеварения.

6.2. ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С АРОМАТОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Во многих индустриально развитых странах наблюдается тенденция повышения калорийности питания [606—610]. Потребляется чрезмерно большое количество калорий, жира, сахара и при этом слишком мало балластных веществ и кальция, а также белка и витаминов группы В. Поэтому соотношение основных питательных

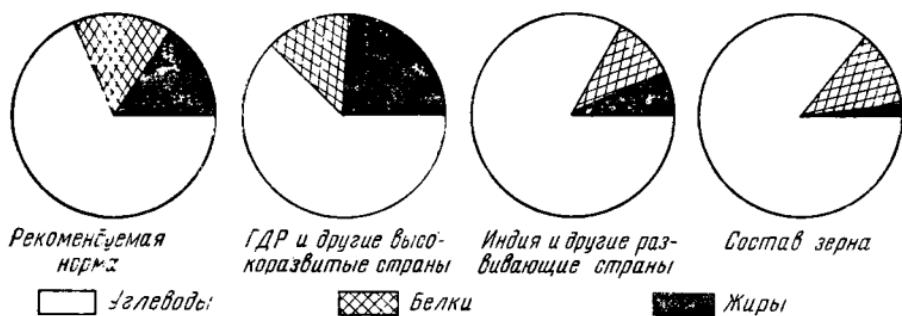


Рис. 40. Отклонения от рекомендуемых с точки зрения физиологии питания норм состава питательных веществ пищи в отдельных странах.

веществ не соответствует научно обоснованным нормам питания.

При сравнении условий питания в различных районах земного шара выявляются две основные тенденции: в

высокоразвитых странах потребляется больше жира за счет снижения потребления углеводов, в малоразвитых странах, наоборот, — слишком много углеводов за счет жира и белка. Последнее вызвано значительной долей зерновых продуктов в рационе питания (см. 6.3 и рис. 40).

Нельзя недооценивать влияния на общую проблему питания новых видов пищевых продуктов с целенаправленным составом, создание которых стало актуальным в последние годы. Препятствием для широкого внедрения таких продуктов является большей частью явное отклонение характера аромата от прежнего, привычного.

В перспективе вырисовывается еще одна до сих пор пока мало используемая возможность оказания влияния на выбор пищи потребителем: целенаправленное изменение аромата прежде всего тех пищевых продуктов, потреблению которых мы хотим способствовать в интересах здоровья населения. Если удастся достигнуть в этих пищевых продуктах абсолютной имитации характера аромата, привычного для потребителей, то очень возможно создать стимул к потреблению таких продуктов.

6.3. ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ, ПОТРЕБЛЕНИЕ И АРОМАТ ХЛЕБА

Проблема питания и изменение в потреблении зерна и продуктов его переработки находятся в прямой зависимости от того, что зерновые продукты для слаборазвитых стран являются наиболее доступным источником питания. С ростом жизненного уровня эти продукты все больше заменяются другими продуктами питания*. Спад в потреблении зерна наступит лишь тогда, когда калорийный баланс питания населения будет соответствовать нормам, обоснованным наукой о физиологии питания, т. е. когда уже не будет недостатка в продуктах питания и тем более голода.

Другим фактором, влияющим на потребление зерна, являются традиционные обычай в питании отдельных стран. Некоторые типичные примеры приводятся на рис. 41.

* Процент потребления зерновых продуктов в отдельных странах значительно колеблется: от 20 в США до 86 в Республике Мали [611, 612].

Рисунок иллюстрирует уменьшение потребления зерновых продуктов в трех странах, именно в ГДР, ФРГ и Италии, по данным ФАО [611] и статистического ежегодника ГДР [613]. Спад потребления зерновых про-

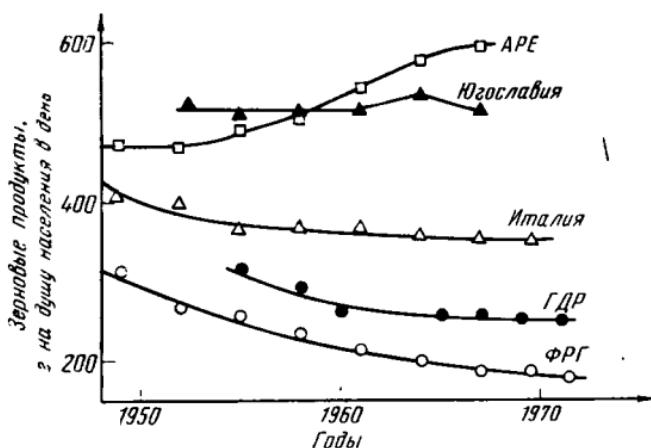


Рис. 41. Изменения в потреблении продуктов переработки зерна в разных странах (см. [611, 613]).

дуктов в указанных странах асимптотически приближается к минимальным уровням потребления [378, 614, 615]. Уровни, которые могут быть достигнуты в недале-

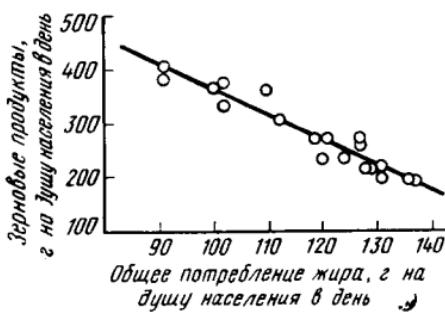


Рис. 42. Зависимость между потреблением зерновых продуктов и жира на душу населения в Центральной Европе (см. [611, 613, 616]).

ком будущем, во всех трех странах различны. Причина здесь и в привычках населения (явно большое потребление ржаного хлеба в ГДР [373], сравнительно высокое потребление макаронных изделий в Италии).

Снижение потребления хлеба в странах Средней Европы происходит параллельно увеличению потребления жира в результате замены бедного жиром хлеба более богатыми жиром пищевыми продуктами. Следствием является обратно пропорциональная зависимость между потреблением жира и хлеба, как это показано по данным для 7 среднеевропейских стран за 1960—1980 гг. на рис. 42 [616]. Тесная корреляция обоих факторов дает основание предполагать, что любое значительное изменение в потреблении зерновых продуктов приведет к соответствующим изменениям потребления общего количества жира. С этой точки зрения замену хлеба другими продуктами питания следует рассматривать как явление отрицательное для здоровья. Следовательно, научно обоснованные нормы питания должны предусматривать прекращение снижения потребления хлеба или, по крайней мере, способствовать сохранению его на данном уровне. Отсюда следует также, что качество хлеба должно больше удовлетворять требованиям потребителей, чем это было до сих пор.

Если мы будем исходить из того, что основным показателем качества хлеба для потребителя является аромат и вкус, то можно ожидать, что улучшение характера и повышение их интенсивности будет способствовать увеличению потребления хлеба. Это фактически имеет место и может быть доказано путем опроса потребителей. Результаты такого изучения приведены на рис. 43. Опрос потребителей проводился в столовых при одновременной подаче сортов ржаного хлеба, различающихся по качеству. При одновременной подаче ржаного хлеба из муки из целого зерна с интенсивно выраженным вкусом его потребление было таким же высоким, как и при замене его обычным серым ржано-пшеничным хлебом, длительно выпекавшимся и ароматным [283].

Несколько иным путем Spiel [617] проводил подобное исследование потребительского спроса в 1953 г. Он проходил в течение четырех недель с помощью 54 дегустаторов потребление хлеба с нормальным и недостаточным характером вкуса. Потребление хлеба с нормальным вкусом было на 5% больше.

Результаты потребительских тестов опровергают точку зрения Glatzel [618], вызвавшую дискуссию в 1960 г. и резко критиковавшуюся в свое время Thomas [619],

о том, что хлеб является нейтральным пищевым продуктом, который в основном служит для уравновешивания (компенсации) интенсивно возбуждающих аппетит продуктов, потребляемых с хлебом (колбасы, ветчины, масла, повидла и др.) Мы считаем, что оптимальное завершение ощущения вкуса, вызываемого этими продуктами, осуществляется таким хлебом, который обладает явно выраженным, нежным, ненавязчивым ароматом.

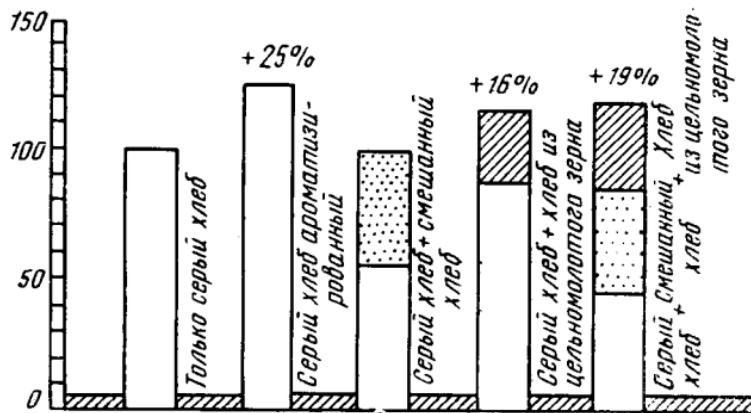


Рис. 43. Зависимость потребления хлеба от сорта и ассортимента [283].

Повышение потребления хлеба в результате включения в рацион сортов хлеба с интенсивным ароматом можно рассматривать с различных позиций. Так, например, по данным Thomas [375], это можно объяснить тем, что масло, повидло, куски колбасы, ветчины и другие такого рода продукты могут потребляться в меньшем количестве с хлебом из сортов муки большого выхода, чем с хлебом из высших сортов муки, обладающих нейтральным вкусом. Такая взаимосвязь отражена на рис. 44, на котором приведены данные по потреблению жиров с различными сортами хлеба в сочетании с продуктами, используемыми для бутербродов [616]. Приведены средние данные одного рациона. В левой части рисунка показаны сорта хлеба с интенсивным ароматом. При их потреблении «потребность в жире» меньше, чем при потреблении пшеничного, смешанного хлеба или хрустящих хлебцев. Это явление объясняется не только интенсивностью аромата более темных сортов хлеба из муки

более высокого выхода, но также и различием в разрыхленности.

Если для приготовления бутерброда из хлеба какого-либо сорта используется меньше жира, то соотношение хлеб : жир в условиях одинакового количества калорий должно измениться в пользу хлеба. Это равноценно увеличению потребления хлеба при уменьшении потребления жира.

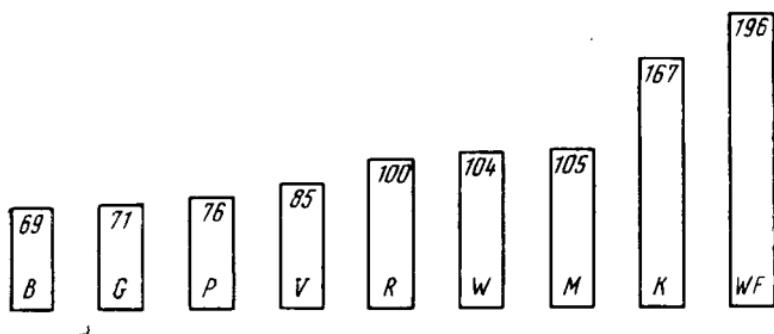


Рис. 44. Среднее количество жиров, потребляемых с различными сортами хлеба [616] (% по сравнению с ржаным хлебом, принятым за 100):

B — булочки пшеничные; *G* — булочка грэхэм; *P* — пумперникель; *V* — каравай хлеба из цельномолотого зерна; *R* — ржаной хлеб; *W* — пшеничный белый хлеб; *M* — смешанный хлеб; *K* — хрустящие хлебцы; *WF* — вафли.

Современная тенденция потребителя к предпочтению хлеба с интенсивным ароматом подтверждается различными исследованиями потребления хлеба, проведенными в ФРГ и Австрии за последние годы. Так, исследования Steller [446] показали, что предпочтение свежему хлебу по сравнению с черствым за период с 1954 по 1969 г. постоянно увеличивалось (см. табл. 44).

Но свежий хлеб отличается от недолго хранившегося прежде всего большей интенсивностью аромата.

Анализ результатов опроса, проведенного этим же автором в 1969—1970 гг., показал, что 23% опрошенных назвали «идеальным хлебом» хлеб из муки, смолотой из целого зерна, а 21% — «черный» хлеб. Но оба эти сорта хлеба, вместе взятые, составляют только 10—15% общего количества хлеба, потребляемого в ФРГ [372]. Из этого следует, что повышенный спрос потребителя на хлеб с интенсивным ароматом не удовлетворяется.

Таблица 44

Рост потребления свежего хлеба в ФРГ в период 1954—1969 гг.
(опрос потребителей Steller [446])

Вопрос: какой хлеб Вы больше предпочитаете?	Процент потребителей, предпочитавших данный хлеб, годы			
	1954	1964	1967	1969
Свежий	31	36	38	49
Недолго хранившийся	63	53	55	42
Черствый	4	4	2	2
Разный	5	6	4	6
Не пшеничный	1	1	1	1

В заключение укажем на то, что все больший рост в среднеевропейских странах спроса на хлеб с интенсивно выраженным ароматом подтверждается и результатами исследования потребления хлеба школьниками [620—622]. В группах школьников в течение недели изучалось и учитывалось потребление бутербродов из разных видов хлеба. По предпочтению, высказанному школьниками, на первом месте оказался ржаной хлеб или хлеб из муки, смолотой из целого зерна, т. е. хлеб с наиболее интенсивно выраженным ароматом. Школьников, предпочитавших смешанные сорта хлеба и пшеничный хлеб, было намного меньше.

Из результатов таких исследований можно сделать вывод, что сорта хлеба с интенсивным ароматом имеют реальную возможность занять в ближайшее время большее место в рационе питания. Фактическое производство этих сортов хлеба за последние годы в ряде стран Центральной Европы заметно увеличилось [281, 292, 623—625]. Так как повышение спроса на эти сорта хлеба препятствует уменьшению потребления хлеба и параллельно происходящему увеличению потребления жира, то в настоящее время не только сорта хлеба из муки, смолотой из целого зерна, но и другие сорта хлеба с интенсивным ароматом привлекают все больше внимания науки о рациональном питании.

Независимо от ожидаемого в будущем роста потребления специальных сортов хлеба с интенсивным ароматом в Центральной Европе можно ожидать тенденции усиления аромата «обычных сортов» — пшеничного белого и ржаного серого хлеба. В этом заинтересована также хлебопекарная промышленность, перед которой стоит задача сохранить, а не сократить производство. Таким образом, интересы науки о питании и интересы промышленности совпадают, из чего можно сделать вывод, что будут найдены возможности усиления аромата хлеба при современных условиях производства.

ИТОГИ И ЗАДАЧИ

В данной работе была сделана попытка изложить, упорядочить и обобщить разнообразные аспекты аромата хлеба, базирующиеся на биохимии, технологии и науке о питании.

Такой обзор нельзя сделать без учета направления исследования этой проблемы в будущем и задач, вытекающих из современного ее состояния.

В отношении анализа аромата можно ожидать, что при улучшении газохроматографического и спектрометрического оборудования наших научно-исследовательских институтов знания об ароматобразующих веществах хлеба в ближайшие годы значительно пополняются. При этом, однако, существующая тенденция к открытию все большего числа идентифицированных ароматобразующих веществ не должна долго продолжаться. Тем не менее количество обнаруживаемых в хлебе ароматобразующих веществ длительное время не достигнет своего предела. Следовательно, комплексность аромата еще более усложнится.

Основное внимание в области аналитики аромата хлеба в будущем должно быть направлено не на качественное идентифицирование ароматобразующих веществ, как это имело место до сих пор, а на развитие количественных аналитических методов исследования. Только с помощью количественного анализа отобранных ароматобразующих веществ — индикаторов аромата — можно вообще заниматься технологическими и биохимическими проблемами аромата. Даже небольшое ко-

личество примеров, приведенных в главе, посвященной технологии, со всей ясностью показывает, что из количественного определения хотя бы некоторых ароматобразующих веществ можно делать выводы, важные для практики приготовления хлеба.

Учитывая сложность аромата хлеба, все большее значение приобретает вопрос выявления соответствующих индикаторов аромата, содержание которых прежде всего можно легко, просто и быстро определять. Поиск таких индикаторов может быть успешным только в том случае, если аромат будет подтверждаться четкой корреляцией с комплексом сенсорных и аналитических данных. Лишь более глубокие знания о пригодности определенных факторов для доказательства эффекта аромата позволяют нам глубже понять реакции, связанные с образованием и последующими изменениями ароматобразующих веществ. Эти знания смогут увеличить возможности улучшения характера аромата. В связи с интенсификацией современных способов производства хлеба проблема улучшения аромата и ароматизации приобретет в будущем еще большую актуальность.

Внедрение рациональных технологических методов производства вынудит целенаправленно воздействовать и на характер аромата хлеба. Вне всякого сомнения, при современных экономических и производственных условиях можно будет, конечно, достигнуть такого характера аромата, какой будет отвечать требованиям потребителя. Имеется еще много нерешенных научных и технических проблем, которые автор постарался наметить в своей работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rothe, M.*, Zur Terminologie der Grundbegriffe der Aroma-forschung, *Nahrung* 16, 473—481 (1972).
2. *Gedankengänge* über Gerüche, *Naarden Nachr.* 21, H. 221, 5—7 (1970).
3. *Neumann, R.*, Sensorische Analytik — Anwendung und Ent-wicklungstendenzen, *Lemittel-Ind.* 17, 163—168 (1970).
4. *Moncrieff, R. W.*, Structure of the chemical sense organs and their connections, *Taste receptors*, in "The Chemical Senses", Verlag Leonard Hill, London, 1967, S. 56—59.
5. *Liljestrand, G. und Y. Zotterman*, The alkaline taste, *Acta Physiol. Scand.* 35, 380—389 (1956).
6. *Moncrieff, R. W.*, Gustation, in "The Chemical Senses", Verlag Leonard Hill, London, 1967, S. 269—270.
7. *Kawamura, Y. und A. Adachi*, Electrophysiological analysis of taste effectiveness of soda and CO_2 gas, in "Olfaction and Taste", Pergamon Press, London, 1967.
8. *Albrecht, A. A. und L. M. Biedler*, Flavour mystery lessens through R& D, *Food Engng.* 38, 102—104 (1966).
9. *Doving, K. B.*, Problems in the physiology of olfaction, in *H. W. Schultz, E. A. Day und L. M. Libbey*, "Symposium on Foods: The Chemistry and Physiology of Flavours", The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Conn./USA, 1967, S. 80.
10. *Laffort, P.*, Température et qualités organoleptiques, *Ann. Nutrit. et Aliment. (Paris)* 23, 63—77 (1969).
11. *Streuli, H.*, Gegensatz und Verbindung von Qualität und Beschaffenheit bei Lebensmitteln, *Z. Lebensmittel-Unters. u.-Forsch.* 135, 14—22 (1967).
12. *Telegdy-Kováts, L.*, Über die Qualität und ihre Bestimmung in Lebensmitteln (ungarisch), *Elelmiszervizsgálati Közle-mények* 13, 260—270 (1967).
13. *Meyer-Dohm, P.*, Qualitätsanforderungen an Nahrungsmittel vom Standpunkt der Konsumforschung, *Ernährungs-Umschau* 15, 409—412 (1968).
14. *Schuphan, W.*, Die Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, *Ernährungs-Umschau* 16, 5—10 (1969).
15. *Menke, K. H.*, Die Qualität tierischer Produkte, *Ernährungs-Umschau* 16, 48—51 (1969).
16. *Hötzl, D.*, Qualitätsbeurteilung aus ernährungsphysiologi-scher Sicht, *Ernährungs-Umschau* 16, 132—136 (1969).

17. *Rothe, M.*, Wissenschaftlich begründete Kennwerte als Voraussetzung für die Verbesserung der Lebensmittelqualität, *Ernährungsforschung* 15, 227—241 (1970).
18. *TGL 82—043*/Blatt 2 vom Juni 1967, Blatt 6 vom Januar, 1966, Blatt 14 vom Dezember 1967; *TGL 9811* vom Oktober, 1966; *TGL 88—007* vom Oktober 1963; *TGL 3067* vom Juni, 1964; *TGL 88—010* vom Oktober, 1967; *TGL 6494* vom September, 1968; *TGL 6495* vom Januar, 1968.
19. *Neumann, M. P.*, Bericht über den von der DGL ausgeschriebenen Preiswettbewerb für Roggenbrot, Sonderdruck der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, 1933.
20. *Menger, A.*, 20 Jahre erfolgreiche Qualitätsförderung durch Brotprüfungen, *Weckruf* 2, H. 51, 3 (1951).
21. *Pelshenke, P. F. und A. Schulz*, Ein Beitrag zur Frage der Brotbeurteilung, *Brot u. Gebäck* 10, 72—76 (1956).
22. *Thomas, B. und K. Fuchs*, Das Brotbewertungsschema aus Potsdam-Rehbrücke, *Bäcker u. Konditor* 10, H. 12, 6—10 (1956).
23. *Baumeier, W.*, Neue Bewertungsgrundsätze für Laibbrot, *Bäcker u. Konditor* 17, 322—323 (1969).
24. *Rothe, M. und R. Schneeweiss*, Zum Stand einer objektiven Bewertung der Qualität von Brot, *Ber. 17, Nord. Getreidechemiker-Kongreß Helsinki 1969, Lauttakylä, 1972*, S. 71—83.
25. *Bethke, E., H. Klinn und G. Rehfeld*, Neues Bewertungsschema für Laibbrot, *Bäcker u. Konditor* 24, 38—39 (1970).
- 25a. *Baumeier, W.*, Weiterentwicklung der Qualitätsbewertung, *Bäcker u. Konditor* 22, 4—5 (1974).
- 25b. *Veränderungen im DDR-Brotqualitätsvergleich ab 1. Januar, 1974*, *Bäcker u. Konditor* 22, 19—20 (1974).
26. *Kramer, A.*, Parameters of quality, *Food Technol.* 20, 1147—1148 (1966).
27. *Weurman, C.*, Lists of volatile compounds in food, Eigenverlag des Central Institute for Nutrition and Food Research Zeist (Utrecht), Report Nr. 1687 (1963).
- 27a. *van Straten, S. u. F. de Vrijer*, Lists of volatile compounds in food, Eigenverlag Central Inst. for Nutrition and Food Research Zeist/Niederlande, Report Nr. R4030 (1973).
28. *Maier, H. G.*, Flüchtige Aromastoffe in Lebensmitteln, *Angew. Chem.* 82, 965—974 (1970).
29. *Gieschner, K. und G. Baumann*, Aromastoffe in Früchten, in J. Solms und H. Neukom "Aroma- und Geschmacksstoffe in Lebensmitteln", Forster-Verlag Zürich, 1967, S. 49 bis 89.
30. *Buttery, R. G., R. M. Seifert, D. G. Guadagni und L. C. Ling*, Characterization of additional volatile components of tomato, *J. Agric. Food Chem.* 19, 524—529 (1971).
31. *Waldrat, J. P., A. O. Pittet, T. E. Kinlin, R. Muralidhara und A. Sanderson*, Volatile components of roasted peanuts, *J. agric. Food Chem.* 19, 972—979 (1971).
32. *Walter, W. und H. L. Weidemann*, Verbindungen des Kaffee-aromas, *Z. Ernährungswiss.* 9, 123—147 (1969).
33. *Rohan, T. A.*, The flavour of chocolate, *Food Processing Marketing* 38, II, 1, 12—17 (1969).
34. *Rapp, A., W. Hövermann, U. Jecht, H. Franck und H. Ullemyer*, Gaschromatographische Untersuchungen an Aromastoffen

- von Traubenmosten, Weinen und Branntweinen, *Chemiker-Z.* 97, 29—36 (1973).
35. *Drawert, F. und R. Tressl*, Aromastoffe des Bieres und ihre Entstehung, *Brauwissenschaft* 22, 169—175 (1969).
36. *von Sydow, E. und K. Anjou*, The aroma of rye crispbread, *Lebensmittel-Wiss. u. Technol.* 2, 15—18 (1969).
37. *Mulders, E. J. und C. Weurman*, Investigation of the aroma of white bread, *Ber. 5, Welt-Getreide-u. Brotkongress* Dresden, Eigenverlag Inst. Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, 1970, Bd. 5, S. 215—219.
38. *Mulders, E. J., H. Maarse und C. Weurman*, The odour of white bread. I. Analysis of volatile constituents in the vapour and aqueous extracts, *Z. Lebensmittel-Unters. u.-Forsch.* 150, 68—74 (1972).
39. *Mulders, E. J., M. C. ten Noever de Brauw und S. van Straaten*, The odour of white bread. II. Identification of components in pentane-ether extracts, *Z. Lebensmittel-Unters. u.-Forsch.* 150, 306—310 (1973).
40. *Mulders, E. J. und J. H. Dhont*, The odour of white bread. III. Identification of volatile carbonyl compounds and fatty acids, *Z. Lebensmittel-Unters. u.-Forsch.* 150, 228—232 (1972).
41. *Wilson, R. A. und I. Katz*, Review of literature on chicken flavour and report of isolation of several new chicken flavour components from aqueous cooked chicken broth, *J. agric. Food Chem.* 20, 741—747 (1972).
42. *Backe, A.*, Sur un nouveau composé contenu dans les produits alimentaires, *Compt. rend.* 150, 540—543 (1910).
43. *Visser't Hooft, F. und F. J. G. de Leeuw*, The occurrence of acetyl methyl carbinol in bread and its relation to bread flavour, *General Chem.* 12, 213—229 (1935).
44. *Maiden, A.*, Diacetyl in bread, *Chem. and Ind.* 55, 143, (1936).
45. *Komm, E. und G. Lehmann*, Untersuchungen über das Brotaroma. II. Vorläufige Mitteilung über die Isolierung von Brotaromastoffen, *Z. Lebensmittel-Unters. u.-Forsch.* 79, 241—245 (1940).
46. *Baker, J. C., H. K. Parker und K. L. Fortmann*, Flavour of bread, *Cereal Chem.* 30, 22—30 (1953).
47. *Rotsch, A. und H. Dörner*, Neue experimentelle Erkenntnisse über das Brotaroma, *Brot u. Gebäck* 11, 173—177 (1957).
48. *Drews, E.*, Weitere Einsatzmöglichkeiten der Papierchromatographie auf dem Bäckereisektor, *Brot u. Gebäck* 12, 138—140 (1958).
49. *Johnson, J. A. und B. S. Miller*, Pre-ferments, their role in bread making, *Baker's Dig.* 31, 29—35, 76—77 (1957).
50. *Johnson, J. A., B. S. Miller und B. Curnutt*, Organic acids and esters produced in pre-ferments, *J. agric. Food Chem.* 6, 384—387 (1958).
51. *Wiseblatt, L.*, The flavour of bread, Northwestern Miller, Milling Prod. Sect. 258, H. 1a, 16A—17A (1957).
52. *Wiseblatt, L.*, Some aromatic compounds present in oven gases, *Cereal Chem.* 37, 728—733 (1960).
53. *Croes, A. A.*, Der Gehalt an höheren Fettsäuren in Teig und Brot mittels einer papierchromatographischen Methode (holländisch), *Chem. Weekblad* 54, 396—397 (1958).

54. *Rothe, M.*, Über flüchtige Aromastoffe des Roggenbrotes, Ernährungsforschung, 5, 131—142 (1960).
55. *Wiseblatt, L. und F. E. Kohn*, Some volatile aromatic compounds in fresh bread, Cereal Chem. 37, 55—66 (1960).
56. *Ng, H., D. J. Reed und J. W. Pence*, Identification of carbonyl compounds in an ethanol extract of fresh white bread, Cereal Chem. 37, 638—645 (1960).
57. *Smith, D. E. und J. R. Coffman*, Analysis of food flavours by gas-liquid-chromatography. Separation and identification of the neutral components from bread pre-ferment liquid, Anal. Chem. 32, 1733—1737 (1960).
58. *Hunter, I. R., H. Ng und J. W. Pence*, Volatile organic acids in pre-ferments for bread, J. Food Sci. 26, 578—580 (1961).
59. *Kohn, F. E., L. Wiseblatt und L. S. Fosdick*, Some volatile carbonyl compounds arising during panary fermentation, Cereal Chem. 38, 165—169 (1961).
60. *Зюзько А. С., Н. Г. Еникеева и Р. В. Головня*. Исследование монокарбонильных соединений в летучих компонентах хлеба. — «Прикладная биохимия и микробиология», 1972, № 8, с. 498—503.
- 60a. *Головня Р. В., Н. Г. Еникеева, И. Л. Журавлева и А. С. Зюзько*. Газохроматографический анализ монокарбонильных соединений и аминов в летучих компонентах пшеничного хлеба. — «Nahrung», 1974, 18, 143—156.
61. *Wick, E. L., M. de Figueiredo und D. H. Wallace*, The volatile components of white bread prepared by a pre-ferment method, Cereal Chem. 41, 300—315 (1964).
62. *Hrdlicka, J., J. Hampl und K. Turznik*, Studium der flüchtigen Carbonylverbindungen in verschiedenen Brotsorten im Laufe des wöchentlichen Herstellungszyklus (tschechisch), Sbornik Vysoké skoly chemicko-technologické Praha 7, Teil 2, 293—301 (1963).
63. *Смирнова Г. М., Р. Р. Токарева и В. Л. Кретович*. Ферментные препараты как регуляторы биохимических и микробиологических процессов при производстве ржаного хлеба. — «Биохимия зерна», 1964, № 7, с. 245—263.
64. *Coffman, J. R.*, The presence of 2,5-furan-dialdehyde in bread oven gases, Cereal Sci. today 11, 163 (1966).
65. *Hunter, I. R., M. K. Walden, J. R. Scherer und R. E. Lundin*, Preparation and properties of 1, 4, 5, 6-tetrahydro-2-acetopyridin, a cracker-odor constituent of bread aroma, Cereal Chem. 46, 189—195 (1969).
66. *Mecham, D. K., M. M. Bean und C. Knapp*, Hydrogen sulphide from wheat flour doughs, Chem. Ind. (London) 1966, 989—990.
67. *Weurman, C. und C. de Rooij*, Volatile amines in the odors of food, J. Food Sci. 26, 239—243 (1961).
68. *McWilliams, M. und A. C. Mackey*, Wheat flavour components, J. Food Sci. 34, 493—496 (1969).
69. *Markova, J., E. Honischova und J. Hampl*, Aromastoffe des Brotes und der Zwischenprodukte seiner Erzeugung, Brot. u. Gebäck 24, 166—175 (1970).
70. *Spicher, G.*, Ergebnisse neuerer mikrobieller Sauerteigstudien, Papers of Internat. Rye Conference Poznan, 1965, Kongreßbericht Teil 2, III/1—III/45.

71. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства. М., «Пищевая промышленность», 1972, с. 228—237.
72. Wölm, G. Zur analytischen Charakterisierung von Aromaunterschieden bei Weißbrot unterschiedlicher Führungsart, Diss. Humboldt-Universität Berlin, 1972.
73. Rohrlich, M. und W. Essner, Untersuchungen über die Bestimmung, Aktivierung und Hemmung der Milch- und Essigsäure bei der Sauerteiggärung, Brot u. Gebäck 5, 85—91 (1951).
74. Markova, J. und J. Hampl, Qualitative und quantitative Analyse organischer Säuren eines Konsumbrotes und der Zwischenprodukte seiner Erzeugung, Brot u. Gebäck 23, 74—78 (1969).
75. Meyerhof, O., Oxidoreductions in carbohydrate breakdown, Biol. Symposia 5, 141 bis 156 (1941).
76. Connstein, C. und K. Lüdecke, Glyceringewinnung aus Zucker, Ber. Dtsch. Chem. Ges. 52, 1385—1391 (1919); DRP Nr. 298 593/96.
77. Rothe, M., Zur Definition der Begriffe "Aroma" und "Aromastoff", Ernährungsforschung, 7, 639—646 (1962).
78. Barron, E. S. G. und C. M. Lyman, Studies on biological oxidations, J. biol. Chem. 127, 143—161 (1938).
79. Silverman, M. und C. H. Werkman, Bacterial synthesis of co-carboxylase, Enzymologia 5, 385—387 (1939).
80. Rohrlich, M., Enzyme des Hefe- und Sauerteiges, in "Getreideenzyme", Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 1969, S. 88.
81. Kanel, E. S. und S. J. Topornina, Die Prüfung verschiedener Hefearten für die Roggensauerteige unter den Bedingungen einer erhöhten Temperatur der Teigführung (russisch), Trudy VNIICHP 5, 38 (1953).
82. Spicher, G., Einleitende Untersuchungen der günstigsten Kulturbedingungen, Brot. u. Gebäck 15, 21—27 (1961).
83. vom Stein, E., Das Salz-Sauer-Verfahren, Brot u. Gebäck 12, 92—97 (1958).
84. Schulz, A. und H. Stephan, Untersuchungen über die kontinuierliche Sauerteigführung, Brot u. Gebäck 12, 22—30 (1958).
85. Spicher, G., Die Erreger der Sauerteiggärung. Über den Einfluß der Hefe auf die Milchsäurebakterien des Sauerteiges, Brot u. Gebäck 16, 165—171 (1962).
86. Spicher, G. und H. Stephan, Die Erreger der Sauerteiggärung. Weitere Untersuchungen über die Bedeutung der Hefen des Sauerteiges, Brot. u. Gebäck 17, 26—31 (1963).
87. Ковровцева С. А. Изменение молочнокислых бактерий закваски при сушке. — «Микробиология», 1938, № 7, с. 866—873.
88. Thomas, B. und H. Rönnebeck, Untersuchungen über die Bekömmlichkeit des Sauerteigbrotes in Abhängigkeit von der gebildeten Gärungssäure, Ernährungsforschung 5, 478—498 (1960).
89. Rohrlich, M. und W. Essner, Das Milchsäure-Essigsäure-Verhältnis im Brot, Brot u. Gebäck 6, 1—3 (1952).
90. Coffman, R., D. F. Meisner und D. E. Terry, Aroma of continuous mix bread — a preliminary study, Cereal Sci. today, 9, 305—308 (1964).

91. *Ehrlich, F.*, Über die Bedingungen der Fuselölbildung und über ihren Zusammenhang mit dem Eiweißaufbau der Hefe, Ber. dtsch. chem. Ges. 40, 1027—1047 (1907).
92. *Neubauer, O. und K. Fromhers*, Über den Abbau der Aminosäuren bei der Hefegärung, Z. physiol. Chem. 70, 326—350 (1910).
93. *Sentheshanmuganathan, S. und S. R. Elsden*, The mechanism of the formation of tyrosol by *saccharomyces cerevisiae*, Biochemical J. 69, 210—218 (1958).
94. *Yoshizawa, K., T. Furukawa, M. Tadenuma und M. Yamada*, The formation of higher alcohols in the fermentation of amino acids by yeast. The determination of alcohols with gaschromatography, Agric. Biol. Chem. (Tokio) 25, 326—332 (1961).
95. *Hough, J. S. und R. Stevens*, Beer flavour. IV. Factors affecting the production of fusel oil, J. Inst. Brewing 67, 488—494 (1961).
96. *Sentheshanmuganathan, S.*, The purification and properties of the tyrosine-2-oxoglutarate transaminase of *saccharomyces cerevisiae*, Biochemical J. 77, 619—625 (1960).
97. *Castor, J. G. B. und J. F. Guymon*, On the mechanism of formation of higher alcohols during alcoholic fermentation, Science 115, 147—149 (1952).
98. *Guymon, J. F., J. F. Ingraham und E. A. Crowell*, The formation of n-propyl alcohol by *saccharomyces cerevisiae*, Arch. Biophys. 95, 163—168 (1961).
99. *Kepner, R. E., J. G. B. Castor und A. D. Webb*, Conversion of α -amino-n-butyric acid to n-propanol during alcoholic fermentation, Arch. Biochem. Biophys. 51, 88—93 (1954).
100. *Thoukis, G.*, The mechanism of isoamyl alcohol formation using tracer techniques, Amer. J. Enol. Viticult. 9, 161—167 (1958).
101. *Genevois, L.*, Die Sekundärprodukte der alkoholischen Gärung, Brauwissenschaft 14, 52—55 (1961).
102. *Genevois, L. und J. Baraud*, By-products from the alcoholic fermentation — fusel oil composition, Ind. aliment. agric. 76, 837—844 (1959).
103. *Genevois, L. und M. Lafon*, Transformation of labelled acetate by yeast in anaerobic fermentation. Formation of succinic acid, isopropyl and isoamyl alcohols, and sterols, Bull. Soc. Chim. biol. 38, 89—97 (1956).
104. *Genevois, L. und M. Lafon*, Origin of fusel oil in alcoholic fermentation, Chim. et Ind. 78, 323—326 (1957).
105. *Äyräpää, T.*, Bildung höherer Alkohole aus ^{14}C -markiertem Valin und Leucin, J. Inst. Brewing 73, 17—30 (1967).
106. *Ylänen, L.*, Mutant strains of *saccharomyces yedo* producing excesses of fusel alcohols, J. Inst. Brewing 72, 50—56 (1966).
107. *Ingraham, J. L. und J. F. Guymon*, The formation of higher aliphatic alcohols by mutant strains of *saccharomyces cerevisiae*, Arch. Biochem. Biophys. 88, 157—166 (1960).
108. *Piendl, A.*, Brauereitechnologie und Molekularbiologie, Brauwissenschaft 22, 175—186 (1969).
109. *Drews, B. und J. Riemann*, Einfluß einiger gärungstechnologischer Faktoren auf den Gehalt des Bieres an höheren ali-

- phatischen Alkoholen und Isoamylacetat, *Mschr. Brauerei* 20, 254—268 (1967).
110. *Suomalainen, H. und H. Kahanpää*, Bildung von Fuselalkoholen aus Aminosäuren mit verzweigten Ketten, *J. Inst. Brewing* 69, 473—478 (1963).
111. *Holzer, H.*, Aspects of yeast metabolism, Verlag Blackwell, Oxford 1968, S. 155.
112. *Ingraham, J. L.*, Fusel oil formation by yeasts, *Techn. Quart. MBAA* 2, 85—87 (1965).
113. *Thorne, R. S. W.*, Nutritional requirements of brewer's yeast, *Brewer's Dig.* 27, 45—48 (1952).
114. *Suomalainen, H. und P. Ronkainen*, Keto acids in baker's yeast and in fermentation solution, *J. Inst. Brewing* 69, 478—483 (1963).
115. *Suomalainen, H. und T. Linnahalme*, Metabolites of α -keto-monocarboxylic acids formed by dried baker's and brewer's yeast, *Arch. Biochem. Biophys.* 114, 502—513 (1966).
116. *Co, H. und G. W. Sanderson*, Biochemistry of tea fermentation: Conversion of amino acids to black tea aroma constituents, *J. Food Sci.* 35, 160—164 (1970).
117. *Saijo, R. und T. Takeo*, The production of phenylacetaldehyde from L-phenylalanine in tea fermentation *Agric. biol. Chem. (Tokio)* 34, 222—226 (1970).
118. *Боровикова Л. А. и И. М. Ройтер*. Влияние длительности выпечки на содержание карбонильных соединений в хлебе. — «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1971, № 9, с. 5—7.
- 118a. *Mulders, E. J.*, The odour of white bread. IV. Quantitative determination of constituents in the vapour and their odour values, *Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch.* 151, 310—317 (1973).
119. *Peel, J. L.*, Ester formation by yeasts. 2. Formation of ethyl acetate by washed suspension of *Hansenula anomala*, *Biochem. J.* 49, 62—67 (1951).
120. *Tabachnick, J. und M. A. Joslyn*, Formation of esters by yeast. I. The production of ethyl acetate by standing surface cultures of *Hansenula anomala*, *J. Bact.* 65, 1—9 (1953).
121. *Peynaud, E.*, Sur la formation d'acétate d'éthyl par les levures de vin, *Ind. agric. aliment.* 73, 253—257 (1956).
122. *Prescott, S. C. und C. G. Dunn*, *Industrial Microbiology*, McGraw-Hill Book Co., New York 1959, S. 239.
123. *Nordström, K.*, Formation of ethyl acetate in fermentation with brewer's yeast, *J. Inst. Brewing* 67, 173—181 (1961).
124. *Sandegren, E. und L. Enebo*, Biochemical aspects of the continuous alcoholic fermentation, *Wallerstein Lab. Comm.* 24, 269—279 (1961).
125. *Nordström, K.*, Formation of ethyl acetate in fermentation with brewer's yeast. II. Kinetics of the formation from ethanol and influence of acetaldehyde, *J. Inst. Brewing* 68, 188—196 (1962).
126. *Nordström, K.*, Formation of esters from acids by brewer's yeast. I. Kinetic theory and basic experiments, *J. Inst. Brewing* 69, 310—322 (1963).

127. *Nordström, K.*, Formation of ethyl acetate in fermentation with brewer's yeast. IV. Metabolism of acetylcoenzyme A, *J. Inst. Brewing* 69, 142—153 (1963).
128. *Nordström, K.*, Formation of volatile esters by brewer's yeast, *Brewer's Dig.* 40, H. 11, 60—67 (1965).
129. *Suomalainen, H. und L. Nykänen*, The formation of aroma compounds by yeast in sugar fermentation, *Suomen Kemistilehti* B 37, 230—232 (1964).
130. *Wucherpfennig, K. und G. Bretthauer*, Über die Bildung von flüchtigen Aromastoffen in Apfelwein in Abhängigkeit von der Mostverarbeitung sowie von der verwendeten Heferasse, *Dtsch. Lebensmittel-Rdsch.* 64, 63—67 (1968).
131. *Vogt, E.*, Weinbau und Weinbereitung. VI. Erzeugnisse der Alkoholgärung, *Handbuch der Lebensmittelchemie* VII. Alkoholische Genußmittel, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1968, S. 228—232.
132. *Ribéreau-Gayon, P.*, L'acétate d'éthyle dans les vins, son dosage par chromatographie en phase gazeuse, *Anal. Plant. Mat. Vegetab.* 11, 249—255 (1964).
133. *Беззубов А. А., А. К. Родопуло и И. А. Егоров*. Исследование компонентов, ответственных за аромат (вины) мадеры. — «Виноделие и виноградарство СССР», 1971, № 1, с. 14—16.
134. *Bayer, E. und L. Bässler*, Systematische Identifizierung von Estern im Weinaroma. II. Mitteilung zur systematischen Identifizierung verdampfbarer organischer Substanzen, *Z. analyt. Chem.* 181, 418—424 (1961).
135. *Baker, J. C. und M. D. Mize*, Some observations regarding the flavour of bread, *Cereal Chem.* 16, 295—297 (1939).
136. *Heyns, K., R. Stute und H. Paulsen*, Bräunungsreaktionen und Fragmentierungen von Kohlenhydraten. Teil I. Die flüchtigen Abbauprodukte der Pyrolyse von D-Glucose, *Carbohydrate Res.* 2, 132—149 (1966).
137. *Hodge, J. E.*, Origin of flavour in foods. Nonenzymatic browning reactions, in *H. W. Schultz, E. A. Day und L. M. Libbey*, "Symposium on Foods: The Chemistry and Physiology of Flavours", The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Conn./ USA 1967, S. 465—491.
138. *Maillard, L. C.*, Action des acides aminés sur les sucres; formation des mélanoïdines par voie méthodique, *Compt. Rend.* 154, 66—68 (1912).
139. *Lea, C. H. und R. S. Hannan*, Studies of the reaction between proteins and reducing sugars in the "dry" state. I. The effect of activity of water, of pH and of temperature on the primary reaction between casein and glucose, *Biochem. Biophys. Acta* 3, 313 bis 325 (1949).
140. *Richards, E. L.*, Non-enzymic browning: The reaction between D-glucose and glycine in the dry state, *Biochem. J.* 64, 639—644 (1956).
141. *Täufel, K., H. Ruttloff und R. Friese*, Studien zur nichtenzymatischen Bräunungsreaktion unter dem Einfluß kinetischer und thermischer Energie, *Ernährungsforschung* 3, 536—545 (1958).
142. *Freimuth, U. und A. Trübsbach*, Versuche zur Maillard-Reaktion. 1. Mitt. Untersuchung der Umsetzung von β -Lactoglobulin

- mit Lactose im "trockenen" Zustand, Nahrung 13, 199—206 (1969).
143. Daniels, D. G. H., Fractionation of aqueous ethanolic extracts from bread, J. Sci. Food Agric. 22, 136—139 (1971).
144. Кретович В. Л. и А. Н. Пономарева. О значении аминокислот в реакции меланоидинообразования при выпечке хлеба. — «Биохимия», 1961, № 26, с. 237—245.
145. Linko, Y.-Y. und J. A. Johnson, Changes in amino acids and formation of carbonyl compounds during baking, J. agric. Food Chem. 11, 150—152 (1963).
- 145a. Linko, Y.-Y. und J. A. Johnson, The origin and fate of certain carbonyl compounds in white bread, Cereal Chem. 39, 468—476 (1962).
146. Hodge, J. E., Chemistry of browning reactions in model systems, J. agric. Food Chem. 1, 928—943 (1953).
147. Hodge, J. E., F. D. Mills und B. E. Fisher, Compounds of browned flavour derived from sugar-amine reactions, Cereal Sci. today 17, 34—40 (1972).
148. Reynolds, T. A., Flavours from nonenzymic browning reactions, Food Technol. Australia 22, 610—619 (1970).
149. Hodge, J. E., B. E. Fisher und E. C. Nelson, Dicarbonyls, reductones and heterocyclis produced by the reactions of reducing sugars with secondary amine salts, Amer. Soc. Brewing Chemists Proc. 1963, 84—92.
150. Anet, E. F. L. J., Degradation of carbohydrates. I. Isolation of 3-desoxyhexosones, Australian J. Chem. 13, 396—403 (1960).
151. Anet, E. F. L. J., Degradation of carbohydrates. II. The action of acid and alkali on desoxyhexosones, Australian J. Chem. 14, 295—301 (1961).
152. Anet, E. F. L. J., Formation of furan compounds from sugars, Chem. and Ind. (London), 1962, 262.
153. Anet, E. F. L. J., Degradation of carbohydrates. III. Unsaturated hexosones, Australian J. Chem. 15, 503—509 (1962).
154. Anet, E. F. L. J., Degradation of carbohydrates. IV. Formation of cis-unsaturated hexosones, Australian J. Chem. 16, 270—277 (1963).
155. Anet, E. F. L. J., Unsaturated sugars: Enols of 3-desoxy-D-glucosone, Chem. and Ind. (London) 1963, 1035—1036.
156. Anet, E. F. L. J., 3-desoxyglycosuloses, Advanc. Carbohydrate Chem. 19, 181—218 (1964).
157. Kato, H., Chemical studies on amino-carbonyl reaction. I. Isolation of 3-deoxypentosone and 3-deoxyhexosones formed by browning degradation of N-D-glucoside, Agric. Biol. Chem. (Tokio) 26, 187—192 (1962).
158. Kato, H., Chemical studies on amino-carbonyl reaction. II. Identification of D-glucosone formed by oxidative browning degradation of N-D-glucoside, Agric. Biol. Chem. (Tokio) 27, 461—466 (1963).
159. Simon, H. und G. Heubach, Zur Bildung alicyclischer und offenkettiger, stickstoffhaltiger Reduktone durch Einwirkung sekundärer Aminsalze auf Monosaccharide, Chem. Ber. 98, 3703—3711 (1965).
160. Rotsch, A., Über die Natur der beim Backen entstehenden Aromastoffe, Brot u. Gebäck 10, 162—166 (1956).

161. *Hodge, J. E. und H. A. Moser*, Flavour of bread and pastry upon addition of maltol, isomaltol and galactosylisomaltol, Cereal Chem. 38, 221—228 (1961).
162. *Hodge, J. A. und E. C. Nelson*, Preparation and properties of galactosylisomaltol and isomaltol, Cereal Chem. 38, 207—221 (1961).
163. *Shimizu, Y., S. Matsuto, Y. Mizunuma und I. Okada*, Studies on the flavours of roasted barley (Mugi-cha). VI. Separation and identification of 5-hydroxymaltol, maltol, 5-methyl-cyclopent-2-en-ol-1-on and other compounds, Agric. Biol. Chem. (Tokio) 34, 845—853 (1970).
164. *Patton, S.*, The formation of maltol in certain carbohydrate-glycine systems, J. Biol. Chem. 184, 131—134 (1950).
165. *Gianturco, M. A., A. S. Giammarino und R. G. Ritcher*, Structures of five cyclic diketones isolated from coffee, Tetrahedron 19, 2051—2059 (1963).
166. *Dietrich, P., E. Lederer, M. Winter und M. Stoll*, Flavors. XI. Cocoa flavor, Helv. Chim. Acta 47, 1581—1590 (1964).
167. —, Pfizer flavor enhancer making its debut today, Oil Paint Drug Repr. 181, Nr. 3, 52 (1962).
168. *Olsen, R. D.*, 15 ppm maltol replaces 5—15 per cent sugar in beverages, Food Processing 25, Nr. 1, 95 (1964).
169. *von Eijk, A.*, Austausch von Zucker durch Zuckerersatzstoffe in Lebensmitteln: Organoleptische Probleme, Ernährungswirtschaft 1972, 410—416.
170. *Schönberg, A., R. Moubacher und A. Mostofa*, Degradation of α -amino acids to aldehydes and ketones by interaction with carbonyl compounds, J. Chem. Soc., 1948, 176—182.
171. *Schönberg, A. und R. Moubacher*, The Strecker degradation of α -amino acids, Chem. Rev. 50, 261—277 (1952).
172. *Johnson, J. A. und A. A. El-Dash*, Role of nonvolatile compounds in bread flavour, J. agric. Food Chem. 17, 740—746 (1969).
173. *Boelens, H. und J. Heydel*, Chemische Konstitution und Geruch. Eine Studie über strukturelle Eigenschaften chemischer Verbindungen mit verschiedenen Geruchscharakteristiken, Chemiker-Z. 97, 8—15 (1973).
174. *Goldman, I. M., J. Seidl, I. Flament, F. Gautschi, M. Winter, B. Willhalm und M. Stoll*, Recherches sur les arômes. 14 communication. Sur l'arôme de café, II. Pyrazines et pyridines, Helv. Chim. Acta 50, 694—705 (1967).
175. *Bondurovich, H. A., P. Friedel, V. Krampf, J. A. Renner, F. W. Shephard und M. A. Gianturco*, Volatile constituents of coffee. Pyrazines and other compounds, J. agric. Food Chem. 15, 1093—1099 (1967).
176. *Friedel, P., V. Krampf, T. Radford, J. A. Renner, F. W. Shephard und M. A. Gianturco*, Some constituents of the aroma complex of coffee, J. agric. Food Chem. 19, 530—532 (1971).
177. *Dietrich, P., E. Lederer, M. Winter und M. Stoll*, Recherches sur les arômes. 11-e communication. Sur l'arôme du cacao, Helv. Chim. Acta 47, 1581—1590 (1964).
178. *Rizzi, G. P.*, The occurrence of simple alkylpyrazines in cocoa butter, J. agric. Food Chem. 15, 549—551 (1967).

179. *van Praag, M., H. S. Stein und M. S. Tibbetts*, Steam volatile aroma constituents of roasted cocoa beans, *J. agric. Food Chem.* 16, 1005—1008 (1968).
180. *van der Wal, B., D. K. Kettenes, J. Stoffelsma, G. Sipma und A. T. J. Semper*, New volatile components of roasted cocoa, *J. agric. Food Chem.* 19, 276—280 (1971).
181. *Mason, M. E., B. Johnson und M. Hamming*, Flavor components of roasted peanuts. Some low molecular weight pyrazines and a pyrrole, *J. agric. Food Chem.* 14, 454—460 (1966).
182. *Newell, J. A., M. E. Mason und R. S. Matlock*, Precursors of typical and atypical roasted peanut flavor, *J. agric. Food Chem.* 15, 767—772 (1967).
183. *Deck, R. E. und S. S. Chang*, Identification of 2,5-dimethyl-pyrazine in the volatile flavour compounds of potato chips, *Chem. and Ind.*, 1965, 1343—1344.
184. *Buttery, R. G., R. M. Seifert, D. G. Guadagni und L. C. Ling*, Characterization of volatile pyrazine and pyridine components of potato chips, *J. agric. Food Chem.* 19, 969—971 (1971).
185. *Watanabe, K. und Y. Sato*, Some alkyl-substituted pyrazines and pyridines in the flavor components of shallow fried beef, *J. agric. Food Chem.* 19, 1017—1019 (1971).
186. *Dawes, I. W. und R. A. Edwards*, Methyl substituted pyrazines as volatile reaction products of heated aqueous, aldose, amino-acid mixtures, *Chem. and Ind.*, 1966, 2203.
187. *Ferretti, A. und V. P. Flanagan*, The lactose-casein (Maillard) browning system: Volatile components, *J. agric. Food Chem.* 19, 245—249 (1971).
188. *Wang, P. S., H. Kato und M. Fujimaki*, Studies on flavor components of roasted barley. Part III. The major volatile basic compounds, *Agric. Biol. Chem. (Tokio)* 33, 1775—1781 (1969).
189. *Winter, M.*, The use of pyrazine derivates as flavour modifying substances, *Schweizer Pat. Nr. 465377* (1968); ref. in *Dairy Sci. Abstr.* 31, 366/2429 (1969).
190. *Parliment, T. H., W. P. Clinton, R. J. Soukup, M. F. Epstein und R. Scarpellino*, Nahrungs- und Genussmittel, insbesondere Kaffee, mit verbessertem Aroma, *DBP Nr. 2042761* vom 11.3. 1971.
191. *van Praag, M.*, Aromatisierungsverfahren und neue aromabende Zusammensetzungen, *DBP Nr. 1767236* vom 2.9. 1971.
192. *Buttery, R. G., R. M. Seifert, R. E. Lundin, D. G. Guadagni und L. Ling*, Characterisation of an important aroma component of bell peppers, *Chem. and Ind. (London)*, 1969, 490—491.
193. *Seifert, R. M., R. G. Buttery, D. G. Guadagni, D. R. Black und J. G. Harris*, Synthesis of some 2-methoxy-3-alkylpyrazines with strong bell pepper-like odors, *J. agric. Food Chem.* 18, 246—249 (1970).
194. *Murray, K. E., J. Shipton und F. B. Whitfield*, 2-Methoxypyrazines and the flavour of green peas (*Pisum sativum*), *Chem. and Ind. (London)*, 1970, 897—898.
195. *Reineccius, G. A., P. G. Keeney und W. Weissberger*, Factors affecting the concentration of pyrazines in cocoa beans. *J. agric. Food Chem.* 20, 202—206 (1972).

196. *Koehler, P. E., M. E. Mason und J. A. Newell*, Formation of pyrazine compounds in sugar-amino acid model systems, *J. agric. Food Chem.* 17, 393—396 (1969).
197. *Daniel, R., J.-P. Marion, R. Viani und R. Reymond*, Dosage des pyrazines dans les aliments, *Mitt. Gebiete Lebensmittelunters. u. Hyg.* 60, 397—403 (1969).
198. *Kato, S. und T. Kurata*, Pyrolysis of β -hydroxy amino acids, especially L-serine, *Agric. Biol. Chem. (Tokio)* 34, 1826—1832 (1970).
199. *Hunter, I. R., M. K. Walden, W. H. McFadden und J. W. Pence*, Production of bread-like aromas from proline and glycerol, *Cereal Sci. today* 11, 493—496, 500 (1966).
200. *Nishimura, K. und M. Masuda*, Minor constituents of whisky fusel oils. I. Basis, phenolic and lactonic compounds, *J. Food Sci.* 36, 819—822 (1971).
201. *Wobben, H. J., R. Timmer, R. ter Heide und P. J. de Valois*, Nitrogen compounds in rum and whiskey, *J. Food Sci.* 36, 464—465 (1971).
202. *Журавлева И. Л. и Р. В. Головня*. О составе ароматических композиций, обуславливающих запах рыбных продуктов, в том числе зернистой осетровой и лососевой икры. Обзор. Отдел научно-технической информации ВНИИ морского рыбного хозяйства и океанографии, М., 1967.
203. *Головня Р. В.* К газохроматографическому анализу аминов, как ароматообразующих компонентов пищевых продуктов.—“Ernährungsforschung”, 1970, № 15, с. 333—347.
204. *Головня Р. В., И. Л. Журавлева и С. Н. Карапетян*. Синтез алифатических аминов молочнокислыми бактериями типа *Streptococcus Lactis*. — «Биохимия», 1969, № 34, с. 853—860.
205. *Koehler, P. E., M. E. Mason und G. V. Odell*, Odor threshold levels of pyrazine compounds and assessment of their role in the flavor of roasted foods, *J. Food Sci.* 36, 816—818 (1971).
206. *Mecham, D. K. und M. M. Bean*, The release of hydrogen sulfide during dough mixing, *Cereal Chem.* 45, 445—453 (1968).
207. *Ocker, H. D. und A. Rotsch*, Quantitative Bestimmung von Merkaptan als Bestandteil des flüchtigen Brot- und Gebäckaromas, *Brot u. Gebäck* 13, 165—168 (1959).
208. *Ballance, P. E.*, Production of volatile compounds related to the flavour of foods from the Strecker degradation of DL-methionine, *J. Sci. Food Agric.* 12, 532—536 (1961).
209. *Self, R., H. L. J. Rolby und A. E. Joyce*, Some volatile compounds from cooked potatoes, *J. Sci. Food Agric.* 14, 8—14 (1963).
210. *Krause, M.*, Über die Möglichkeit der quantitativen Erfassung von Methional in Lebensmitteln über eine Mikro-Schwefelbestimmung, Diplomarbeit am Institut für Lebensmittelchemie und- technologie der Humboldt-Universität, Berlin, 1964.
211. *Rothe, M., G. Wölm und E. Bethke*, Verfahren zur Aromatisierung von Weißbrot, DDR-Wirtschaftspatent Nr. 99293, vom 25. 10. 1972.
212. *Moncrieff, R. W.*, Flavour sensory factors, *Food Proc. Marketing* 38, 18—23 (1969).

213. *Scalan, R. A., L. A. Sather und E. A. Day*, Contribution of free fatty acids to the flavour of rancid milk, *J. Dairy Sci.* 48, 1582—1584 (1965).
214. *Groepeler, P. und W. Schäfer*, Die Bestimmung der Fettsäurezahl als Nachweis der Gesundheit bei deutschem Weizen, *Getreide u. Mehl* 8, 28—30 (1958).
215. *Baker, D., M. H. Neustadt und L. Zeleny*, Relationships between fat acidity values and types of damage in grain, *Cereal Chem.* 36, 308—311 (1959).
216. *Rothe, M. und J. Stöckel*, Der Fettsäuregrad als Maßzahl zur Beurteilung von Getreide, *Getreidemühle* 5, 156—157, 182—183 (1961).
217. *Rothe, M. und J. Stöckel*, Zur Qualitätsbeurteilung von Weizenkeimlingen, *Getreidemühle* 6, 310—313 (1962); 7, 89—90 (1963).
218. *Rothe, M., J. Stöckel und R. Heckel*, Gesundheitszustand und Lipaseaktivität von Roggen, *Ernährungsforschung*, 12, 265—271 (1967).
219. *Spicher, G. und E. Tessmer*, Über die Ursachen des Seifigwerdens von Mürbteigen, Brot. u. Gebäck 11, 211—214 (1957).
220. *Dierchen, W.*, Über das Verderben von Waffelfüllungen durch den Mikrobengehalt von Rohstoffen, *Brot u. Gebäck* 7, 140—143 (1953).
221. *Gross, A. F. und P. E. Ellis*, Lipase activity in spices and seasonings, *Cereal Sci. today* 14, 332, 335 (1969).
222. *Dahle, L.*, Factors affecting oxidative stability of carotenoid pigments of durum milled products, *J. agric. Food Chem.* 13, 12—15 (1965).
223. *Guss, P. L., T. Richardson und M. A. Stahmann*, Oxidation of various unfractionated soybean and wheat lipoxidase, *J. Amer. Oil Chemist's Soc.* 45, 272—276 (1968).
224. *Matsuo, R. R., J. W. Bradley und G. N. Irvine*, Studies on pigment destruction during spaghetti processing, *Cereal Chem.* 47, 1—5 (1970).
225. *Rothe, M.*, Über ein neues Stabilisierungsverfahren für Weizenkeime, *Nahrung* 7, 579—587 (1963).
226. *Heiss, R.*, Über die Geschmacksveränderungen von Hafererzeugnissen bei der Lagerung und deren Beeinflussung, *Dtsch. Lebensmittel-Rdsch.* 48, 129—133, 160—165 (1952).
227. *Purr, A.*, Über die Qualitätsbeeinflussung von Hafererzeugnissen, IV. Mitteilung. Beitrag zur Frage der Bildung von Antioxidantien bei der Herstellung von Hafererzeugnissen, *Dtsch. Lebensmittel-Rdsch.* 49, 186—190, 205—213 (1953).
228. *Rothe, M., K. Feller und L. Tunger*, Biochemische Grundlagen der Haferpräparierung, *Mühle* 103, 117—119, 133—134 (1966).
229. *Gardner, H. W., G. E. Inglett, W. L. Deatherage, W. F. Kwolek und R. A. Anderson*, Food products from corn germ: Evaluation as a food supplement after roll-cooking, *J. Food Sci.* 36, 640—644 (1971).
230. *Rothe, M.*, Verfahren zur Erhaltung des Frischezustandes und der biologischen Vollwertigkeit von Getreideprodukten, DDR-Wirtschaftspatent Nr. 26827 vom 23.1. 1964, Nr. 35061 vom 25.2. 1965.

231. *Täufel, K. und M. Rothe*, Peroxydase im autoxydativen Geschehen pflanzlicher Samen, Fette, Seifen, Anstrichmittel 67, 907—910 (1965).
232. *Täufel, K. und R. Müller*, Zur Chemie des Verderbens der Fette. X. Die Beteiligung der Katalase, Biochem. Z. 304, 275—284 (1940).
233. *Täufel, K. und R. Müller*, Zur Chemie des Verderbens der Fette. XVIII. Mitt. Zur Wirkungsweise des fettantioxygenen Komplexes aus Hafermehl, Biochem. Z. 315, 381—390 (1943).
234. *Heimann, W.*, Über biologische antioxygene Systeme, Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 99, 141 (1954).
235. *Bungenberg de Jong, H. L., W. J. Klaar und J. A. Vliegenthart*, Glycosides and their importance in the wheat germ, Ber. 3. Internat. Brotkongreß Hamburg, 1955, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung Detmold, 1956, S. 29—33.
236. Кретович В. Л. и В. С. Раль. Антиоксиданты масличных культур. — «Биохимия зерна», 1956, № 3, с. 188—194.
237. *Daniels, D. G. H., H. G. C. King und H. F. Martin*, Isolation of a new antioxidant from oats, Nature (London) 191, 1302 (1961).
238. *Daniels, D. G. H., H. G. C. King und H. F. Martin*, Antioxidants in oats: Esters of phenolic acids, J. Sci. Food Agric. 14, 385—390 (1963).
239. *Daniels, D. G. H. und H. F. Martin*, Antioxydants in oats: Glycerol esters of coffeeic and ferulic acids, J. Sci. Food Agric. 19, 710—712 (1968).
240. *Rothe, M.*, Über das Bitterwerden von Cerealien. III. Zur Frage des Reaktionsmechanismus, Fette, Seifen, Anstrichmittel 57, 425—428 (1955).
241. *Mohr, W.*, Über die Qualitätsbeeinflussung von Hafererzeugnissen. III. Vorbericht über einen wasserlöslichen Butterstoff aus Hafer, Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. 49, 127 bis 131 (1953).
242. *Rohrlich, M. und G. Train*, Isolierung eines bitterschmeckenden Glykosids aus Hafer, Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 99, 346—351 (1954).
243. *Hottenroth, B. und W. Mohr*, Untersuchungen über den wasserlöslichen Bitterstoff aus Hafer, Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. 52, 225—228 (1956).
244. *Drapron, R. und Y. Beaux*, Rôle de la lipoxygenase dans la formation de composés volatils intervenant dans l'arôme du pain, Ber. 5. Welt-Getreide- u. Brotkongreß Dresden, Eigenverlag Inst. Getreideverarbeitung Bergholz-Rehbrücke 1970, Bd. 5, S. 221—226.
245. *Drapron, R.*, Le goût du pain, Bull. anciens élèves Ecole Franc. Meun. 244, 127—132 (1972).
246. *Martin, H. F.*, Factors in the development of oxidative rancidity in ready-to-eat crisp oatflakes, J. Sci. Food Agric. 9, 817—824 (1958).
247. *Pattee, H. E. und J. A. Singleton*, Comparison of geographical and varietal effects on the peanut volatile profile by peak-ratio analysis, J. agric. Food Chem. 20, 1119—1124 (1972).
248. *Flath, R. A., D. R. Black, D. G. Guadagni, W. H. McFadden und T. H. Schultz*, Identification and organoleptic evaluation of

- compounds in Delicious Apple essence, *J. agric. Food Chem.* 15, 29—35 (1967).
249. *Winter, M. und B. Willhalm*, Flavors. Flavor of fresh strawberries. Analysis of the carbonyl compounds, esters and volatile alcohols, *Helv. Chim. Acta* 47, 1215—1227 (1964).
250. *Hultih, H. O. und B. E. Proctor*, Changes in some volatile constituents of the banana during ripening, storage and processing, *Food Technol.* 15, 440—444 (1961).
251. *Forss, D. A., E. A. Dunstone, E. H. Ramshaw und W. Stark*, The flavor of cucumbers, *J. Food Sci.* 27, 90—93 (1962).
252. *Chang, S. S.*, 65 compounds make up potato chip flavor, *Food Engng.* 39, II, 10, 154 (1967).
253. *Dougherty, J. D., R. D. Campbell und R. L. Morris*, Actinomycetes; isolation and identification of agent responsible for musty odors, *Science* 152, 1372—1373 (1966).
254. *Gerber, N. N.*, Geosmin, an earthy-smelling substance isolated from actinomycetes, *Biotechnol. Bioengng.* 9, 321—327 (1967).
255. *Gerber, N. N.*, Sesquiterpenoids from actinomycetes. Cadin-4-ene-1-ol, *Phytochemistry* 10, 185—189 (1971).
256. *Rosen, A. A., C. I. Mashui und R. S. Safferman*, Chemistry of odor in water: Cause of earthy/musty odor, *Water Treat. Exam.* 19, 106—119 (1970).
257. *Harvey, R. J. und E. B. Collins*, Roles of citrate and acetoin in the metabolism of *Streptococcus diacetilactis*, *J. Bacteriol.* 86, 1302—1307 (1963).
258. *Pette, J. W.*, Some aspects of the butter aroma problem, *Proc. 12th Internat. Dairy Congress* 2, 572—579 (1949).
259. *de Man, J. C.*, The formation of diacetyl in cultures of *Bacillus cremoris*, *Neth. Milk Dairy J.* 10, 38—52 (1956).
260. *Seitz, E. W., W. E. Sandine, P. R. Elliker und E. A. Day*, Distribution of diacetyl reductase among bacteria, *J. Dairy Sci.* 46, 186—189 (1963).
261. *Seitz, E. W., W. E. Sandine, P. R. Elliker und E. A. Day*, Studies on diacetyl biosynthesis by *Streptococcus diacetilactis*, *Can. J. Microbiol.* 9, 431—441 (1963).
262. *Suomalainen, H. und P. Ronkainen*, Mechanism of diacetyl formation in yeast fermentation, *Nature* 220, 792—793 (1968).
263. *Suomalainen, H.*, Trends in physiology and biochemistry of yeasts, *J. Microbiol. Serol.* 35, 83—111 (1969).
264. *Speckmann, R. A. und E. B. Collins*, Diacetyl biosynthesis in *Streptococcus diacetilactis* and *Leuconostoc citrovorum*, *J. Bacteriol.* 95, 174—180 (1968).
265. *Chuang, L. F. und E. B. Collins*, Biosynthesis of diacetyl in bacteria and yeast, *J. Bacteriol.* 95, 2083—2089 (1968).
266. *Rothe, M., G. Wölm, L. Tunger und H.-J. Siebert*, Schwellenkonzentrationen von Aromastoffen und ihre Nutzung zur Auswertung von Aromaanalysen, *Nahrung* 16, 483—495 (1972).
267. *Rothe, M.*, Zur Frage der Geruchsentwicklung in fadenziehendem Brot, *Ernährungsforschung* 8, 432—439 (1963).
268. *Sciborski, J.*, Bestimmung von Diacetyl und anderen aromawirksamen Stoffwechselprodukten des *Bac. mesentericus* im Verlauf seiner Entwicklung in Weißbrot, *Diss. Humboldt-Universität Berlin*, 1973.

269. *Rothe, M. und B. Thomas*, Aromastoffe des Brotes. Versuch einer Auswertung chemischer Geschmacksanalysen mit Hilfe des Schwellenwertes, *Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch.* 119, 302—310 (1963).
270. *Drews, B., H. Specht und G. Trénel*, Acetoin und seine Umwandlungsprodukte im Bier, *Mschr. Brauerei* 18, 259—264 (1965).
271. *Calbert, H. E. und W. V. Price*, A study of the diacetyl in cheese. I. Diacetyl content and flavor of Cheddar cheese, *J. Dairy Sci.* 32, 515—520 (1949).
272. *Csiszar, J., A. Bakos und G. Tomka*, Acetoin-biacetyl in cheese. III. Correlation of quality and acetoin-biacetyl content of cheese, *Tejgazdaság* 2, 74—79 (1942).
273. *Murdock, D. I.*, Diacetyl test as a quality control tool in processing frozen concentrated orange juice, *Proc. Florida State Hort. Soc.* 79, 312—321 (1966).
274. *Reiter, B. und A. Moller-Madsen*, Reviews of the progress of dairy science. Section B. Cheese and butter starters, *J. Dairy Res.* 30, 419—456 (1963).
275. *Teranishi, R., R. A. Flath, D. G. Guadagni, R. E. Lundin, T. R. Mon und K. L. Stevens*, Gas chromatographic, infrared, proton magnetic resonance, mass spectral and threshold analyses of all pentyl acetates, *J. agric. Food Chem.* 14, 253—262 (1966).
276. *Rothe, M. und G. Wölm*, Analytische Bewertung der Qualität von Weinbrand, *Ernährungsforschung* 15, 309—318 (1970).
277. *Badings, H. T.*, Flavor of fresh butter and of butter with cold-storage defects in relation to the presence of cis-4-heptenal, *Nederl. Melk- en Zuiveltijdschr.* 19, 69—72 (1965).
278. *Haverkamp Begemann, P. und J. C. Koster*, 4-cis-Heptenal: a cream-flavoured component of butter, *Nature (London)* 202, 552—553 (1964).
279. *Mukerji, S. K. und H. L. Sharma*, Investigation of the offensive odor of Hemiptera bugs, *Tetrahedron Letters*, 1966, 2479—2481.
280. *Thomas, B.*, Brotfehler Nr. 1: zu kurze Backzeit, *Bäcker u. Konditor* 14, 40—43 (1960).
281. *Seibel, W. und H. Stephan*, Zur Entwicklung des Brotsortiments in den 70er Jahren, *Brot u. Gebäck* 24, 61—66 (1970).
282. *Wie kann die Brotqualität verbessert werden?*, *Bäcker u. Konditor* 11, 34, 65—66 (1964).
283. *Rothe, M. und G. Rehfeld*, Einflußfaktoren auf den Brotverzehr. II. Brotqualität, Sortiment und Verzehrmenge, *Ernährungsforschung* 12, 377—392 (1967).
284. *Thomas, B.*, Die Bedeutung der Getreideerzeugnisse in der Ernährung des Menschen, *Ber. 5. Welt-Getreide- u. Brotkongreß Dresden, Eigenverlag Inst. Getreideverarbeitung Bergedorf-Rehbrücke, Bd. 2*, S. 5—18.
285. *Schulz, A.*, Ist der Brotgeschmack ein wesentliches Qualitätsmerkmal?, *Weckruf* 51, 495—496 (1964).
286. *Svenson, J.*, Der Einfluß des Backprozesses auf den Brotgeschmack, *Brot u. Gebäck* 20, 233—240 (1966).
287. *Cotton, R. H.*, Neue Entwicklung in der Bäckereitechnologie in den USA, *Brot u. Gebäck* 15, 53—57 (1961).

288. *Pence, J. W. und G. O. Kohler*, Untersuchungen über Brotgeschmack im US-Department für Landwirtschaft, Brot u. Gebäck 15, 129—134 (1961).
289. *Schulerud, A.*, Schicksal des Roggens in Norwegen, Ber. Internat. Roggenkonferenz Poznán 1965, Zaklad Badawczy Przemyslu Piekarniczego Warszawa, 1965, Bd. 2, VI, 1—5.
290. *Pelshenke, P. F.*, Die einzelnen Brotsorten, in "Brotgetreide und Brot", Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg 1954, S. 489.
291. *Gehrke, H.*, Hauptaufgaben im Perspektivplanzeitraum 1971—1975, Bäcker u. Konditor 18, 297—299 (1970).
292. *Rothe, M.*, Neue ernährungsphysiologisch wertvolle Brotsorten im Kommen, Bäcker u. Konditor 17, 294—295 (1969).
293. *Rothe, M. und E. Böhme*, Zur Bestimmung einzelner Carbonylverbindungen in Getreideprodukten, Ernährungsforschung 12, 295—298 (1967).
294. *Bailey, C. H. und E. Munz*, The march of expansion and temperature in baking bread, Cereal Chem. 15, 413—418 (1938).
295. *Schneeweiss, R.*, Über die Möglichkeiten zur Verkürzung der Backzeiten und ihre Grenzen, Brot u. Gebäck 16, 64—70 (1962).
296. *Schneeweiss, R.*, Der Temperaturverlauf beim Backprozeß und sein Einfluß auf die Qualität des Brotes, Mitt. Inst. Getreideverarbeitung Bergholz—Rehbrücke 5, 129—135 (1965).
297. *Jackel, S. S. und E. Ersoy*, Bread fermentation flavour — development and evaluation, Baker's Dig. 35, H. 8, 46—52, 94—95 (1961).
298. *Götsche, E. A.*, Beeinflussung der Rösche bei Brötchen, Brot u. Gebäck 11, 237—240 (1957).
299. *Selman, R. W.*, Leavening by oxygen is key to new baking process, Baker's Dig. 27, 67—68, 73 (1953).
300. *Lüddecke, J., J. Seidemann und P. Reichelt*, Verfahren zur Erhöhung der Ausbeute von Teig und Brot, DDR-Wirtschaftspatent Nr. 80872 vom 5.4. 1971.
301. *Rotsch, A. und A. Schulz*, Geschmacks- und Aromastoffe von Brot und Backwaren, in "Taschenbuch für die Bäckerei und Dauerbackwarenherstellung", Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1958, S. 199—204.
302. *Miller, J. A., C. S. McWilliams und S. A. Matz*, Development of the leavening system for an instant bread mix, Cereal Chem. 36, 487—497 (1959).
303. *Rotsch, A. und A. Schulz*, Brotherstellung. I. Weizenbrot, in "Taschenbuch für die Bäckerei und Dauerbackwarenherstellung", Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1958, S. 146—149.
304. *Rotsch, A. und A. Schulz*, Rationeller Einsatz der Hefe bei der Kleingebäckherstellung in "Taschenbuch für die Bäckerei und Dauerbackwarenherstellung" Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1958, S. 259—260.
305. *Schulz, A.*, Untersuchungen über die Weizenvorteigführungen, Brot u. Gebäck 12, 242—251 (1958).
306. *Schulz, A. und H. Stephan*, Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität und des Geschmackes von Weizen- und Weizenmischbrot, Brot u. Gebäck 16, 203—209 (1962).

307. *Schulz, A.*, Der Einsatz von Propionsäurebakterien bei der Weizenbrotherstellung, *Brot u. Gebäck* 17, 117—118 (1963).
308. *Tunger, L.*, Moderne Teigbereitung in ihrem Einfluß auf Geschmack und Konsistenz des Brotes, *Nahrung* 15, 437—461 (1971).
309. *Eggitt, P. W. R. und J. B. M. Coppock*, An approach to continuous mixing, *Cereal Sci. today* 10, 406—410, 474—475 (1965).
310. *Oweson, A.*, Backen in USA (schwedisch), *Bröd* 68, H. 4, 6—13 (1967).
311. *Bond, E. E.*, Technological advances mean greater complexities for the bread manufacturer, *Australian Baker and Miller* J. 71, H. 12, 39—43 (1968).
312. *Calvel, R.*, Petrisse et panification, *Bull. anciens Élèves École Franç. Meunerie* 217, 19—24 (1967).
313. *Tipples, K. H.*, Recent advances in baking technology, *Baker's Dig.* 41, H. 3, 18—27, 75 (1967).
314. *Tsen, C. C. und W. Bushuk*, Reactive and total sulphydryl and disulfide contents of flours of different mixing properties, *Cereal Chem.* 45, 158—162 (1968).
315. *Bond, E. E.*, Der Begriff des "No-time" -Teigverfahrens in Beziehung auf die Knetbedingungen, *Brot u. Gebäck* 21, 173, 176—180 (1967).
316. *Dodds, N.*, Improvers for bread and cake flours, *Food Manufact.*, Sonderheft "Ingredient Survey", März, 1969, 15—17.
317. *Stephan, H. und G. Morgenstern*, Untersuchungen über die Schnellknetung, *Mühlerei* 20, 351—352 (1967).
318. *Chamberlain, N. und G. Elton*, Moderne Verfahren der Teigbereitung, *Ber. 3. Tagung Internat. Probleme moderner Getreideverarb. u. Getreidechemie*, Teil 2, Eingenverlag Inst. Getreideverarbeitung Bergholz-Rehbrücke, 1967, S. 11—18.
319. *Jongh, G.*, Kann der Backprozeß vereinfacht werden?, *Brot u. Gebäck* 12, 155—159 (1958).
320. *Axford, D. W., E. N. Chamberlain, H. H. Collins und G. Elton*, The Chorleywood-Process, *Cereal Sci. today* 8, 265—270 (1963).
321. *de Ruijter, D.*, Some observations on the effects of different breadmaking systems, *Baker's Dig.* 42, H. 5, 24—33 (1968).
322. *Cole, E. W., W. S. Hale und J. W. Pence*, The effect of proofing and baking on concentrations of organic acids, carbonyl compounds, and alcohols in bread doughs prepared from pre-ferments, *Cereal Chem.* 40, 260—265 (1963).
323. *de Ruijter, D.*, Verkürzung der Brotherstellung durch intensiveres Kneten, *Brot u. Gebäck* 19, 27—34 (1965).
324. *Collyer, D. M.*, Fermentation products in bread. Flavor and aroma, *J. Sci. Food Agric.* 17, 440—445 (1966).
325. *Redfern, S., H. Gross, R. L. Bell und F. Fischer*, Research with a pilot scale continuous breadmaking unit. V. Effect of brew fermentation time and make-up on flavor of continuous-process bread, *Cereal Sci. today* 13, 324—326 (1968).
326. *Kilborn, R. H. und K. H. Tipples*, Sponge-and-dough-type bread from mechanicallydeveloped doughs, *Cereal Sci. today* 13, 25—28, 30 (1968).
327. *Elias, D. G. und B. H. Wragg*, Continuous breadmaking — New British techniques, *Cereal Sci. today* 8, 271—272, 295—296 (1963).

328. *Henika, R. G. und M. R. Henselman*, Stable brew concentrate for whey cysteine batch breadmaking methods, *Cereal Sci.* today 14, 248—253 (1969).
329. *Henika, R. G., W. H. Hoyer und S. F. Zenner*, Whey/cysteine in full scale continuously mixed bread production, *Baker's Dig.* 41, H. 3, 34—37 (1967).
330. *Henselman, M. R., R. G. Henika und W. H. Hoyer*, Master brew concentrate utilising whey, cysteine reactions, *Cereal Sci.* today 14, 308—310 (1969).
331. *Bread* flavor improvement, *Brit. Patent Nr. 1005804/805; Food Technol.* 20, 310 (1966).
332. *Bread* with improved texture and flavour, *Brit. Patent Nr. 1114436.*
333. *Johnson, J. A. und A. El-Dash*, Bread flavor concepts, *Baker's Dig.* 41, H. 5, 74—78 (1967).
334. *Dibble, W. E.*, The case for batch process bread. *Proc. 43th Ann. Meet. ASBE, Chicago, 1967*, S. 88—91.
335. *Lorenz, K. und A. B. Habighurst*, Variety breads made continuously, *Cereal Sci.* today 11, 406—408, 428—429 (1966).
336. *Роутер И. М. и А. И. Скорикова*. К проблеме качества хлеба. — «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1967, № 4, с. 9—13.
337. *Rothe, M., L. Tunger und G. Wölm*, Verkürzte Teigbereitung bei Weißbrot und ihr Einfluß auf das Aroma. 1. Mitt. Carbonylverbindungen und Äthanol, *Nahrung* 16, 507—516 (1972).
338. *Wölm, G., L. Tunger und M. Rothe*, Verkürzte Teigbereitung bei Weißbrot und ihr Einfluß auf das Aroma. 2. Mitt. Alkanole als Aroma-Index *Nahrung* 18, 157—164 (1974).
- 338a. *Wölm, G. u. M. Rothe*, Verkürzte Teigbereitung bei Weißbrot und ihr Einfluß auf das Aroma. 3. Mitt. Einfluß der Hefemenge, *Nahrung* 18, 165—170 (1974).
339. *Fuchs, K.*, Praktische Erfahrungen mit der Berliner Kurzsauерführung, *Mehl. u. Brot*, 1941, Nr. 36.
340. *Petschenke, P. F.*, Beschaffenheit des Brotes, VI. Geschmack, in "Brotgetreide und Brot", Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1954, S. 466—467.
341. *Fuchs, K.*, Einfluß der Sauerteigführung auf die Brotqualität, *Bäcker u. Konditor* 9, H. 6, 7—9 (1955).
342. *Rotsch, A. und A. Schulz*, Trockensauерführung — Teigsäuerungsmittel, in "Taschenbuch für die Bäckerei und Dauerbackwarenherstellung", Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1958, S. 111.
343. *Svenson, J.*, Personal- und Rohstoffprobleme bei der Inbetriebnahme von Brot- und Brötchenstraßen, *Brot u. Gebäck* 22, 32—37 (1968).
344. *Drews, E.*, Der Milch- und Essigsäuregehalt des Sauerteigbrotes in Abhängigkeit von der Sauertemperatur und Festigkeit, *Brot u. Gebäck* 10, 141—142 (1956).
345. *Stephan, H.*, Vorteilhafte Führung des Tagesvollsauers bei verschiedenen Roggenvollmehlqualitäten, *Brot u. Gebäck* 22, 100 (1968).
346. *Drews, E. und H. Stephan*, Einfluß der Sauer-Temperatur und Festigkeit auf den Milch- und Essigsäuregehalt sowie den

- Geschmack des Sauerteigbrotes, Brot u. Gebäck 10, 1—4 (1956).
347. *Schulz, A. und H. Stephan*, Untersuchungen über die Verarbeitung auswuchsgeschädigter Mehle, Brot u. Gebäck 9, 1—4 (1955).
348. *Lubig, R.*, Das Schaumsauerverfahren, Greven-Verlag Köln 1949.
349. *Thomas, B. und K. Fuchs*, Zur Überprüfung des Schaumsauerverfahrens, Ernährungsforschung 1, 169—185 (1956).
350. *Panzer, W.*, Einige mikrobiologische Beobachtungen am Schaumsauer, Ernährungsforschung 1, 679—683 (1956).
351. *Rohrlich, M., E. Tödt und G. Ziehmann*, Untersuchungen über den Einfluß von Sauerstoff auf die Säurebildung von Milchsäurebakterien, Zbl. Bakteriol., Parasitenkd., Infektionskrkh. u. Hyg. 11, 112, 351—358 (1959).
352. *Pelchenke, P. F.*, Die alkoholische Gärung, in "Brotgetreide und Brot", Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg 1954, S. 161—169.
353. *Lüddecke, J. und R. Preuss*, Die kombinierte Teigführung mit Teltoma-Sauer, Bäcker u. Konditor 21, 4—6 (1967).
354. *Huber, H.*, Einfluß der Schnellknetung auf die Qualität von Mischbrot, Roggenbrot und Schrotbrot, Brot u. Gebäck 21, 212—221 (1967).
355. *Thomas, B. und K. Fuchs*, Versuche mit Frucht- und Gemüsesäften in der Bäckerei, Brot u. Gebäck 19, 8—16 (1965).
356. *Möttönen, K.*, Zur Technologie des Auswuchsgesetzes. Ein erster Versuch über die chemische Inaktivierung der Alpha-Amylase im Teig mit Salzsäure, Brot u. Gebäck 23, 28—33 (1969).
357. *Huber, H.*, Die Führung "mit Grund"-/ohne Vollsauer, Brot u. Gebäck 14, 61—69 (1960).
358. *Wutzel, H.*, Gärtechnische Fragen bei der Brotherstellung, Brot u. Gebäck 8, 198—202 (1954).
359. *Spicher, G. und H. Stephan*, Die backtechnische Wirkung der in Spontansauerteigen verbreiteten Milchsäurebakterien, Brot u. Gebäck 20, 193—199 (1966).
360. *Bobert, H.*, Erfahrungen mit Teltoma-Sauer, Bäcker u. Konditor 22, 29 (1968).
361. *Huber, H.*, Kontinuierliche Teigknetung—Eine technologische Betrachtung, Brot u. Gebäck 19, 205—216 (1965).
362. *Stegemann, J. und M. Rohrlich*, Über Vermehrung der Sauerteigorganismen im Verlaufe der Teiggärung bei kontinuierlicher Führung, Brot u. Gebäck 12, 65—76 (1968).
363. *Stephan, H.*, Versuchsergebnisse mit kontinuierlichen Sauerteigführungen, Brot u. Gebäck 12, 265—268 (1958).
364. *Davidek, J., J. Hampl und I. Pelankova*, Carbonylverbindungen des Brotes. III. Änderungen der Carbonylverbindungen im Laufe des wöchentlichen Herstellungszyklusses, Brot u. Gebäck 19, 44—46 (1965).
365. *Stephan, H.*, Der Einfluß verschiedener Brüh- und Quellstückführungen auf die Roggenschrotbrotqualität, Brot u. Gebäck 22, 158—162 (1969).
366. *Morgenstern, G.*, Hinweise über die zweckmäßige Verarbeitung von Restbrot, Brot u. Gebäck 24, 191—195 (1970).

367. *Doose, O.*, Neuere Erkenntnisse bei der Schrotbrotherstellung, Brot u. Gebäck 9, 7—10 (1955).
368. *Doose, O.*, Teigführung und Geschmacksbeeinflussung bei der Roggenschrotbrotherstellung, Brot u. Gebäck 13, 82—85 (1959).
369. *Banecki, M.*, Roggen- und Mischbrotarten in Polen, Papers Internat. Rye Conference Poznań, 1965, Warszawa, 1965, Bd. 2, XV, 1—12.
370. *Pomeranz, Y. und J. A. Shellenberger*, Bread Science and Technology, The AVI Publishing Co., Westport/Conn., USA, 1971, S. 81—82.
371. *Prugar, J.*, Zu den gegenwärtigen Fragen des Anbaus von Roggen und seiner Verarbeitung in der ČSSR, Papers Internat. Rye Conference Poznań, 1965, Warszawa, 1965, Bd. 1, IV, 1—18.
372. *Brotkonsum in Europa*, Brotindustrie 1966, 51.
373. *Rothe, M.*, Stirbt unser Roggenbrot?, Bäcker u. Konditor 15, 261—263 (1967).
374. *Schneeweiss, R.*, Das Brot als Bestandteil einer gesunden Ernährung, Bäcker u. Konditor 25, 35—38 (1971).
375. *Thomas, B.*, Kritische Betrachtungen über Roggen und Weizen in ihrem Wert als Brotnahrung. Teil 2, Vitalstoffe 5, 79—82 (1960).
376. *Schwenzner, J. E.*, Psychologische Motive im Wandel des Brotverzehrs, in "Brot und sein Nährwert", Wiss. Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung 10, Verlag Deitrich Steinkopff, Darmstadt, 1963, S. 86—115.
377. *Saro, W.*, Roggenbrotfragen, Brot u. Gebäck 12, 6—8 (1958).
378. *Rothe, M.*, Betrachtungen zur Entwicklung des Brotsortiments in der modernen Ernährung, Brot u. Gebäck 22, 136—141 (1968).
379. *Brot-Qualitätsuntersuchung*, in "Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot", Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung, Verlag Moritz Schäfer, Detmold 1971, S. 136 bis 138.
380. *Stephan, H.*, Weizenmehl im Sauerteig und dessen Auswirkungen, Brot u. Gebäck 14, 14—17 (1960).
381. *Schulz, A. und Stephan*, Untersuchungen über die Verarbeitung auswuchsgeschädigter Mehle, Brot u. Gebäck 9, 1—4 (1955).
382. *Pelschenke, P. F.*, Über den Vollsaueranteil bei der gegenwärtigen Brotherstellung, Brot u. Gebäck 12, 77—88 (1958).
383. *Schulz, A.*, Geschmacksfragen beim Weizenmischbrot, Brot u. Gebäck 11, 128—129 (1957).
384. *Schulz, A. und H. Stephan*, Die Herstellung von ungesäuerten Mischbrot, Brot u. Gebäck 7, 160—163 (1953).
385. *Schulz, A. und H. Stephan*, Untersuchungen zur Vereinfachung der Sauerteigführung, 2. Mitteilung: Mischbrot, Brot u. Gebäck 7, 17—21 (1953).
386. *Stephan, H.*, Möglichkeiten und Maßnahmen zur Beeinflussung des Geschmackes bei Mischbrot, Brot u. Gebäck 6, 152—154 (1952).
387. *Rotsch, A. und A. Schulz*, Brotherstellung-2. Weizenmischbrot, in "Taschenbuch für die Bäckerei und Dauerbackwarenherstellung", Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1958, S. 152.

388. *Doose, O.*, Über die Festigkeit der Roggen- und Weizenteige, Brot u. Gebäck 16, 171 bis 173 (1962).
389. *Fuchs, K.*, "Qualität von Brot und Kleingebäck", VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1968, S. 72.
390. *Thomas, B. und K. Fuchs*, Die Brotqualität in Abhängigkeit von der Backzeit, Brot u. Gebäck 13, 12—20 (1959).
391. *Tunger, L. und B. Thomas*, Die rheologischen Eigenschaften der Brotkrume in Abhängigkeit von der Backzeit, Ernährungsforschung 10, 14—18 (1965); 11, 1—12 (1966).
392. *Thomas, B. und L. Tunger*, Die elastischen und plastischen Eigenschaften der Roggenbrotkrume in Abhängigkeit von der Backzeit, Brot. u. Gebäck 19, 220—224 (1965).
393. *Tunger, L.*, Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes automatischer Penetrometer bei der Bewertung der Brotkrumeneigenschaften, Ernährungsforschung 15, 431—448 (1970).
394. *Thomas, B. und L. Tunger*, Die Klebrigkeit von Roggen- und Weizenbrotkrume, Brot u. Gebäck 20, 117—121 (1966).
395. *Polgardi, J.*, Zusammenhang zwischen Qualität und Backzeit bei Backwaren (ungarisch), Sütöipar 12, 215—219 (1965).
396. *Thomas, B.*, Der Einfluß moderner Brotherstellung auf die Brotqualität, Dtsch. Gesundheitswesen 15, 1917—1922 (1960).
397. *Schulz, A. und H. Stephan*, Der Einfluß von Backzeit und Backtemperatur auf die Brotqualität, Brot u. Gebäck 9, 186—189 (1955).
398. *Володарский А. В., И. Г. Тофан и А. А. Михелев*. Исследование теплообмена в начальной стадии процесса выпечки.— «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1967, № 9, с. 15—17.
399. *Rothe, M., W. Panzer und L. Tunger*, Krustenstärke und Qualität von Brot, Ber. 4. Tagung Internat. Probleme moderner Getreideverarb. u. Getreidechemie, Eigenverlag Institut für Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, 1969, S. 125—132.
400. *Markova, J., E. Honischova und J. Hampl*, Nichtenzymatische Bräunungsreaktion in Getreideprodukten (tschechisch), Sb. vysoké školy chem.-technol. Praze, Prag, E 33, 33—45 (1972).
401. *Rothe, M.*, Einfluß der Technologie auf den Geschmack von Roggenbrot, Ber. 5. Welt-Getreide-u. Brotkongreß Dresden 1970, Eigenverlag Inst. Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, Bd. 5, S. 203—209; Ernährungsforschung 16, 287—295 (1971).
402. *Ройтер И. М. и Л. А. Боровикова*. Содержание летучих карбонильных соединений ароматического ряда на разных стадиях производства хлеба. — «Известия вузов. Пищевая технология», 1971, № 5, с. 68—70.
403. *Токарева Р. Р., Г. М. Смирнова и М. В. Дудина*. Влияние ферментных препаратов на ароматический комплекс хлеба. 5-й Всемирный конгресс по зерну и хлебу. Дрезден, Издательство института по переработке зерна, Bergholz-Rehbrücke, 1971, т. 5, с. 227—231.
404. *Тульский М. С., Г. М. Кащеева, Л. А. Гаджиева и Е. В. Игумнова*. Титриметрическое определение бисульфитсвязывающих веществ в хлебе. — «Известия вузов. Пищевая технология», 1971, № 4, с. 133—135.

405. *Rothe, M. und B. Thomas*, Über Brotaroma und Möglichkeiten seiner chemischen Bestimmung, *Bäcker u. Konditor* 13, H. 12, 7—10 (1959).
406. *Stephan, H.*, Direkte Teigführung und Weißbrotgeschmack, *Brot u. Gebäck* 13, 109 bis 110 (1959).
407. *de Figueiredo, M. P.*, Volatile components of bread, *Baker's Dig.* 38, 48—51 (1964).
408. *Hrdlicka, J. und E. Honischova*, Study of changes in thermal and hydrothermal processes. X. Effect of various types of ovens in the origination of volatile carbonyl compounds in bread during the baking process, *Sbornik vysoké školy chemicko-technologické Prag* E 16, 63—70 (1967).
409. *Stephan, H.*, Die Brotqualität in Abhängigkeit von Backzeit und Backtemperatur, *Brot u. Gebäck* 10, 143—145 (1956).
410. *Becker, E.*, Der Geschmack als bestimmender Faktor für die Qualität von Brot und Brötchen, *Brot u. Gebäck* 25, 230—236 (1971).
411. *Kriemis, P. und B. Möller*, Ist das Backen mit Hochfrequenz noch aktuell?, *Bäcker u. Konditor* 26, 330—333 (1972).
412. *Schmidt, H.*, Backen mit Hochfrequenz, *Brot u. Gebäck* 13, 4—7 (1959).
413. *Decareau, R. V.*, Applications of high frequency energy in the baking field, *Baker's Dig.* 41, H. 6, 52—54, 69 (1967).
414. *Keser, F.*, Das Backen mit Hochfrequenz und Infrarot, *Brot u. Gebäck* 11, 89—97 (1957).
415. *Broekhuizen, S. und A. Schuilenburg*, Hochfrequenz-dielektrisches Backen von Brot (holländisch), *Elektrotechniek* 27, H. 4, 82—85 (1949).
416. *Erdman, A. M. und J. B. Lassche*, Lebensmittelherstellung im Hochfrequenzofen (holländisch), *Voeding* 19, 101—104 (1958).
417. *Verwendung von Bierhefe als Brotaroma*, Schweizer Patent Nr. 394083; ref. in *Dtsch. Lebensmittel-Rdsch.* 62, 165 (1966).
418. *Schneeweiss, R.*, Der Temperaturverlauf beim Backprozeß und sein Einfluß auf die Qualität des Brotes, *IGV-Mitt.* 1, 129—135 (1961).
419. *Schneeweiss, R.*, Über Möglichkeiten zur Verkürzung der Backzeiten und ihre Grenzen, *Brot u. Gebäck* 16, 64—70 (1962).
420. *Welches, F.*, Die Nuancierung des Brotgeschmackes bei Mischbrot, *Brot u. Gebäck* 5, 76, (1951).
421. *Klenk, P.*, Vorbäcken und Vorbäcköfen, heute, *Industriebackmeister* 20, 186—189 (1972).
422. *Kolb, W.*, Erfahrungen mit Vorbäcköfen und Temperaturverlauf beim Vorbäcken, *Brot u. Gebäck* 24, 56—58 (1970).
423. *Rothe, M., E. Bethke und G. Rehfeld*, Aromaverstärkung durch Vorbäcken von Roggenbrot, *Nahrung* 16, 517—524 (1972).
424. *Zittlau, G.*, Konsum-Infrarot-Bäckerei Seehausen eröffnet, *Bäcker u. Konditor* 15, 10—13 (1961).
425. *Orłowski, K.*, Charakter und Eigenart des Berliner Landbrotes, *Brot u. Gebäck* 8, 179—180 (1954).
426. *Hampl, J., E. Honischova und J. Markova*, Einige Aspekte der Beeinflussung des Brotaromas durch die technische Großproduktion, *Ber. 5. Welt-Getreide- u. Brotkongreß Dresden*, 1970,

- Eigenverlag Institut Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, Bd. 5, S. 211—214.
427. *Rothe, M., G. Rehfeld und E. Bethke*, Verfahren zur Herstellung von Roggenbrot mit verstärktem Aroma, DDR-Wirtschaftspatent Nr. 80671 vom 20.3, 1971.
428. *Beccard, E.*, Roggenschrotbrot—Pumpernickel, Brot. u. Gebäck 9, 137—139 (1955).
429. *Horlebeck, A.*, Verfahren zum Backen von Brot und dergleichen, DBP Nr. 936081 vom 29.12, 1955.
430. *Oberländer, G.*, Etwas über Stärkeverzuckerung bei der Pumpernickelherstellung, Getreide, Mehl u. Brot 3, 100—101 (1949).
431. *Rothe, M., G. Rehfeld und L. Tunger*, Ernährungswissenschaftliche Betrachtungen zum Backprozeß in der Dampfbackkammer, Ernährungsforschung 12, 215—229 (1967).
432. *Ebach, K.*, Bestimmung von Getreidekeimen in Vollkornpumpernickel und dunklen Vollkornbrot, Z. Unters Lebensmittel 83, 220—221 (1942).
433. *Schulz, A. und E. Drews*, Über die Bildung eines natürlichen Konservierungsmittels beim Backprozeß, Brot u. Gebäck 11, 25—29 (1957).
434. *Rothe, M. und E. Bethke*, Aromaprobleme bei Dampfbackkammerbrot, Nahrung 18, (1974), im Druck.
435. *Herrmann, J. und L. Tunger*, Zur Ermittlung des Verlustes an hitzeempfindlichen Stoffen im Verlauf des Backprozesses, Nahrung 10, 305—313 (1966).
436. *Herrmann, J. und L. Tunger*, Zur thermischen Zerstörung von Thiamin in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Lebensmittel unter besonderer Berücksichtigung von Mahlprodukten, Nahrung 10, 705—712 (1966).
437. *Thomas, B. und L. Tunger*, Beiträge zur Aufstellung von Richtwerten für den Vitamin-B₁-Gehalt von Laibbrot aus Mehl verschiedener Ausmahlungen. I. Mitt. Ernährungsforschung 12, 231—247 (1967).
438. *Baum, F. und H. Haenel*, Über die Bestimmung der Biologischen Eiweißwertigkeit mit Tetrahymena pyriformis. W. 1. Mitt. Methodische Hinweise und Bestimmung der Wertigkeit einiger Nahrungsmittel, Nahrung 9, 517—525 (1965).
439. *Schauz, H.*, Technologische Grundlagen der Land- und Bauernbrotherstellung, Brot. u. Gebäck 21, 32—37 (1967).
440. *Stephan, H.*, Die Wasserringbildung im Mischbrot, Brot u. Gebäck 17, 178—184 (1963).
441. *Rothe, M.*, Einfluß der Größe und Form von Roggenbrot auf die Geschmacksausbildung, Bäcker u. Konditor 13, 131—132 (1965).
442. *Fuchs, K.*, Back- und Lagerverluste, Unveröffentlichtes Material des Instituts für Ernährung, 1962.
443. *Cernicki, I., J. Vodrazka und K. Sykora*, Untersuchung zyklothermischer Erhitzung von Backwaren (tschechisch), Mlynsko-Pekar. prum. 11, 436—441, 481—486 (1965).
444. *Caul, J. F. und A. G. Vaden*, Flavor of white bread as it ages, Baker's Dig. 46, H. 1, 39—43, 60 (1972).
445. *Thomas, B.*, Nahrungsaufnahme und Stoffwechselreaktionen in Abhängigkeit von der Höhe des Ausmahlungsgrades, in "Die

Nähr- und Ballaststoffe der Getreidemehle in ihrer Bedeutung für die Brotnahrung", Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1964, S. 163—168.

446. *Steller, W.*, Einflüsse des Verbraucherverhaltens auf die Entwicklung des Brotkonsums in den 70er Jahren und Möglichkeiten zur Beeinflussung des Konsumentenverhaltens, *Brot u. Gebäck* 24, 70—82 (1970).
447. *Lorenz, K. und J. Maga*, Staling of white bread: Changes in carbonyl composition and GLC headspace profiles, *J. agric. Food Chem.* 20, 211—213 (1972).
448. *Schoch, T. G.*, Starch in Bakery products, *Baker's Dig.* 39, H. 2, 48—57 (1965).
449. *Lansky, S., M. Kooi und T. J. Schoch*, Properties of the fractions and linear subfractions from various starches, *J. Amer. Chem. Soc.* 71, 4066—4075 (1949).
450. *Osman-Ismail, F. und J. Solms*, Über die Bildung von Einschlußverbindungen der Kartoffelstärke mit Aromastoffen, *Mitt. Gebiete Lebensmittel-Unters. u. Hyg.* 63, 88—92 (1972).
451. *Maier, H. G.*, Zur Bindung flüchtiger Aromastoffe an Lebensmittel, I. — VI. Mitteilung, *Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch.* 141, 65, 332 (1969); 143, 24 (1970); 144, 1 (1970); 145, 213 (1971); 149, 65 (1972).
452. *Bechtel, W. G., D. F. Meisner und W. B. Bradley*, The effect of the crust on the staling of bread, *Cereal Chem.* 30, 160—168 (1953).
453. *Bechtel, W. G. und D. F. Meisner*, Staling studies of bread made with flour fractions, IV. Effect of gluten and wheat starch, *Cereal Chem.* 31, 182—187 (1954).
454. *Niederauer, T.*, Ergebnisse der Brotaroma-forschung, *Mühle* 106, 706—707 (1969).
455. *Rotsch, A.*, Der Einfluß des Backvorganges auf Geschmack und Aroma bei Fein- und Dauerbackwaren, *Brot u. Gebäck* 11, 1—3 (1957).
456. *Hampl, J., J. Davidek und I. Pelankova*, Carbonylverbindungen des Brotes, II. Die Wanderung der Carbonylstoffe im Laufe des Altbäckwerdens, *Brot u. Gebäck* 19, 41 bis 43 (1965).
457. *Drews, E. und H. Stephan*, Veränderungen des Säuregrades in einzelnen Bereichen der Brotkrume während der Lagerung von freigeschobenem Roggenmischbrot, *Brot u. Gebäck* 17, 173—177 (1963).
458. *Kunis, J.*, Grundlagen der Gefrierkonservierung von Backwaren, *Bäcker u. Konditor* 13, 323—326 (1965).
459. *Newald, E.*, Krustenschäden bei tiefgekühltem Kleingebäck und ihre mögliche Verhütung, *Brot u. Gebäck* 20, 129—132 (1966).
460. *Labude, W.*, Tiefkühlung von Backwaren unter Verwendung von Stickstoff, *Brot. u. Gebäck* 24, 58—60 (1970).
461. *Casiorowski, H. und S. Jankowski*, Einfluß der Lagerungstemperatur von Weizenbrot auf seine Qualität und den Bestand einiger seiner Komponenten, *Brot u. Gebäck* 21, 137—143 (1967).
462. *Stephan, H.*, Brotfrischhaltung durch Wärme, *Brot. u. Gebäck* 11, 215—221 (1957).
463. *Seibel, W., A. Menger, G. Hampel und H. Stephan*, Die Wirkungsweise von Emulgatoren und ihr Verhalten auf die Be-

- schaffenheit und Alterung des Gebäckes, Brot u. Gebäck 22, 193—202 (1968).
464. *Stephan, H. und J. M. Brünner*, Über die Zusammensetzung und Wirkung von Frischhaltemitteln bei Brot, Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. 68, 408 (1972).
465. *Боровикова, Л. А. и И. М. Ройтер*. Изменение содержания карбонильных соединений в хлебе при хранении. — «Прикладная биохимия и микробиология», 1971, № 3, с. 324—327.
466. *Schönewald, G.*, Erprobte Verpackung von Backwaren, Brot u. Gebäck 20, 227—231 (1966).
467. *Rasenack, D.*, Erfahrungen bei den neuen Klarsichtpackungen, Brot u. Gebäck 16, 71—73 (1962).
468. *Schultze, E.*, Verpackung von Ganz- und Schnittbrot, Brot u. Gebäck 22, 21—24 (1968).
469. *Stephan, H.*, Zusammenhänge zwischen Verpackung und Qualität des Brotes, Brot u. Gebäck 24, 125—127 (1970).
470. *Fasshauer, E.*, Doseneinsatz bei der Herstellung von Backwaren, Brot u. Gebäck 24, 7—8 (1970).
471. *Rotsch, A. und E. Tessmer*, Herstellung von Dosenkuchen, Brot u. Gebäck 19, 21—24 (1965).
472. *Stephan, H.*, Einige Herstellungsrichtlinien für lang lagerndes Roggenvollkornbrot, Brot u. Gebäck 18, 75—80 (1964).
473. *Larsen, R. A.*, The browning of canned bread crumb, Food Technol. 8, 355—357 (1954).
474. *Stenberg, R. J. und W. F. Geddes*, Some chemical changes which accompany the browning of canned bread during storage, Cereal Chem. 37, 614—622 (1960).
475. *Stephan, H.*, Zusammenhänge zwischen der Herstellungsweise und Verpackung von ofenwarmem Mischbrot, Brot u. Gebäck 23, 236—239 (1969).
476. *Stephan, H.*, Maßnahmen zur Verminderung von Qualitätsmängeln bei der Verpackung ofenwarmen Mischbrotes, Brot. u. Gebäck 24, 118 (1970).
477. *Jaus, A.*, Lagerung und Kühlung von Brot, Brot u. Gebäck 22, 1—5 (1968).
478. *Ottaway, F. J. H.*, Die Konservierung von Backwaren. Brot u. Gebäck 12, 204—216 (1958).
479. *Diemair, W. und A. Schulz*, Zur Kenntnis der Verhütung von Schimmelbildung bei Schnittbrot durch Sorboylpalmitat, Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 138, 39—43 (1968/69).
480. *Wassermann, L.*, Kritische Beleuchtung der verschiedenen Möglichkeiten zur Schimmelverhütung bei Brot, Brot u. Gebäck 24, 90—94 (1970).
481. *Zimmer, L.*, Zur Verlängerung der Haltbarkeit von Schnittbrot, Bäcker u. Konditor 25, 44—46 (1971).
482. *Pintauro, N.*, Flavor Technology 1971, Noyes Data Corporation, Park Ridge, N. J./USA, 1971, S. 1.
483. *Floeter, H. und L. Lipke*, Naarden-Partner der Süßwarenindustrie, Süßwaren 13, 1228—1235 (1969).
484. *Burger, A. M.*, "Die natürlichen und künstlichen Aromen". Dr. Alfred-Hüthig-Verlag, Heidelberg 1968, S. 226.
485. *Neilson, A. J.*, Complexity: Key to flavor power, Cereal Sci. today 14, 328—330 (1969).

486. *Merory, J.*, "Food Flavorings. Composition, Manufacture and Use", The AVI Publishing Co., Westport/Conn. — USA, 1968, S. 185.
487. *Golovnja, R. V.*, persönliche Mitteilung 1971.
488. *Naarden* bringt neues Whisky-Aroma heraus, Naarden-Nachrichten 21, Nr. 214, 2—3 (1970).
489. *Haber, T. und T. Jakubczyk*, Einfluß eines Zusatzes von *Saccharomyces fragilis* zum Weizenteig unter Zusatz von Molke auf die Gärung des Teiges sowie auf das Brotaroma (polnisch), Przem spozywczy 24, 247—251 (1970).
490. *Bundus, R. H. und A. J. Luksas*, Manufacture of synthetic bread flavor, US-Patent Nr. 3466176 vom 9.9. 1969.
491. *Bundus, R. H. und A. J. Luksas*, Bread flavor, US-Patent Nr. 3466174 vom 9.9. 1969; DBP Nr. 1130118 vom 21.7. 1967; J. Sci. Food Agric. 20, 1—443 (1969).
492. *Wardall, R. A.*, The relation of yeast to flavor in bread, J. Home Econ. 2, 75—91 (1910).
493. *Mitchell, J. H.*, Evaluation of bread baking properties of various genera and species of yeasts, Quartermaster Food and Container Inst., "Yeast", Januar, 1957.
494. *Johnson, J. A.*, Dextrose as a sugar agent in baking, Baker's Dig. 26, 71—74 (1952).
495. *Thomas, B. und M. Rothe*, Über die Bildung aldehydischer Aromastoffe während des Backprozesses von Brot, Ernährungsforschung 2, 427—443 (1957).
496. *Stephan, H. und E. A. Götsche*, Über den Geschmack des Weißbrotes bei direkter Teigführung, Brot u. Gebäck 12, 226—230 (1958).
497. *Jakubczyk, T., A. Horubalova und B. Kozowska*, Vergleichende Studien über den Einfluß von Malzextrakt "Malto" sowie von aus Brot gewonnenem Extrakt auf die Haltbarkeitsverlängerung von Brot (polnisch), Zeszyty nauk. SGGW Technol. rol-nospozywca 5, 135—147 (1968).
498. *Johnson, J. A.*, Studien über Brotaroma, Brot u. Gebäck 21, 72—75 (1967).
499. *Larsen, R. A., R. J. Jenness und W. F. Geddes*, Effect of heat treatment of separated milk on the physical and baking properties of doughs enriched with dry milk solids, Cereal Chem. 26, 189 (1949).
500. *Dörner, H.*, Ausländische Erfahrungen über das Verbacken von Milchpulver, Brot u. Gebäck 8, 39—41 (1954).
501. *Angermann, A. und G. Spicher*, Pufferung und Teigsäuerung, Brot u. Gebäck 18, 162—169 (1964).
502. *Stephan, H. und E. A. Götsche*, Brot unter Zusatz von Buttermilch, Brot u. Gebäck 9, 204—206 (1955).
503. *Dunn, J. A.*, The importance of salt in baking, Baker's Dig. 21, 81—84 (1947).
504. *Gutgesell, O.*, Kochsalzfreies und kochsalzarmes Brot, Brot u. Gebäck 7, 170—172 (1953).
505. *Fuchs, K.*, Die Herstellung von kochsalzfreien Brot, Bäcker u. Konditor, 12, H. 1, 15—17 (1958).
506. *Thomas, B.*, Über die Bedeutung des Spezialbrotes in der heutigen Ernährung. Die Herstellung von kochsalzfreien Brot, Bäcker u. Konditor 15, 134—136 (1961).

507. *Rotsch, A.*, Backtechnische Probleme bei Diätbackwaren, Brot u. Gebäck 21, 1—4 (1967).
508. *Rotsch, A.*, Aktuelle technische Fragen ums Brot, Brot u. Gebäck 7, 132—134 (1953).
509. *Schulz, A.*, Untersuchungen über den Einfluß von Kochsalz auf die Mikroorganismen des Sauerteiges, Brot u. Gebäck 14, 199—204 (1960).
510. *Barnes, J.*, Flavours in baked goods, Brit. Baker 165, H. 3, 30—34 (1972).
511. *Short, I. R.*, Bread flavor improvement, Brit. Patent Nr. 1005804/1005805; vgl. Mühle 103, 344 (1966).
512. *Pence, E. A.*, Constituents of baking oven vapours, Master's Thesis, Manhattan, Kansas State Univ., 1952.
513. *Coffman, J. R.*, Bread flavor and aroma — A review, Baker's Dig. 41, H. 2, 50—55 (1967).
514. —, Merory's perfected instant bread flavor, Cereal Sci. today 12, 284—285 (1967).
515. *Lendvay, A. T.*, Baked goods flavor improvement, US-Patent Nr. 3499765 vom 10.3.1970; Food Technol. 24, 908 (1970).
516. *Jackel, S. S.*, Flavoring composition and method of preparing the same, US-Patent Nr. 3102033 vom 27.8.1963.
517. *Bundus, R. H. und A. J. Luksas*, Bread flavor concentrate, US-Patent Nr. 3466177 vom 9.9.1969.
518. *Chichester, C. O., N. Sharrah und M. Simone*, Instant bread mix: Studies on the dehydration of flavouring materials, Food Technol. 14, 653—656 (1960).
519. *Simone, M., N. Sharrah und C. O. Chichester*, Instant bread mix: Consumer evaluation of prepared bread, Food Technol. 14, 657—661 (1960).
520. *Hunter, I. R., M. K. Walden und J. W. Pence*, Preparation and subjective testing of bread aroma concentrates, Food Technol. 20, 321—323 (1966).
521. *Dirks, B. M. und G. M. Nakel*, Flavoring fatty material and process for preparing the same, US-Patent Nr. 3394013, vom 23.7. 1968.
522. *Hale, W. S. und E. W. Cole*, A freezing technique for concentrating pre-ferments, Cereal Chem. 40, 287—290 (1963).
523. *Fortmann, K.*, New developments in continuous dough mixing, Baker's Dig. 41, H. 5, 114—118 (1967).
524. *Jackel, S. S.*, Fermentation flavors of white bread, Baker's Dig. 43, H. 5, 24—28, 64 (1969).
525. *Jertson, E. C. und E. F. Glabe*, Improves flavor of continuous-mix bread, US-Patent 3234027; Food Engng. 39, H. 10, 138—139 (1967).
526. *Reid, J. G.*, Developments in continuous mixing and blending in bakeries, Food Manufacture 45, H. 2, 36—40, 58 (1970).
527. *Rotsch, A.*, Über ein neues Teiglockerungsverfahren, Brot u. Gebäck 8, 114—115 (1954).
528. *Elton, G. A. H.*, Mechanical dough development, Baker's Dig. 39, H. 4, 38—46 (1965).
529. *Влияние количества жидкой закваски и продолжительности брожения теста перед разделкой на качество хлеба украинского нового. — «Хлебопекарная и кондитерская про-*

- мышленность», 1969, № 1, с. 13—16. Авт.: И. М. Ройтер, Л. М. Маркианова, Н. А. Чумаченко и Т. С. Ерошкова.
530. *Pirie, P.*, Practical aspects of the stable ferment process, Baker's Weekly 164, N. 2, 26—29 (1954).
531. *Collyer, D. M.*, Sugar brews in bread improvement, J. Sci. Food Agric. 18, 428—439 (1967).
532. *Pomper, S.*, Biochemistry of yeast fermentation, Baker's Dig. 43, N. 2, 32—38 (1969).
533. *Ocker, H. D.*, Beobachtungen über mittelkettige Fettsäuren in Hefegäransätzen, Brot u. Gebäck 23, 205—209 (1969).
534. *Pence, J. W.*, Factors affecting bread flavor, Baker's Dig. 41, N. 2, 34—36, 85 (1967).
535. *Trum, G. M.*, The influence of high flour brews on CM bread production, Baker's Dig. 39, 46—48 (1965).
536. *Elias, D. G. und B. H. Wragg*, Continuous bread making — New British techniques, Cereal Sci. today 8, 271—272, 295—296 (1963).
537. *Simone, M., N. Sharrah und C. O. Chichester*, Instant bread mix: Variations in flavoring composition, Food Technol. 16, N. 1, 93—96 (1962).
538. *Maselli, J.*, Theoretical and practical aspects of brew fermentation, in "Yeast — its characteristics, growth and function in baked products", Symposium Quartermaster Food and Container Inst., Serie 1, 8, 70—84 (1957).
539. *Matz, S. A., J. Miller und J. Davis*, Modern baking concepts for troop feeding: Development of the instant bread mix, Food Technol. 12, 625—629 (1958).
540. *Hampl, J.*, Enzymanwendung in der Backwarenindustrie, Bäcker u. Konditor 17, 260—262 (1969).
541. *Shellenberger, J. A.*, The historical development of the application of fungal and bacterial enzymes to the baking industry, Ber. 5. Welt-Getreide- und Brotkongreß Dresden, 1970, Eigenverlag Institut für Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, Bd. 6, S. 89—93.
542. *Moldoveanu, G.*, Untersuchungen zum Aufbau einer Technologie unter Einsatz von Amylasepräparaten bei der Brotherstellung (румънъ), Ind. aliment. (Букурест) 22, 378—385 (1971).
543. *Bertram, G. L.*, Studies on crust color, I. The importance of the browning reaction in determining the crust color of bread, Cereal Chem. 30, 127—139 (1953).
544. Динамика содержания свободных аминокислот в процессе производства пшеничного хлеба. — «Биохимия», 1964, № 29, с. 283—287. Авт.: А. Н. Пономарева, В. Л. Крестович, И. И. Карава и Т. Якубчик.
545. *El-Dash, A. A. und J. A. Johnson*, Protease enzymes: Effect on bread flavor, Cereal Sci. today 12, 282—288 (1967).
546. *El-Dash, A. A. und J. A. Johnson*, Proteolytic enzymes and bread flavor, Ber. 5. Welt-Getreide- u. Brotkongreß Dresden, 1970, Eigenverlag Institut für Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, Bd. 5, S. 233—245.
547. *Ройтер И. М. и Боровикова Л. А.* Содержание в хлебе летучих карбонильных соединений при добавлении в опару ферментных препаратов. — «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1972, № 1, с. 14—15.

548. *Токарева Р. Р., Смирнова Г. М. и Щелкачева Н. Н.* Влияние процесса выпечки на формирование ароматообразующих веществ в хлебе. — «Труды ВНИИХП», 1971, вып. 12, с. 84—90.
549. *Токарева Р. Р., Смирнова Г. М. и Щелкачева Н. Н.* Влияние ферментного препарата из *Aspergillus awamori* на образование аромата во время молочнокислого брожения в закваске и при выпечке. — «Труды ВНИИХП», 1971, вып. 12, с. 91—95.
550. *Ауэрман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства. М., «Пищевая промышленность», 1972, с. 361—371.
551. *Dworschák, E., J. Bogdán und M. Szilli*, Einfluß von fermentationsbeeinflussenden Zusätzen auf den Nährwert von Backwaren (ungarisch), *Elemezeti ipar* 25, 297—302 (1971).
552. *Hunter, I. R., M. K. Walden, J. R. Scherer und R. E. Lundin*, Essence of bread, *Scientific American* 218, N. 6, 46 (1968).
553. *Wiseblatt, L. und H. F. Zoumut*, Isolation, origin and synthesis of a bread flavor constituent, *Cereal Chem.* 40, 162—169 (1963).
554. *Morimoto, R. und J. A. Johnson*, Studies on the flavor fraction of bread crust adsorbed by cation exchange resin, *Cereal Chem.* 43, 627—637 (1966).
555. *Kobayasi, N. und M. Fujimaki*, On the formation of N-acetylpyrrol on roasting hydroxyproline with carbonyl compounds, *Agric. Biol. Chem.* 29, 1059—1060 (1965).
556. *Wiseblatt, L.*, Breadstuff flavoring composition, US-Patent 3304184; Can. Patent 750325; ref. in *Food Technol.* 21, 622, 770 B (1967).
557. *Hunter, I. R. und M. K. Walden*, Bread flavoring additive, US-Patent Nr. 3425840 vom 4.2, 1969; ref. in *Food Technol.* 23, 764 (1969).
558. *Cort, W.*, Bread flavoring composition, US-Patent Nr. 3547659 vom 15.12, 1970.
559. *Dirks, B. M. und G. M. Nakel*, Oleaginous composition and method for making same, US-Patent Nr. 3336140 vom 15.8, 1967.
560. *Beitter, H.*, Über Maltol, *Brot u. Gebäck* 17, 132—134 (1963).
561. *Rotsch, A., H.-D. Ocker und E. Tessmer*, Über die Herstellung von Rührkuchen als Dauergebäck, *Brot u. Gebäck* 18, 104 (1964).
562. *Weurman, C.*, Isolation and concentration of volatiles in food odor research, *J. agric. Food Chem.* 17, 370—384 (1969).
563. *Teranishi, R., I. Hornstein, P. Issenberg und E. L. Wick*, Methods for isolation and concentration of volatile food constituents, in "Flavour Research", Verlag Marcel Dekker, New York, 1971, S. 40—76.
564. *Teranishi, R., I. Hornstein, P. Issenberg und E. L. Wick*, Vapor analysis, in "Flavor Research", Verlag Marcel Dekker, New York 1971, S. 107—119.
565. *Caul, J. F.*, The nature of flavor, *Cereal Sci. today* 12, 273—281 (1967).
566. *Lemberger, F.*, Psychophysische Untersuchungen über den Geschmack von Zucker und Saccharin (Saccharose und Krysallose), *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 123, 293—311 (1908).

567. *Patton, S. und D. V. Josephson*, A method for determining significance of volatile flavor compounds in foods, *Food Res.* 22, 316—318 (1957).
568. *Guadagni, D. G., S. Okano, R. G. Buttery und H. K. Burr*, Correlation of sensory and gas-liquid chromatographic measurements of apple volatiles, *Food Technol.* 20, 518—521 (1966).
569. *Guadagni, D. G., R. G. Buttery und J. Harris*, Odor intensities of hop oil compounds, *J. Sci. Food Agric.* 17, 142—144 (1966).
570. *Buttery, R. G., R. M. Seifert, D. G. Guadagni, D. R. Black und L. C. Ling*, Characterisation of some volatile constituents of carrots, *J. agric. Food Chem.* 16, 1009—1015 (1968).
571. *Боровикова Л. А., Седова Л. С. и Ройтер И. М.* Определение порога чувствительности карбонильных соединений и ароматного числа пищевых продуктов. — «Известия вузов. Пищевая технология», 1971, № 6, с. 36—38.
572. *Zwaardemaker, H.* Olfactometry, *Perfumery Essent. Oil Record* 12, 308—310 (1921).
573. *Stuiver, M.* Biophysics of the sense of smell, *Diss. Universität Groningen/Niederlande*, 1958.
574. *Köster, E. P. und O. Wouters*, Entwicklung der sensorischen Methodik, *Ernährungs-Umschau* 17, 349—354 (1970).
575. *Seibel, W.*, Schnellmethode zur Erkennung hitzegeschädigten Getreides, *Getreide u. Mehl* 8, 25—28 (1958).
576. *Perten, H.*, Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity, *Cereal Chem.* 41, 127—140 (1964).
577. *Perten, H.*, Factors influencing falling number values, *Cereal Sci. today* 12, 516—519 (1967).
578. *Schneeweiss, R. und H. Hermes*, Die Bestimmung des Auswuchsgrades mit Hilfe der Fallzahlmethode nach Hagberg, *IGV-Mitt* 1, 35—37 (1965).
579. *Schneeweiss, R. und R. Zimmermann*, Die Bewertung von Getreiden und Mehlen mit der Fallzahlmethode, *Bäcker u. Konditor* 17, 68—70 (1969).
580. *Franzke, C.*, Bemerkungen über die jodometrischen Verfahren zur Bestimmung der Peroxydzahl in Nahrungsfetten, *Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch.* 103, 108—112 (1956).
581. *Rothe, M., G. Wölm und I. Voigt*, Fettveränderungen in Getreideprodukten und ihr analytischer Nachweis. I. Ranzigkeit, *Nahrung* 11, 149—160 (1967).
582. *Drews, E., G. Spicher und H. Bolling*, Die Säuregradbestimmung im wässrigen Milieu — Möglichkeiten der Standardisierung bei Teig und Brot, *Brot u. Gebäck* 16, 144—153 (1962).
583. *Spicher, G., E. Drews und H. Bolling*, Säuregradgrenzzahlen für die Beurteilung von Brot bei Einsatz der Standardmethode, *Brot u. Gebäck* 17, 198—201 (1963).
584. *Säuregradbestimmung von Brot*, in "Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot", Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung, Verlag Moritz Schäfer, Detmold, 1971, S. 79—80.
585. *Säuregradbestimmung*, in K. Rauscher, R. Engst und U. Freimuth, "Untersuchung von Lebensmitteln", VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1972, S. 548—549.
586. *Sydow, E. von*, Flavor — a chemical or psychophysical concept?, *Food Technol.* 25, 40—44 (1971).

587. *Rapp, A., H. Franck und H. Ullemeyer*, Die Aromastoffe verschiedener Weine, Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. 67, 81—85 (1971).
588. *Yamanashi, T.*, Flavor of black tea. V. Comparison of various types of black tea, Agric. biol. Chem. (Tokio) 32, 379—386 (1968).
589. *Rohan, T. A.*, Application of gas chromatography to quantitative assessment of the chocolate aroma potential of unroasted cocoa beans, Food Technol. 19, 1726—1728 (1965).
590. *Kevel, J.*, Veränderungen an gasförmigen Aromastoffen bei der Brotherstellung (ungarisch), Elelmiszervize gálati kozlemények 17, 191—197 (1971), Nahrung 18, 269—279 (1974).
591. *Bigger, R. E., J. J. Hilton und M. A. Gianturco*, Differentiation between *coffea arabica* and *coffea robusta* by computer evaluation of gas chromatographic profiles — comparison of numerically derived quality predictions with organoleptic evaluations, J. Chromatogr. Sci. 7, 453—472 (1969).
592. *Dörfer, J. und R. Zimmermann*, Zur Problematik der Stoffkennwerte bei der Backwarenproduktion, Bäcker u. Konditor 27, 9—11 (1973).
593. *Thomas, B.*, Brotqualität und Bekömmlichkeit, Brot u. Gebäck 12, 8—12 (1958).
594. *Sehestedt, H.*, Über den Sättigungswert gerösteten Brotes, Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 139, 212—215 (1924).
595. *Nefedov, J.*, Der Einfluß des Brotes verschiedener Kornarten auf die Sekretionstätigkeit des Magens (russisch), Vopr. pitaniya 9, H. 5, 13—16 (1940).
596. *Eckstein, E.*, Probleme um das Vollkornbrot, Ergebnisse physik.-diätet. Therapie 2, 309—334 (1942).
597. *McCance, R. A., K. M. Prior und E. M. Widdowson*, A radiological study of the rate of passage of brown and white bread through the digestive tract of man, Brit. J. Nutrit. 7, 98—104 (1953).
598. *Blumberger, W. und H. Glatzel*, Beiträge zur Physiologie der Gewürze und Würzstoffe. 1. Mitt. Gewürzwirkungen auf Speichelmenge und Speichelzusammensetzung, Dtsch. Z. Verdauungs- u. Stoffwechselkrankh. 23, 97—118 (1963).
599. *Glatzel, H.*, Ernährungsphysiologische Vergleiche verschiedener Brotarten, Ernährungs-Umschau 13, 169—171 (1966).
600. *Aust, L., K. Vetter und W. Lüder*, Zum Verhalten der Amylasekonzentration im Speichel nach Verzehr verschiedener Brotarten, Nahrung 12, 529—530 (1967).
601. *Aust, L., W. Lüder und K. Vetter*, Möglichkeiten der ernährungsphysiologischen Bewertung des Brotes durch Untersuchungen am Menschen, Brot u. Gebäck 22, 168—172 (1968).
602. *Aust, L., W. Lüder und G. Rehfeld*, Möglichkeiten der ernährungsphysiologischen Bewertung von Getreideerzeugnissen, Ber. 5. Delt-Getreide- u. Brotkongreß Dresden, 1970, Eigenverlag Institut für Getreideverarb. Bergholz-Rehbrücke, Bd. 2, S. 65—70.
603. *Lemmel, G.*, Einfluß der Herstellungsart des Roggenbrotes auf seinen Anschlagswert bei Fütterung wachsender junger Ratten, Arch. Verdauungskrankh. 62, 268—273 (1937).

604. *Lintzel, W.*, Ernährungsphysiologische Untersuchungen über das Broteiweiß, *Z. ges. Getreidewesen* 31, H. 4/6, 42—45 (1944).
605. *Alenden, E. und H. D. Cremer*, Untersuchungen über die Bekömmlichkeit von Sauerteigbrot, *Brot u. Gebäck* 9, 33—41 (1955).
606. *Hruby, J. und H. E. Schmidt*, Vergleichende Betrachtungen über die ernährungswissenschaftliche Beurteilung des Lebensmittelverbrauchs in der ČSSR und in der DDR. 1.—3. Mitt., *Ernährungsforschung* 10, 37—56 (1965); 11, 640—654 (1966); 12, 649—660 (1967).
607. *Möhr, M., G. Pose und F. Birnstiel*, Tendenzen der Ernährungssituation in der DDR, *Ernährungsforschung* 14, 345—355 (1969).
608. *Wirths, W.*, Nährstoffbedarf und Nährstoffversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, *Ernährungs-Umschau* 16, 429—437 (1969).
609. *Hellström, V. und A. Wretlind*, Die Ernährungssituation in Schweden, *Ernährungs-Umschau* 17, 141—147 (1970).
610. *Haenel, H.*, Ernährungssituation und Ernährungsprognose, *Ernährungsforschung* 17, 29—43 (1972).
611. —, Food Supply, in "FAO-Production Yearbook", Food and Agriculture Organisation der UNO, Rom 25, 442—448 (1971).
612. *Pelshenke, P. F.*, Aktuelle technologische Probleme bei der Brotherstellung in Europa, *Lebensmittel u. Ernährung* (Wien) 19, H. 10, 5—8 (1966).
613. *Pro-Kopf-Verbrauch* ausgewählter Nahrungs- und Genussmittel, in "Statistisches Jahrbuch der DDR" 17, 353 (1972), Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, 1972.
614. *Wirths, W.*, Die Entwicklung des Brot- und Getreideverzehrs in der neueren Zeit, in "Brot und sein Nährwert", Wiss. Veröff. Dtsch. Gesellschaft f. Ernährung, Verlag Theodor Stein-kopff, Darmstadt, 1963, 10, S. 69—85.
615. *Schneeweiss, R.*, Tendenzen des Brotverzehrs, *Bäcker u. Konditor* 21, 65—67 (1967).
616. *Rothe, M.*, Einflußfaktoren auf den Brotverbrauch. I. Brot-sorte und Fettverzehr, *Ernährungsforschung* 12, 203—214 (1967).
617. *Spiel, A. C.*, Über den Einfluß des Brotgeschmackes auf den Brotverbrauch, *Brot u. Gebäck* 7, 175—176 (1953).
618. *Glatzel, H.*, Schwarzbrot oder Weißbrot?, *Ernährungs-Umschau* 7, 1—4 (1960).
619. *Thomas, B.*, Schwarzbrot oder Weißbrot, *Ernährungs-Umschau* 7, 97—102 (1960).
620. *Steller, W.*, Der Düsseldorfer Schulbrot-Test, *Ernährungs-Umschau* 12, 176—177 (1965).
621. *Steller, W.*, Das Ergebnis des Bayerischen Schulbrottestes sowie Vergleich zwischen den bisherigen Schulbrot-Testaktio-nen in der Bundesrepublik, *Inform. Brotgetreide-Erzeugnisse* Nr. 107 vom 15.7. 1967 der Mühlenstelle Bonn-Verein. *Getrei-dewirtschaftl. Marktforschung* Bonn.

622. *Testergebnis des ersten österreichischen Schulbrotttestes*, Inform. Verein. Getreidewirtschaftl. Marktforschung Wien, 1970, Heft 7/8, S. 1—5.
623. *Rothe, M., E. Baunach und G. Rehfeld*, Kalorienarmes Brot in der Diätetik. I. Einsatzmöglichkeiten, Zusammensetzung, Effekt, Ernährungsforschung 12, 249—257 (1967); Dtsch. Gesundheitswes. 21, 1046—1050 (1967).
624. *Rothe, M. und G. Rehfeld*, Kalorienarmes Brot in der Diätetik. II. Verträglichkeit und diätetische Eigenschaften, Ernährungsforschung 14, 11—18 (1969).
625. *Rehfeld, G.*, Über die Herstellung von Brot mit Sauerkrautzusatz, Ernährungsforschung 12, 259—263 (1967).

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Альдегиды 43—45
Амилазы
активность в слюне при потреблении хлеба 186
добавление в тесто 163
Амиловый спирт *см. Индикаторы аромата*
Аминокислоты
в корке хлеба 163, 164
добавление в тесто 170
расщепление по Штраккеру 54
реакция с сахарами 51, 56, 57, 163
синтез и образование высших спиртов 43
Анис 154
Антиоксиданты 66
Аромат:
анализ газохроматографический 172
— количественный 174
— перспективы развития 194, 195
— влияние быстрого замораживания 140
— ведения закваски 93, 98
— выпечки в паровой камере 122
— — высокочастотный 115
— — с инфракрасным облучением 115, 121
— длительности выпечки 105, 106, 108, 119, 126, 130
— добавки бобовой муки 69, 155
— добавки дрожжей 83, 149
— доли пшеничной муки 100, 101, 103, 104
— интенсивного замеса 85, 86
— консервантов 146
— массы хлеба 128
— опарного тестоприготовления 88
— предварительной фазы брожения 159
— разрыхленности теста 82
— современной технологии 73, 85, 116, 128
— сокращенного тестоприготовления 85
— сокращенной длительности брожения закваски 93
— температуры выпечки 113
— типа хлебопекарной печи 113
— толщины корки 78, 120, 130
— структуры ароматобразующих веществ 51
— формы хлеба 128
— черствения 133
— значение для качества пищевых продуктов 15
— при оценке качества хлеба 14, 106
кекероподобный 169
потери при хранении 133, 135, 136

- представления потребителя 100, 101, 191
 проблемы питания 188
 пумперникеля 123
 свежесть хлеба 134
 смешанного хлеба 100, 101
 упаковка хлеба 141—143
 усвоемость хлеба 158, 185
 усиление при применении добавок 149
- предварительной фазы брожения 159
 хлеба в жестяных банках 143, 144
- образование в зоне предварительной обжарки 117
- в корке хлеба 60, 76, 119, 120
- микроорганизмами 32, 69, 94
- при брожении 83, 88, 94
 определение сенсорное 13, 87, 88, 103, 119, 126, 132
 отрицательные оттенки 63
- Ароматизаторы 147—149, 168—171.
- Ароматобразующие вещества:
 включение в молекулу амилозы 135
 воздействие на ощущение запаха 137
 в печных парах 157
 в пищевых продуктах 20
 — хлебе
 — распределение 134
 — содержание 22, 72, 76, 91, 104, 107, 108, 141, 178
 диффузия из корки в мякиш 139
 идентификация 22, 28
 — с помощью газожидкостной хроматографии 29, 30, 138, 155, 167
 как продукты брожения 32, 34, 81, 82, 88, 91, 109, 157
 количество 20
- концентрирование 157, 172, 173
 легко- и труднолетучие (обогащение) 81, 119, 120, 123, 125
 окисление 154, 156
 определение 111, 183
- хроматографией на бумаге 173
 пороговые концентрации 176
 потери при хранении хлеба 136, 141
 улетучивание 81, 142
 экстракция 157, 172
 эффективность аромата 57, 62, 174
- Ассортимент и уровень потребления хлеба 191
- Ацетальдегид, содержание в хлебе 70, 72, 76, 107, 108, 110, 141, 178
- Ацетон:
 образование 70
 содержание в хлебе 70, 72, 76, 107, 108
- Ацетон, содержание в хлебе 76, 111
- Балловая оценка хлеба 17, 18, 105
- Бактерии в тесте 33, 38, 70, 94
- Basillus mesentericus* 70
- Бобовая мука:
 влияние на аромат белого хлеба 68, 155
 добавка в хлеб 156
- Бутандиол, образование 70
- Быстрое замораживание хлебобулочных изделий 140
- Витамин В₁, расщепление в процессе выпечки 127, 168
- Вкус:
 влияние на качественную оценку 14
 пищевых продуктов 9
 пшеничного белого хлеба 81

Вкусовые ощущения 9
Восприятие вкуса 10
Высокочастотная выпечка 115
Готовые закваски 96, 97
Газожидкостные хроматограммы как индикаторы аромата 184
Гексаналь 68, 155, 156
Гидролиз крахмала при выпечке 124
— углеводов при выпечке 124
Гидроперекиси 64
Гликолиз 35
Глицерин, образование при брожении 35

Деревенский хлеб 116, 128
Диацетил:
влияние на аромат пищевых продуктов 70, 72
образование 70
содержание в хлебе 72, 76, 178
Диацетилредуктаза 70
Динитрофенилгидразоны, разделение 174
Длительность выпечки:
оптимальная 79, 80, 105, 130
пределы, распад тиамина 127
сокращение у хлеба для пумперникаля 126

Добавки:
аписа 154
бобовой муки 156
дрожжей 83, 149
жировых продуктов 86, 154
мальтола 170
муки в префермент 161
мускатка 154
поваренной соли 83, 151, 154
пряностей 102, 153
тиамина 154
фенхеля 153
ферментов 162
усиливающие аромат 149

Душевое потребление зерновых продуктов 189

Доля:
закваски при приготовлении смешанного хлеба 102

корки в хлебе 78, 131
Дрожжи:
в закваске 38
влияние величины добавки на аромат и вкус 83, 149, 150
Дрожжевой аромат 82, 149, 150

Жировые продукты см. Добавки 86, 154

Закваска 37, 92—95
Закал кольцевой 129
Замораживание хлебо-булочных изделий 140
Зародыши пшеницы, прогоркание 66, 181
Зерно, причины порчи 182
Зона предварительной обжарки 117

Изопентаналь в хлебе 72, 123, 132
Изопентанол в лечных парах 88
Имитаторы аромата 147
Индикаторы аромата 161, 180, 183, 195:
газожидкостные хроматограммы 184
карбонильные соединения 90, 181
кислотное число жира 181
перекисное число 181
спирты 183
— амилювый 181
Интенсивный замес 85, 86
Инфракрасное облучение при выпечке 115, 121
Испытание хлеба потребителем 191

Какао бобы, обжарка и пиратины 57
Карамелизация 47

Карбонильные соединения:
как индикаторы аромата 90, 181
при добавлении ферментов 166
при картофельной болезни белого хлеба 70
при хранении хлеба 135
содержание в хлебе 70, 72, 76, 107, 108, 110, 111, 141, 178

Картофельная болезнь белого хлеба 70
Кетокислоты как предшественники спиртов 43, 44
Кислотное число жира см. Индикаторы аромата
Кислотообразование, в закваске 37, 92—95
Кислотообразующие бактерии 33, 37, 94

Кислоты хлеба и усвоемость 186
Консерванты и аромат 146
Консервирование хлебобулочных изделий 69, 145
Консистенция мякиша 86
Концентраты аромата, применение 147
Коричневое окрашивание мякиша 166

Корка хлеба:
аминокислоты 163, 164
доля в хлебе 78, 131
изменения сахара 103
образование аромата 60, 76, 119, 120
покоричневение 78, 118, 119, 131
толщина 78, 107, 120, 130

Коэффициент ароматичности 34, 177
— брожения 39, 95
Кратковременная обжарка перед выпечкой хлеба 116
Крахмал, связывание ароматобразующих веществ 135

Lactobacillus brevis 33, 94
— *bulgaricus* 158
— *plantarum* 33, 94

Липазы, установление поражения плесенью 182
Липиды:
добавление в хлеб 86, 154
окисление и аромат 67, 154, 156
Липоксигеназа 65, 87, 156

Мальтоза:
в хлебе 54, 83, 158, 170
добавка в хлеб 170
образование 51, 53
Масса хлеба и аромат 128
Меланоидины, образование 50
Метилбутанол, образование 55
Метилглюкозаль, содержание в хлебе 72
Метилмеркаптан 61, 176
Метиональ, образование из метионина 55, 62
Микроорганизмы, образование аромата 32, 69, 94
Молоко:
добавка при производстве хлеба 152
обезжиренное (в предварительной фазе брожения) 161

Молочная кислота, образование 33, 93
Молочная сыворотка, сбраживание дрожжами 150
Молочнокислые бактерии, в закваске 33, 94
Мука, добавка в префермент 161
Муравьиная кислота в пумпернике 124
Мука из красного ржаного солода, добавка в хлеб 152, 166
Мука из целого зерна, прогоркание 65
Мускат, добавка в хлеб 154
Мыльные тона вкуса в хлебобулочных изделиях 65
Мякиши, физико-механические свойства 84

Облучение хлебобулочных изделий 70, 146

Образование аромата, химия и биохимия 31
— декстринов при выпечке хлеба для пумперникаеля 124
— корки при выпечке 112, 118
Овсяные продукты, прогоркание 66
Оксиметилфурфурол:
 образование 49, 125
 содержание в хлебе 72, 120, 125
Определение аромата, сенсорное 13, 87, 88, 103, 119, 126, 132
Отрицательные оттенки аромата 63, 64
Оценка хлеба 17, 18, 105

Папаин как добавка 164
Паропроницаемость упаковочных материалов 142, 143
Пахта, добавка в хлеб 123, 153
Пекарские жиры, добавка в хлеб 154
Перекисное число как индикатор аромата 181
Пероксидаза и прогоркание муки 64
Печные пары 157
Пивные дрожжи, добавление в тесто 150
Пиразины 57, 58
Пицриноградная кислота, предшественник ароматобразующих веществ 36
Пиролиз сахаров 48
Плеоневые грибы, влияние на аромат 69, 182
Поваренная соль, добавка в хлеб 83, 151, 154
Повышение температуры, в хлебе при выпечке 79, 118, 120, 130
Подкисляющие тесто препараты 96, 97
Покоричневение:
 корки хлеба 78, 118, 119, 131
 неферментативное 47, 163
Покоричневение поверхностного слоя хлеба 106
Популярность хлеба и аромат 100, 101

Потребление:
 жира 192
 продуктов переработки зерна 189
 хлеба 192
Предварительная обжарка хлеба 116
Предварительные фазы брожения при приготовлении белого пшеничного хлеба 159, 161
Представления потребителя о качестве и аромат 100, 193
Предшественники аромата, образование в тесте в результате действия ферментов 162—163
Преферменты при производстве белого пшеничного хлеба 158
Привкус стерилизации в хлебе 146
Приготовление теста на сухих заквасках 96
Проблемы питания и аромат 188
Прогоркость зерновых продуктов 65—67, 84
Прогрев в тесте-хлебе при выпечке 77, 117, 118, 122, 129
Продукты брожения для ароматизации 156, 157
Производные пиццола 56
Пролин, реакция с полиокси-соединениями 60
Протеазы, добавление в тесто для хлеба 165
Пумперникель 123—127, 145
Пряности, добавка в хлеб 102, 153

Развитие плесени в продуктах переработки зерна 69
Распад тиамина при производстве пумперникаеля 127
Реакция Майара 50, 54, 58
Ржаной смешанный хлеб 103
— хлеб из шрота 99, 114
— из муки из белого зерна, изменения аромата при хранении в жестяных банках 143, 144

Сахара:
разложение, пути изменения в обмене веществ 35
изменения в корке 163
как добавки в хлеб 83, 152
Свежесть хлеба и аромат 134
Сероводород в тесте 61
Сенсорная оценка хлеба 17, 18, 103, 119, 132
Серусодержащие соединения в тесте и хлебе 61, 176
Смешанный хлеб 100—106
Сокращенная длительность брожения закваски и аромат 93
«Соле-заквасочный» способ, для стабилизации закваски 154
Сорта хлеба, их предпочтительность 75, 100, 101, 191, 193
Сохранность витаминов, при выпечке 115, 168
Специальная закваска Brand-sauer 122
Спирты как индикаторы аромата 183
— в процессах брожения 40, 41, 43, 44, 45
Степень кислотности:
хлеба 78, 102, 111, 112, 139, 183
продуктов помола 182
Сушка, концентратов закваски 158
Схема оценки качества хлеба, ее развитие 17, 18

Температура выпечки и аромат 112, 113
Технология и аромат 73, 85, 116, 128
Тмин, добавка в хлеб 154
Толщина корки хлеба 107, 120

Увлажнение при выпечке, влияние на окраску поверхности корки 115
Углеводы, термический гидролиз при производстве хлеба для пумперникаля 124

Уксусная кислота, образование 33, 95
Упаковка хлеба и аромат 141, 142
Усвоемость и аромат хлеба 185
— и кислотность хлеба 186, 187
Усиление аромата при применении предварительной фазы брожения 159
Условия ферментативных процессов и аромат белого хлеба 85

Фенилэтаналь, образование 55
Фенхель, добавка в хлеб 153
Ферменты пищеварения при потреблении хлеба 187
Форма хлеба и аромат 128
Фурфурол:
как индикатор аромата 124, 181
образование 50
содержание в хлебе 76, 104, 108, 110, 141, 178

Хлеб:
в жестяных банках 143
из цельносмолотого зерна 192
как «нейтральный пищевой продукт» 191
с добавлением льняного семени 123
— пахты 123, 153
— фруктов 123
ржаной из шрота 99, 114
Хлебные изделия длительного хранения, прогоркание 67
Хлебопекарные печи:
старые «жаровые» 116, 117
выпечка паром 122
Хроматография на бумаге 173

Черствение, и аромат хлеба 133

Эмульгаторы для продления свежести хлеба, влияние на вкус 141
Этанол, содержание в хлебе 76, 91, 107, 108, 109, 120, 132, 178

Этилацетат, в процессе выпечки 107
Этиловый эфир 46, 107
Эффективность аромата ароматобразующих веществ 57, 62, 174

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	5
Предисловие к русскому изданию	6
1. Общие проблемы анализа аромата	9
1.1. Комплексность вкусовых ощущений	9
1.2. Сенсорное и аналитическое определение аромата	13
1.3. Вкус и аромат при оценке качества хлеба	14
1.4. Ароматобразующие вещества, обнаруженные в различных пищевых продуктах	19
1.5. Ароматобразующие вещества хлеба	22
2. Химия и биохимия образования аромата хлеба	31
2.1. Ароматобразующие вещества как побочные и конечные продукты микробиологических процессов	31
2.2. Образование высших спиртов и альдегидов в процессе брожения	40
2.3. Образование эфиров в процессе брожения	45
2.4. Карамелизация и реакция Майара	47
2.5. Образование пиразинов	56
2.6. Серусодержащие соединения в тесте и хлебе	61
2.7. Образование «отрицательных» оттенков аромата в зерновых продуктах	63
3. Технологические аспекты аромата хлеба	73
3.1. Значение объективных методов анализа аромата хлеба для современной технологии его производства	73
3.2. Аналитическое установление различий в аромате хлеба, обусловленных его сортом	75
3.3. Тестоведение и аромат брожения	81
3.3.1. Вкус и аромат пшеничного белого хлеба	81
3.3.2. Аромат пшеничного хлеба при сокращенном тестоприготовлении	85
3.3.3. Приготовление теста на заквасках и аромат ржаного хлеба	92
3.3.4. Проблема аромата при приготовлении смешанных (из ржаной и пшеничной муки) сортов хлеба	99
3.4. Влияние процесса выпечки на образование аромата	105
3.4.1. Длительность выпечки и температурный режим в печи	105
3.4.2. Усиление аромата при предварительной обжарке хлеба	116
3.4.3. Образование аромата в процессе выпечки в паровой камере	122
3.5. Влияние массы и формы хлеба на аромат	128

3.6.	Изменение аромата хлеба при хранении	133
3.7.	Аромат хлеба и упаковка	141
4.	Влияние добавок на аромат хлеба	147
4.1.	Современное состояние ароматизации пищевых про- дуктов	147
4.2.	Влияние вкусовых добавок на качество хлеба	149
4.3.	Печные пары, экстракты и концентраты продуктов брожения	156
4.4.	Усиление аромата путем применения предварительной фазы брожения при приготовлении теста для белого пшеничного хлеба	159
4.5.	Влияние добавления ферментов на вкус хлеба	162
4.6.	Ароматизация отдельными компонентами	168
5.	Количественный анализ аромата хлеба	171
5.1.	Проблема количественного определения ароматобра- зующих веществ	171
5.2.	Количественные анализы ароматобразующих ве- ществ хлеба и их применение	174
5.3.	Индикаторы аромата и их значение при переработке зерна	180
6.	Аромат хлеба с точки зрения науки о питании	185
6.1.	Аромат и усвоемость	185
6.2.	Изменение условий питания и их взаимосвязь с аро- матом пищевых продуктов	187
6.3.	Проблемы питания, потребление и аромат хлеба	188
	Итоги и задачи	194
	Список использованной литературы	196