



**УЧЕБНОЕ
ПОСОБИЕ**

И. А. Баженова
Т. Е. Бурова
Т. С. Баженова

ХИМИЯ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

ТРОИЦКИЙ МОСТ
ТМ 2020
Санкт-Петербург

УДК 664-4(075.8)
ББК 36-1я73
Б16

Рецензент

Е. И. Кипрушкина — доктор технических наук, доцент факультета пищевых технологий и инженерии Университета ИТМО.

Б16 Баженова И. А.

Химия вкуса, цвета и аромата пищевых продуктов: Учебное пособие / И. А. Баженова, Т. Е. Бурова, Т. С. Баженова. — СПб.: Троицкий мост, 2020. — 160 с.

ISBN 978-5-6043433-1-9

В учебном пособии рассмотрены основные причины, объясняющие вкус, цвет, запах пищевых продуктов, и изменения этих параметров при технологической обработке и хранении. Отдельное внимание уделено органолептической оценке пищевых продуктов и работе дегустационных комиссий.

Учебное пособие предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки «Технология продукции и организация общественного питания», «Продукты питания из растительного сырья», «Продукты питания животного происхождения». Также пособие может быть рекомендовано студентам бакалавриата при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ и студентам, обучающимся по направлению «Биотехнология».

УДК 664-4(075.8)
ББК 36-1я73

ISBN 978-5-6043433-1-9

© ООО «ИТК Троицкий мост», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА.....	6
1.1. Рецепторы и анализаторы.....	6
1.2. Строение и работа зрительного анализатора	8
1.3. Строение и работа вкусового анализатора	10
1.4. Строение и работа обонятельного анализатора	12
ГЛАВА 2. ХИМИЯ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	16
2.1. Химия вкуса.....	16
2.1.1. Основные виды вкуса.....	16
2.1.2. Основы химии вкусовых ощущений	17
2.1.3. Усилители вкуса	22
2.1.4. Оценка вкуса	23
2.2. Химия цвета.....	24
2.2.1. Характеристики света и цвета	24
2.2.2. Теория цветности	27
2.2.3. Растительные и животные пигменты	32
2.2.4. Использование пигментов человеком	50
2.2.5. Психология цвета.....	54
2.3. Химия запаха	58
ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ХРАНЕНИИ	72
3.1. Фрукты и овощи.....	72
3.1.1. Изменения при созревании и хранении плодов.....	72
3.1.2. Изменения при охлаждении и хранении овощных культур.....	79
3.1.3. Изменения в растительном сырье при подготовке к замораживанию	88

3.2. Мясо и рыба, мясные и рыбные продукты.....	90
3.2.1. Изменения при термической обработке и посоле.....	96
3.2.2. Изменения, происходящие при копчении	112
3.3. Хлеб и хлебобулочные продукты	116
3.4. Изменения, происходящие в молочных продуктах	120
3.5. Кофе.....	130
3.6. Чай	134
ГЛАВА 4. ДЕГУСТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	140
4.1. Основы органолептического анализа.....	140
4.2. Методы оценки органолептических показателей пищевых продуктов	143
4.2.1. Различительные методы	144
4.2.2. Методы с использованием шкал и категорий.....	145
4.2.3. Описательные методы	146
4.3. Виды дегустаций.....	146
4.4. Требования к экспертам-дегустаторам	148
4.5. Требования к лаборатории органолептического анализа.....	151
4.6. Правила проведения дегустаций	152
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	157

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие «Химия вкуса, цвета и аромата пищевых продуктов» предназначено для магистрантов, обучающихся по направлениям подготовки 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания», 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья», 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения». Также пособие может быть рекомендовано студентам бакалавриата, обучающимся по направлениям подготовки 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья» (программа «Технология консервов и пищевых концентратов»), 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения» (программы «Технология мяса и мясных продуктов», «Технология рыбы и рыбных продуктов»), 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания» (программы «Технология продукции и организация ресторанного дела», «Технология и организация индустриального производства кулинарной продукции и кондитерских изделий») при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Учебное пособие может быть рекомендовано и студентам, обучающимся по направлению 19.03.01 и 19.04.01 «Биотехнология».

«Химия вкуса, цвета и аромата пищевых продуктов» является дисциплиной, позволяющей обобщить знания по биоорганической химии, химии пищевых продуктов, биологической химии, технологии продукции общественного питания и сформировать представления о факторах, которые отвечают за наличие или изменения определенного вкуса, цвета и аромата различных пищевых продуктов.

В данном пособии рассмотрены различные группы пигментов, вкусовых и ароматических веществ, закономерности их изменения в технологических процессах и при хранении. Теоретический материал сопровождаются схемами, рисунками, таблицы.

Содержание учебного пособия способствует реализации компетенций по программе дисциплины «Химия вкуса, цвета и аромата пищевых продуктов».

ГЛАВА 1

ОСНОВЫ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА

1.1. РЕЦЕПТОРЫ И АНАЛИЗАТОРЫ

Человек, как любой живой организм, существует в тесной связи с окружающей средой. Этот контакт осуществляется главным образом за счет деятельности нервной системы, работа которой происходит по принципу рефлекса (от лат. *reflexus* — отражение). Рефлекс — причинно-обусловленная реакция организма на раздражение при обязательном участии центральной нервной системы (ЦНС).

Для проявления рефлекторной реакции необходимо наличие раздражителя и совокупности нервных образований — рефлекторной дуги, включающей рецептор, афферентный нервный путь, рефлекторный центр, эфферентный путь и эффектор.

Рецептор воспринимает раздражение и трансформирует его энергию в нервные импульсы. Анатомически рецепторы представляют собой чувствительные нервные окончания, которые имеют высокую специфичность по отношению к раздражителям. Рецепторы, возбуждающиеся под влиянием раздражителей из окружающей среды, называются экстерорецепторами. К ним относятся рецепторы кожи, глаз, внутреннего уха, слизистой оболочки носа и ротовой полости. Рецепторы, воспринимающие раздражения из внутренней среды организма, — инте-

рорецепторы — это рецепторы внутренних органов и сосудов. Рецепторы, реагирующие на изменение положения отдельных частей тела в пространстве, — проприорецепторы (рецепторы мышц, сухожилий, связок, суставных сумок).

Причиной возникновения возбуждения в рецепторе является деполаризация его поверхностной мембраны в результате действия раздражителя — рецепторный, или регенераторный, потенциал.

Почти все рецепторы (кроме проприорецепторов) обладают способностью к адаптации, т. е. снижению чувствительности к постоянно действующему раздражителю.

От рецепторов по афферентному (центростремительному) нервному пути импульсы передаются в центральную нервную систему. Афферентный путь представлен чувствительными нервными волокнами воспринимающего нейрона.

По афферентному пути нервный импульс достигает рефлекторного центра. Он представлен группой нервных клеток, расположенных в различных отделах центральной нервной системы. В рефлекторном центре происходит переработка поступивших импульсов и переключение их на эфферентный путь.

По эфферентному (центробежному) нервному пути импульсы передаются от рефлекторного центра к эффектору. Этот путь представлен нервными волокнами эфферентных нервных клеток, расположенных в центральной нервной системе или вегетативных ганглиях. Эфферентные волокна могут быть двигательными или секреторными.

Эффектор — рабочий орган, отвечающий на раздражение изменением своей деятельности.

Рефлекторные реакции имеют приспособительное значение. Они регулируют, контролируют, координируют функции органов и систем, а также физиологические реакции человека.

На основе единства деятельности центральной и периферической нервной системы, головного мозга и рецепторов И. П. Павлов создал учение об анализаторах.

Анализатор — совокупность периферического, проводникового и центрального отделов нервной системы.

Периферический отдел анализатора — рецепторы. Их можно разделить на дистантные и контактные. Дистантные рецепторы способны воспринимать раздражения, источник которых находится на значительном расстоянии от организма, а контактные рецепторы возбуждаются при непосредственном соприкосновении с источником раздражения.

К дистантным рецепторам относятся зрительные, слуховые, обонятельные рецепторы, к контактным — тактильные, температурные, вкусовые.

Проводниковый отдел анализатора представлен нервными путями, проводящими нервные импульсы в центральный отдел анализатора.

Центральный, или мозговой, отдел анализатора — определенные участки коры больших полушарий, высокодифференцированные в функциональном отношении нейроны. В центральном отделе нервные импульсы приобретают новые качества, которые являются основой для возникновения ощущения, правильно отражающего окружающую действительность. На основе ощущений возникают восприятие, представление и абстрактное мышление.

Все анализаторы делят на внешние и внутренние. За счет внешних анализаторов (зрительный, слуховой, вкусовой, обонятельный, кожный) человек познает окружающий материальный мир. С помощью внутренних анализаторов (двигательный, вестибулярный, анализатор внутренних органов) головной мозг получает информацию о состоянии внутренних органов, двигательного аппарата, положении тела и его частей в пространстве.

1.2. СТРОЕНИЕ И РАБОТА ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

Работа зрительного анализатора заключается в восприятии предметов внешней среды: их цвета, освещенности, величины, формы, определении расстояния до предмета.

Орган зрения — глаз, состоящий из глазного яблока и вспомогательного аппарата (рис. 1). Глазное яблоко расположено в полости глазницы и образовано несколькими оболочками: наружная фиброзная или роговица, склера или белочная, и сосудистая. Внутренняя оболочка состоит из сетчатки, на которой расположены фоторецепторы (палочки и колбочки), и ее кровеносных сосудов.

В глазу различают рецепторный аппарат и оптическую систему, собирающую световые лучи и обеспечивающую четкое изображение предметов на сетчатке, но в уменьшенном и перевернутом виде. Оптическая система представлена передней и задней поверхностью роговой оболочки, хрусталиком и стекловидным телом. Поступающие в глаз световые лучи проходят через его оптическую систему и попадают на сетчатку.

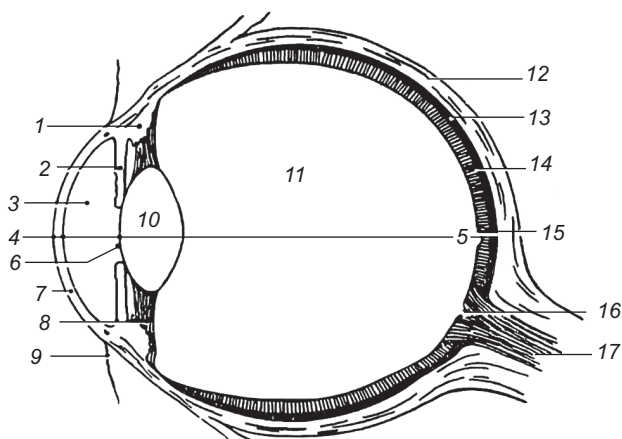


Рис. 1. Схематический разрез глаза человека:

1 — ресничная мышца; 2 — радужная оболочка; 3 — водянистая влага; 4–5 — оптическая ось; 6 — зрачок; 7 — роговица; 8 — цилиарная связка; 9 — конъюнктура; 10 — хрусталик; 11 — стекловидное тело; 12 — склера; 13 — сосудистая оболочка; 14 — сетчатка; 15 — центральная ямка; 16 — слепое пятно; 17 — зрительный нерв

Сетчатка имеет многослойную структуру. Здесь расположены два вида фоторецепторов — палочки и колбочки и несколько видов нервных клеток с многочисленными отростками. Они являются периферическим отделом зрительного анализатора. Фоторецепторы содержат пигменты: палочки — родопсин, колбочки — йодопсин. При действии света в палочках и колбочках происходят физические и химические процессы. Так, под влиянием света родопсин разрушается. При затемнении глаз зрительный пурпур восстанавливается с участием витамина А. Аналогичные превращения происходят с йодопсином, но разрушение его на свету в 4 раза медленнее, чем у родопсина.

У человека в сетчатке около 6–7 млн колбочек и 110–125 млн палочек. Колбочки обеспечивают дневное зрение и восприятие цвета, палочки — сумеречное, ночное зрение.

Под влиянием энергии света происходит изменение зрительного пигмента в палочках и колбочках. Один из образовавшихся промежуточных продуктов превращения родопсина приводит фоторецепторы сетчатки глаза в возбуждение. Возникшие в фоторецепторах нервные импульсы по зрительному нерву (проводниковый отдел) поступают в затылочную область (центральный отдел). В нейронах затылочной обла-

сти коры головного мозга возникают разнообразные зрительные ощущения.

Чувствительность глаза к восприятию света зависит от освещенности предмета. Если человек переходит из темного помещения в светлое, то в первое время наступает ослепление. Постепенно глаз адаптируется к свету за счет понижения чувствительности фоторецепторов сетчатки. Это явление световой адаптации. Наоборот, при переходе из светлого помещения в темное человек ничего не видит. Через какое-то время чувствительность фоторецепторов сетчатки повышается, человек начинает различать контуры предметов. Это явление называется темновой адаптацией.

Для человека характерно бинокулярное цветовое зрение. При бинокулярном зрении человек не воспринимает два одинаковых предмета, так как изображения падают на идентичные участки сетчатки, и два изображения сливаются в одно. Бинокулярное зрение имеет большое значение в определении формы предмета и расстояния до него.

Человек способен различать большое количество цветов и их оттенков. Наиболее признанной теорией, объясняющей механизм цветового зрения, является трехкомпонентная теория Ломоносова—Гельмгольца. Согласно этой теории, в сетчатке имеются три типа фоточувствительных колбочек, воспринимающих красный, зеленый и сине-фиолетовый цвета. Разложение светочувствительных веществ, находящихся в колбочках, вызывает раздражение нервных окончаний. Возбуждение, дошедшее до коры головного мозга, суммируется, и возникает ощущение одного однородного цвета. Одинаковое по силе и одновременное раздражение трех типов цветовоспринимающих элементов сетчатки дает ощущение белого цвета.

1.3. СТРОЕНИЕ И РАБОТА ВКУСОВОГО АНАЛИЗАТОРА

Значение вкусового анализатора заключается в апробации пищи при непосредственном соприкосновении ее со слизистой оболочкой полости рта. Вкус формируется благодаря взаимодействию нескольких анатомически автономных сенсорных систем.

Периферический отдел вкусового анализатора представлен рецепторами, заложенными в эпителии слизистой оболочки ротовой полости, — вкусовыми рецепторами, или вкусовыми почками. Раздра-

жителями этих рецепторов являются вкусовые вещества различного качества. Топография восприятия различных вкусов и строение вкусовой почки представлены на рис. 2.

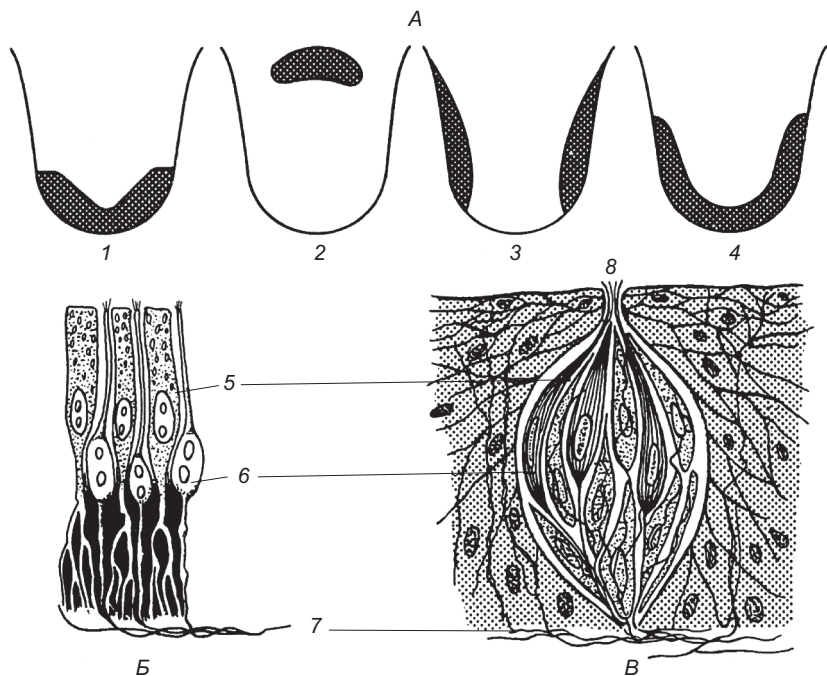


Рис. 2. Топография вкусовых зон языка и строение вкусовой почки:

А — распределение на поверхности языка вкусовых почек, чувствительных к сладкому (1), горькому (2), кислому (3) и соленому (4). *Б* — клетки обонятельного эпителия носовой полости человека. *В* — Клетки вкусовой почки в эпителии языка: 5 — поддерживающие клетки; 6 — чувствительные клетки; 7 — нервные волокна; 8 — пора

Вкусовые почки расположены на сосочках языка. Они образованы 30–80 удлинненными клетками, тесно прилегающими одна к другой. На языке они располагаются в области листовидных, грибовидных и желобоватых сосочков.

Больше всего вкусовых рецепторов имеется на кончике, краях и задней части языка. Вкусовые рецепторы не обнаружены на середине и нижней поверхности языка. Рецепторы вкуса также расположены на задней стенке глотки, мягком небе, миндалинах, надгортаннике. Все-

го во рту человека примерно 10 000 вкусовых почек, каждая из них содержит несколько десятков вкусовых клеток. На их поверхности есть реснички, на которых локализованы молекулы, обеспечивающие распознавание, усиление и преобразование вкусовых сигналов.

Вкусовые сосочки специализированы для восприятия химических раздражителей, обуславливающих неодинаковые вкусовые ощущения (горькое, соленое, сладкое, кислое). Доказано, что раздражение одних сосочков языка вызывает только ощущение сладкого вкуса, других — только горького и т. д. Но имеются сосочки, возбуждение которых сопровождается двумя или тремя вкусовыми ощущениями. Возбуждение вкусовых рецепторов вызывают вещества, находящиеся в растворенном виде.

Собственно, сама вкусовая почка не достигает поверхности слизистой языка, в полость рта выходит только вкусовая пора. Растворенные в слюне вещества через пору проникают в наполненное жидкостью пространство над вкусовой почкой, где соприкасаются с ресничками вкусовых клеток.

На поверхности ресничек находятся специфические рецепторы, которые избирательно связывают молекулы, растворенных в слюне веществ, переходят в активное состояние и запускают каскад биохимических реакций во вкусовой клетке. Эта клетка высвобождает нейротрансмиттер, стимулирующий вкусовой нерв, от которого по проводниковому пути (блуждающему, лицевому и языкоглоточному нервам) импульсы различной интенсивности поступают в мозговой отдел анализатора, располагающегося в ближайшем соседстве с корковым отделом обонятельного анализатора (рис. 3). Здесь возникают различные вкусовые ощущения. Примерно за 150 миллисекунд первая информация о вкусовой стимуляции доходит до коры головного мозга.

Для возникновения ощущения вкуса имеет значение раздражение не только вкусовых, но и обонятельных, тактильных, болевых, температурных рецепторов полости рта. За счет комплексного воздействия возникает ощущение вяжущего, терпкого и других разновидностей вкуса.

1.4. СТРОЕНИЕ И РАБОТА ОБОНЯТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

Обонятельный анализатор участвует в определении запахов, связанных с наличием в окружающей среде пахучих веществ. Его строение представлено на рис. 4.

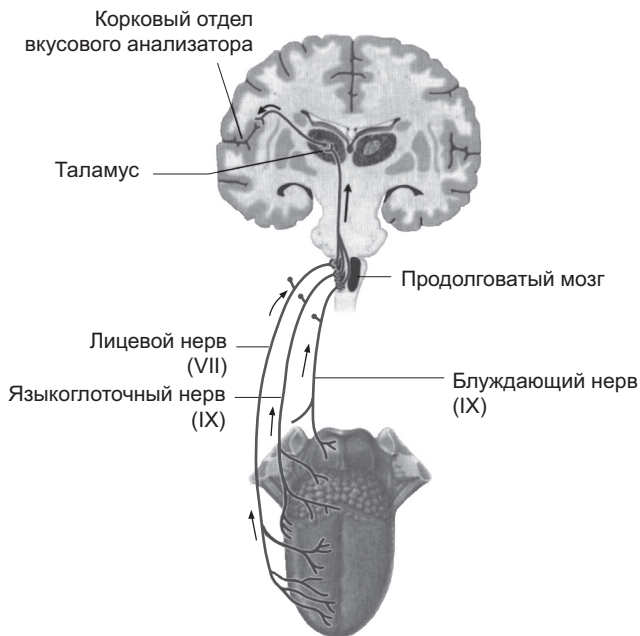


Рис. 3. Схема вкусовых путей

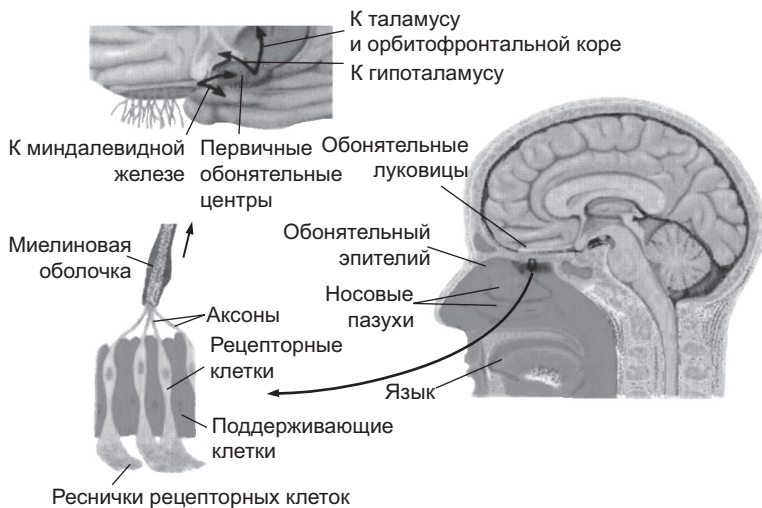


Рис. 4. Строение обонятельного анализатора

Периферический отдел анализатора образован обонятельными рецепторами, которые находятся в слизистой оболочке носа (рис. 5). Рецепторы сосредоточены в верхних носовых ходах между цилиндрическими опорными клетками. На поверхности обонятельных клеток имеются реснички, которые находятся в постоянном движении, что увеличивает возможность их контакта с молекулами пахучего вещества. Обонятельные рецепторы очень чувствительны. Так, для получения ощущения запаха достаточно, чтобы возбуждились 40 клеток, при условии действия на каждую одной молекулы пахучего вещества.

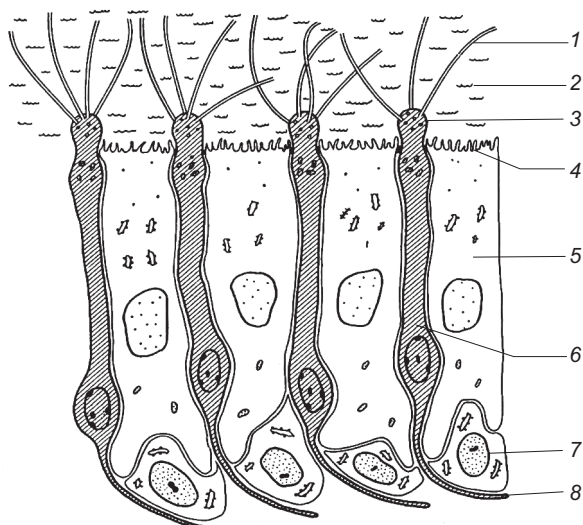


Рис. 5. Схема строения обонятельного эпителия:

- 1 — реснички; 2 — слизь; 3 — обонятельная луковица; 4 — микроворсинки;
- 5 — опорная клетка; 6 — обонятельный рецептор; 7 — базальная клетка;
- 8 — нервное волокно

Специфическими раздражителями обонятельных рецепторов являются химические вещества различной природы.

От обонятельных рецепторов нервные импульсы по обонятельному нерву (проводниковый отдел) поступают в мозговой отдел — область крючка и гиппокампа лимбической системы. В корковом отделе анализатора возникают различные обонятельные ощущения.

Ощущение запаха зависит от химической структуры, концентрации пахучего вещества. Также на интенсивность запаха влияет скорость тока воздуха через нос, количество слизи в носовых ходах.

У обонятельных рецепторов выражена способность к адаптации, за счет которой снижается их чувствительность к действию пахучих веществ. Адаптация может проявляться только по отношению к конкретному запаху и не распространяться на другие виды запахов.

ГЛАВА 2

ХИМИЯ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

2.1. ХИМИЯ ВКУСА

2.1.1. Основные виды вкуса

Выделяют четыре основных вида вкуса: кислый, соленый, горький и сладкий. За распознавание каждого вкуса отвечает определенная область языка. Так, на кончике языка больше рецепторов, воспринимающих сладкий вкус, края языка чувствуют соленый и кислый вкус, а основания языка отвечает за распознавание горького вкуса. Молекула вещества, вызывающего определенное вкусовое ощущение, может связаться только со своим рецептором. Если такого рецептора нет, то вещество не вызывает вкусового ощущения.

В настоящее время к четырем основным видам вкуса добавляют пятый, описанный еще в XIX веке немецким физиологом Адольфом Фиком. Это вкус умами (от японского «умаи» — вкусный, приятный). Он характерен для белковых продуктов: мяса, рыбы и бульонов на их основе. В попытке выяснить химическую природу этого вкуса японский химик Кикунэ Икеда проанализировал химический состав морской водоросли *Laminaria japonica*, основного ингредиента японских супов с выраженным вкусом умами. В 1908 году он опубликовал работу

о глутаминовой кислоте, как носителе вкуса умами, а позднее запатентовал технологию получения глутамата натрия. Окончательно же признан вкус умами был в 1980-х годах.

Сегодня обсуждают и новые вкусы, пока не входящие в классификацию. К ним относят металлический вкус (железо, цинк), вкус кальция, лакричный, вкус жира, чистой воды.

Различать вкусы человек учится еще в утробе матери. Тогда же формируются пристрастия, с которыми ребенок приходит в мир. Эксперименты показали, что если беременные женщины за десять дней до родов ели конфеты с анисом, то дети в первые дни жизни поворачивались в сторону, откуда исходил анисовый запах. Тот же эффект отмечался с чесноком, морковью и алкоголем.

Генетики пришли к выводу, что восприятие того или иного вкуса обусловлено генетически. Наблюдения были начаты в 1931 году, когда химик Артур Фокс синтезировал фенилтиомочевину. Было выяснено, что горечь этого вещества не ощущают примерно 50% европейцев, 30% азиатов и 1,4% индейцев Амазонии. А ген, ответственный за это, был обнаружен только в 2003 году. Оказалось, что он кодирует рецепторный белок вкусовых клеток. С тех пор обнаружено около 30 генов, кодирующих распознавание горького вкуса. Также вкусовые пристрастия зависят от семейных традиций, от обычаев страны, где человек родился и вырос.

2.1.2. Основы химии вкусовых ощущений

Ученые давно пытаются выяснить «химию вкуса»: как именно передается вкусовое ощущение, почему данное вещество обладает именно этим вкусом, а не другим.

Причины ощущения того или иного вкуса различны. Горький вкус — это сигнал опасности, поэтому такой вкус имеют большинство ядовитых веществ. По этой причине «горьких» рецепторов больше. Некоторые вещества, например сахарин, могут активировать как сладкие, так и горькие рецепторы. Поэтому одновременно возникает ощущение горького и сладкого вкусов.

Химическое и физиологическое определение кислого вкуса обуславливается концентрацией ионов H^+ , соленого — присутствием хлорида натрия. Когда происходит изменение концентрации ионов — носителей кислого и соленого, — тут же реагируют соответствующие ионные каналы, т. е. трансмембранные белки, избирательно пропускающие ионы в клетку.

Теорий, объясняющих ощущение вкуса на молекулярном уровне, предложено несколько. Они основываются на таких представлениях, как природа функциональных групп; физические и химические свойства молекул сладких веществ; образование внутримолекулярных водородных связей и (или) наличие белка, который управляет подходом к рецепторам вкусового бугорка. Но единой теории нет, и необходимы дальнейшие исследования в этой области. Ведь такая теория должна не только предсказывать вкус конкретного вещества, но и служить руководством к синтезу новых химических соединений с заранее заданным вкусом. Пока же существуют лишь частные теории, позволяющие с большим или меньшим успехом объяснять отдельные опытные данные.

В соответствии с самой распространенной теорией, вкус данного вещества связан с определенным пространственным расположением атомов в его молекуле. Эта структура должна соответствовать структуре белкового вещества — вкусового рецептора, который находится в специализированной вкусовой клетке. Это похоже на то, как ключ подходит к замку. Например, было установлено, что если в молекуле вещества-ключа расстояние между определенными «зубчиками» равно 0,3 нм, то такой «ключ» хорошо подходит к белковой молекуле-рецептору, которая ответственна за сладкий вкус. Соответственно вещество будет сладким. Однако известно множество веществ, молекулы которых не имеют указанных «зубчиков», а вещества все же сладкие. Почему это так, пока в точности неизвестно. Интересно, что в молекулах некоторых горьких веществ расстояние между соответствующими «зубчиками» равно 0,15 нм, т. е. вдвое меньше, чем у многих «сладких» молекул.

Вкусовые ощущения человека можно разделить на четыре основных: соленое, кислое, горькое и сладкое. Но такое деление упрощено.

На языке находятся вкусовые рецепторы, расположенные на участках, обладающих специфической чувствительностью. Вкусовые ощущения возникают благодаря рецепторам, расположенным в специальных бугорках на языке, называемых вкусовыми почками. Вкусовые ощущения связаны с возникновением электрического импульса, идущего от рецепторов в ЦНС.

С молекулярной точки зрения наиболее изученным является вкус сладкого. Все сахара имеют разную сладость (табл. 1). На вкус влияют даже столь незначительные структурные различия, как конфигурация относительно аномерного углеродного атома циклической формы гексозы. Так, α -D-манноза сладкая, а β -D-манноза горькая на вкус.

Таблица 1. Сладость различных сахаров

Сахар	Сладость в растворе	Сладость кристаллического вещества
β -D-фруктоза	100–175	180
Сахароза	100	100
α -D-глюкоза	40–79	74
β -D-глюкоза	30–40	82
α -D-галактоза	27–67	32
β -D-галактоза	–	21
α -D-манноза	59	32
β -D-манноза	Горькая	Горькая
α -D-лактоза	16–38	16
β -D-лактоза	48	32
β -D-мальтоза	32–46	–
Раффиноза	23	1
Стахиоза	–	10

Самым сладким из всех сахаров считается фруктоза в β -D-пиранозной форме. Ее сравнительная сладость заметно уменьшается при повышении температуры раствора и увеличении длительности хранения. Этот эффект можно объяснить сложной мутаротацией.

На вкус влияет даже пространственное расположение атомов в молекулах веществ одного и того же строения. Сладким вкусом обладают некоторые аминокислоты (АК) и пептиды (табл. 2). Но общего правила здесь также не существует. Например, все так называемые правовращающие α -аминокислоты (в природе они почти не встречаются) сладкие, тогда как левовращающие α -аминокислоты (их молекулы зеркально симметричны правым) могут быть сладкими, горькими или безвкусными. А вот γ -аминомасляная кислота $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ (играет исключительно важную роль в функционировании нервных клеток), у которой аминогруппа удалена от карбоксильной группы, безвкусна. Это также согласуется с важностью формы молекулы для возможности ее связывания с белком-рецептором. Действительно, если изготовить зеркально-симметричную копию любого ключа, он замок уже не откроет.

Можно считать сладкими L-изомеры аланина, серина, пролина, треонина, валина. Очевидно, что должно быть какое-то специфическое взаимодействие между искусственно получаемыми D-изомерами и рецепторами вкусовых сосочков. Можно предположить, что ощущение

Таблица 2. Вкус аминокислот

Аминокислота	L-изомер	D-изомер
Аланин	Сладкий	Сладкий
Аспарагин	Безвкусный	Долго не исчезающий сладкий вкус
Глутаминовая кислота	Особый сложный вкус	Безвкусный
Глицин (не имеет асимметрического атома)	Сладкий	
Гистидин	Безвкусный	Сладкий
Лейцин	Чуть горьковатый	Очень сладкий
Метионин	Безвкусный	Сладкий
Фенилаланин	Чуть горьковатый	Сладкий с остающимся горьким привкусом
Пролин	Сладкий	–
Серин	Сладкий	Очень сладкий
Треонин	Одним кажется сладким, другим — горьким	Сладкий
Триптофан	Безвкусный	Сладкий
Тирозин	Горький	Сладкий
Валин	Чуть сладковатый, но с горьким привкусом	Очень сладкий

ние сладкого вкуса связано с конформационным воздействием, оказываемым D-аминокислотами на белки рецепторных центров. Рецепторный центр содержит асимметрический атом углерода, и может происходить преимущественное взаимодействие, приводящее к образованию энантиомерного переходного комплекса D-аминокислоты с L-рецепторным центром.

Кроме того, ощущение сладости зависит от способа измерения вкусового ощущения. При концентрации, близкой к пороговой, сахара кажется горькой. По мере увеличения концентрации сахарозы преобладающим становится сладкий вкус.

В 1997 году американский преподаватель химии из Миннесоты Пол Отейн поставил интересный эксперимент. Были приготовлены шесть сильно разбавленных растворов, содержащих от 1,14 до 36,7 мг искусственного пищевого подсластителя аспартама в 50 мл воды. Затем несколько десятков экспериментаторов пробовали на вкус каждый из растворов и по своим ощущениям сладости оценивали ее в баллах — от

0 до 5. Перед каждым испытанием надо было прополоскать рот чистой водой, чтобы смыть с языка остатки предыдущего раствора. Результаты получились очень интересными. Субъективная оценка сладости не увеличивалась плавно с концентрацией раствора: сначала баллы росли быстро, а затем все медленнее. Объяснить это можно так. По мере роста концентрации аспартама его молекулы связываются с большим числом вкусовых рецепторов языка, которые отвечают за распознавание сладкого вкуса. Соответственно усиливается ощущение сладости. Но когда аспартама становится достаточно много, почти все вкусовые рецепторы оказываются «заняты», и дальнейшее увеличение концентрации уже мало отражается на сладости раствора. Едва заметный сладкий вкус чувствовался у растворов с концентрацией аспартама примерно на 0,003%. Таким образом можно определить, во сколько раз аспартам слаще сахара (для него сладкий вкус можно почувствовать лишь при концентрации примерно 0,35%).

Создание единой теории вкусовых ощущений осложняется многими обстоятельствами. Прежде всего, вещества, с химической точки зрения совершенно различные, могут иметь практически одинаковый вкус и наоборот, близкие по строению вещества на вкус могут быть разными. Например, сладкий вкус имеют очень похожие молекулы моносахаридов глюкозы, фруктозы и галактозы. А вот распространенный в природе трисахарид рафиноза — соединение глюкозы, фруктозы и галактозы — на вкус совсем не сладкий. В то же время совершенно не похожий по строению на глюкозу 2-амино-4-нитро-1-пропоксibenзол исключительно сладок: он слаще сахарозы в 4000 раз. Это довольно простое производное бензола для пищевых целей не годится, так как обладает ярко выраженной местной анестезирующей способностью, от него сильно немеют язык и вся полость рта. Но достаточно ввести в эту молекулу малейшие изменения, например, поменять местами любые два заместителя в кольце или переставить хоть один из них в другое положение, как вещество становится абсолютно безвкусным.

На вкус могут влиять различные факторы. Например, язык, как и другие части тела, обладает осязательным чувством; прекрасно различает он также холодное и горячее. Сочетание чисто вкусового и осязательного ощущений создает то, что называют вяжущим, мучнистым, острым, терпким, жгучим вкусом. Так, вещества, содержащиеся в черном перце, действуют на болевые нервные окончания на языке, что вызывает чувство сильного и длительного жжения. Такое же жжение испытывал каждый, кому хоть раз в салате вместе со сладким перцем по-

падал стручок жгучего. Это действуют на язык пиперин, содержащийся в черном перце, и капсаицин, содержащийся в плодах жгучего красного стручкового перца. Влияет на вкус и температура: сильно охлажденный язык (с помощью очень холодного мороженого) или сильно нагретый (очень горячим чаем) в значительной степени теряет вкусовые ощущения. Известно много других фактов, с трудом поддающихся теоретическому объяснению. Например, некоторые вещества способны резко изменять вкусовые ощущения. Еще в прошлом веке ботаники описали африканский кустарник, красные плоды которого местные жители называли «чудодейственными». У пожевавшего эти плоды человека изменяются вкусовые ощущения — у укуса появляется приятный винный вкус, а лимонный сок превращается в сладкий напиток.

Таким образом, трудно вывести какую-нибудь связь между структурой соединения и его вкусом. Должно играть роль молекулярное узнавание. В некоторой степени вкусовые ощущения определяются и генетическими факторами. Так, фенилтиомочевина для 75% людей кажется горькой, а для 25% — безвкусной даже при высокой концентрации.

Некоторые физиологические состояния человека могут вызывать изменение способности воспринимать тот или иной вкус. Так, при насморке воздух плохо проходит в верхнюю часть носовых ходов, где расположены обонятельные клетки. Временно пропадает обоняние, которое важно в восприятии вкуса. При таком состоянии кофе воспринимается просто горьким.

Как ни странно, зубы тоже участвуют в восприятии вкуса. «Датчики» давления, расположенные вокруг корней зубов, сообщают нам о текстуре пищи. В этом процессе участвуют и жевательные мускулы, оценивающие твердость пищи. Экспериментально доказано, что, когда у человека имеется много зубов с удаленными нервами, ощущение вкуса меняется.

2.1.3. Усилители вкуса

Некоторые вещества, которые усиливают тот или иной вкус, специально добавляют в пищу. Они так и называются — усилители вкуса. Например, глутаминовая кислота $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ и ее натриевая соль (пищевые добавки E620 и E621) придают мясной вкус различным блюдам, даже если в них вообще нет мяса. Известны и вещества, вообще отбивающие вкусовые ощущения — как у человека, так и у животных. К ним принадлежат, например, некоторые тиолы — вещества, в молекулах которых имеется тиольная группа $-\text{S}-\text{H}$.

Небольшие количества солей меди и цинка возвращают вкус, что неудивительно, так как ионы этих металлов способны прочно связываться с тиолами, образуя солеподобные соединения.

Давно известно, что соединение, обладающее сладким вкусом, нелегко модифицировать, сохранив его сладкий вкус. Сахарин является сладким, а его N-алкилпроизводные безвкусны. Соли щелочных металлов циклогексиламинсульфата (цикламаты) сладкие, а такие же соли анилинсульфата почти безвкусны.

2.1.4. Оценка вкуса

При оценке вкуса определяют его типичность для данного продукта, устанавливают наличие специфических нехарактерных вкусовых свойств и прочих посторонних привкусов.

Качественное определение вкуса связано не только с определением основных вкусовых ощущений и их гармоничного сочетания, но и с осознанием пищи, что характеризуется терпкостью вкуса, остротой, жгучестью, нежностью. Вкус многих продуктов определяется также обонятельными ощущениями. Для характеристики в комплексе вкуса, запаха и осознания, определяемых качественно и количественно, применяют термин «вкусовость пищевых продуктов».

При определении сенсорной чувствительности включают проверку:

- на «вкусовой дальтонизм»;
- порога вкусовой чувствительности;
- порога разницы интенсивности вкуса.

Это определение способности распознавать основные виды вкуса. Для проверки на «вкусовую дальтонизм» приготовленные основные растворы подвергают дальнейшему разбавлению и получают пробы с низкой концентрацией в целях определения способности дегустаторов распознавать основные виды вкуса.

Порог чувствительности — это наименьшая интенсивность импульсов, которые воспринимаются органами чувств. Пороги чувствительности разные для разных впечатлений. Порог вкусовой чувствительности — это наименьшее количество вкусового вещества, вызывающее едва уловимое ощущение вкуса. Чем ниже порог чувствительности, тем выше чувствительность оценщика.

Порог разницы — это минимальное, но заметно воспринимаемое различие интенсивности двух импульсов одного и того же вида.

Пороги разницы определяют при помощи растворов химически чистых вкусовых веществ, представленных в двух концентрациях выше пороговых.

2.2. ХИМИЯ ЦВЕТА

2.2.1. Характеристики света и цвета

Световой луч, представляя собой единое целое, неоднороден. Белый свет Солнца содержит совокупность лучей разного цвета. При помощи хорошо известного опыта с трехгранной призмой свет можно разложить на ряд элементов — гамму цветов, которые создают непрерывный спектр. Цвета постепенно переходят один в другой, и четкой границы между ними нет. Такой цветовой спектр впервые получил по второй половине XVII века английский физик И. Ньютон.

В спектре различают семь цветов. Деление на семь цветовых зон довольно условно, переход цветов плавный, постепенный. Число 7 в древности считалось магическим, и Исаак Ньютон разделил цвета на семь, хотя большинство наблюдателей при нормальной интенсивности (яркости) светового излучения видит шесть цветов, а при низкой — три.

Голубой, зеленый, красный — основные цвета спектра, их оптические смеси дают практически все цвета. Любые три по-разному окрашенных пучка света могут образовать какой угодно цвет, если их смешать в разных пропорциях.

Цвет определяется способностью пигмента к поглощению света. Электромагнитные волны с длиной волны 400–700 нм составляют видимую часть солнечного излучения. Волны длиной 400–424 нм — это фиолетовый цвет, 424–491 — синий, 491–550 — зеленый, 550–585 — желтый, 585–647 — оранжевый, 647–740 нм — красный. Излучение с длиной волны меньше 400 нм — ультрафиолетовая, а с длиной волны более 740 нм — инфракрасная область спектра. В границах каждого участка спектра можно выделить ряд оттенков, которые соответствуют более узким интервалам волн.

Максимальное цветоразложение солнечного света приходится на 13–15 часов. Именно в это время луг, поле кажутся нам наиболее ярко и пестро расцветченными.

Если свет, падающий на какую-нибудь поверхность, полностью от нее отражается, эта поверхность выглядит белой. Если все лучи поглощаются, поверхность воспринимается как черная. Если же поглоща-

ются только лучи определенной длины, то отражение остальных создает ощущение цвета. Например, кожура апельсина поглощает лучи синей части спектра. И мы видим апельсин оранжевым.

Свет имеет двойственную природу — волновую и корпускулярную, т. е. проявляет свойства электромагнитных волн и потока частиц с разной энергией. Величина кванта энергии обратно пропорциональна длине волны.

Солнечный луч состоит из световых волн различной длины и проникаемости в разных средах. Часть из них поглощается молекулами или атомами вещества, часть проходит почти беспрепятственно, часть отражается. Таким образом, световые волны претерпевают изменения, прежде чем попадают в глаз человека и дают ощущение цвета.

Все известные цвета подразделяются на хроматические (окрашенные) и ахроматические. К ахроматическим относится только серый цвет с его оттенками в диапазоне между абсолютно белым и абсолютно черным. Серый цвет не встречается в спектре, и поэтому его нельзя охарактеризовать какой-либо длиной волны. Он определяется только показателем яркости.

Все другие цвета принадлежат к хроматическим. Так, монохроматический желтый цвет имеет длину волны 579,6 нм, красный — 712,1 нм. Смесь некоторых цветов воспринимается как новый цвет. Лимон мы воспринимаем желтым не потому, что он отражает не только желтый цвет, а еще отражает зеленый и красный.

Цвет — это свойство тела вызывать зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого им видимого излучения.

Цветовосприятие — это итог сложнейших трансформаций и превращений, включающих в себя взаимодействие светового излучения с молекулами вещества; избирательное поглощение световых волн молекулами, которым присуща окраска; действие отраженных лучей на сетчатку глаза.

Цвет вещества может быть связан с температурой. При ее понижении на основании физических изменений, происходящих в молекуле, максимумы поглощения сдвигаются в сторону коротких длин волн.

При описании цвета используют такие специальные характеристики, как цветовой тон, насыщенность, светлота или яркость.

Хроматический цвет можно получить смешением хроматического и ахроматического в определенном соотношении. В получаемом сборном световом потоке монохроматический компонент определяет цве-

товой тон. Тон или оттенок изменяется при изменении длины волны видимого спектра.

Изменение соотношения хроматического и ахроматического цветов не изменяет цветового тона, изменяется только его насыщенность. Насыщенность желтых и зеленых цветов легче оценить, чем красных и особенно фиолетовых. Разбавляя какой-либо спектральный участок белым цветом, мы можем составить непрерывный ряд оттенков, начиная от чисто белого (через слабую, среднюю и значительную интенсивность цвета) к чистому спектральному цвету. Доля чистого спектрального цвета в данном оттенке выражает насыщенность. Серые тона не имеют насыщенности и различаются по светлым оттенкам.

Цвет зависит от яркости освещения. Если постепенно уменьшать освещенность желтого цвета, то глаз все больше будет воспринимать его как коричневый, хотя длина волны и насыщенность не изменяются при объективном измерении.

Когда говорят о яркости цвета (темный, светлый), то имеют в виду его густоту, которая не меняет оттенка. Светлота цвета рассматривается как относительная яркость предмета. Впечатление от яркости разноцветных объектов меняется в зависимости от общего уровня яркости. Если яркость цвета какого-нибудь объекта достаточна по абсолютной величине, т. е. сама по себе, но в сравнении с окружением ниже, то и цвет объекта будет казаться сероватым, блеклым. Дерево с зеленой густой листвой вблизи кажется ярко-зеленым, так как все поле зрения занято кроной, а если рассматривать его издали на фоне светлого неба, то оно кажется темно-зеленым, почти черным.

С увеличением концентрации красящего вещества поглощение света определенной длины волны также усиливается и, значит, уменьшается интенсивность отраженного света, вызывая ощущение уменьшения светлоты. Так, роза более насыщенного пурпурного цвета воспринимается более темной, чем роза с тем же, но менее выраженным цветовым тоном. Светлота определяет цветовое ощущение и увеличивает богатство цветовых восприятий.

Человек при тренированности мозговых зрительных центров, ответственных за цветовые ощущения, может различать по цветовому тону от 100 до 200 цветов, по насыщенности — до 25, по светлоте — от 64 до 20 (при пониженной освещенности). Нормальный глаз может различать около 10 млн разных цветов. Излучения различного спектрального состава, воспринимаемые глазом, дают разные цветовые ощущения.

2.2.2. Теория цветности

Единой теории цвета не существует. Попытки связать цвет со структурой вещества предпринимаются очень давно.

Существуют различия между механизмами возникновения цвета у металла, неорганических и органических веществ. Для металлов важна правильность кристаллической решетки и возможность свободного движения электронов по куску металла. Цвет неорганических соединений обусловлен электронными переходами и переносом заряда от атома одного элемента к атому другого элемента. Решающую роль при этом играет валентное состояние элемента, его внешняя электронная оболочка.

Окрашенные органические вещества, как правило, большие молекулы. Для возникновения цвета имеет значение состояние системы электронов, охватывающей всю молекулу целиком. Подвижность такой системы, ее способность легко изменять свое состояние под небольшим воздействием квантов света и обуславливает избирательное поглощение определенных волн из набора, составляющего видимый свет.

Более ста лет назад была выдвинута теория, соединившая окраску с наличием в молекуле органических соединений определенных групп атомов. Особое значение имеет чередование одинарных и двойных связей, при котором проявляется эффект сопряжения, и происходит как бы выравнивание всех связей. Перекрытие орбиталей, на которых находятся π -электроны, таково, что появляется возможность образования как бы дополнительной связи между теми углеродными атомами, которые соединены одинарной связью. При том все атомы охватываются едиными молекулярными орбиталями. Электрон получает возможность передвигаться по всей молекуле в целом.

Подобный эффект сопряжения возникает и в молекуле бензола и его производных, где нет четко локализованных двойных связей. Чтобы электронные орбитали могли перекрываться при наличии таких делокализованных π -связей, атомы в молекуле должны лежать примерно в одной плоскости.

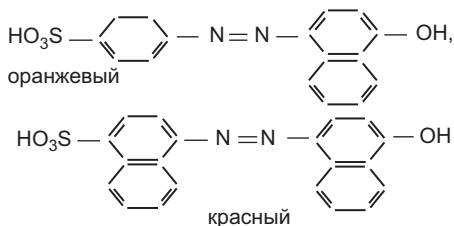
В настоящее время выявлены и доказаны некоторые зависимости цвета вещества от особенностей его строения. Так, удлинение цепи сопряженных двойных связей приводит к переходу от бесцветного или слабоокрашенного состояния к темноокрашенному. Например:

$C_6H_5-(CH=CH)-C_6H_5$ — стильбен, бесцветный;

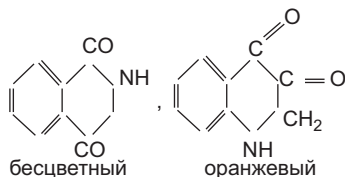
$C_6H_5-(CH=CH)_3-C_6H_5$ — дифенилгексатриен, желтый;

$C_6H_5-(CH=CH)_6-C_6H_5$ — дифенилдодекагексаен, коричнево-оранжевый.

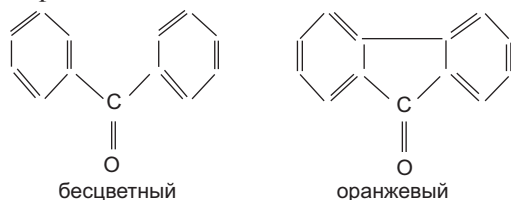
Если вместо простых ароматических ядер (типа бензольных) появляются конденсированные (типа нафталина), то это вызывает углубление цвета:



Группы $C=O$, связанные друг с другом, вызывают более глубокий цвет соединения:



Более прочная связь и тесная связь между атомами углерода, относящимися к отдельным частям молекулы, приводит к более интенсивной и глубокой окраске:



Кроме цепей сопряжения, различные группы могут отвечать за наличие и глубину цвета. Группы, благодаря которым возникает возможность появления цвета у вещества, называются хромофорами (от греч. *chromos* — цвет, *foreo* — несу). К таким группам относятся:

азогруппа $-N=N-$ азометиновая $=C=N-$ карбиминовая $=C=NH-$
 нитрогруппа $-NO_2$ нитрозогруппа $-N=O$

Вещества, содержащие хромофоры, называются хромогенами. Сами по себе они не являются красителями, не отличаются ни яркостью, ни чистотой цвета. Объясняется это тем, что в таких молекулах хотя и про-

исходит перераспределение электронов и их энергии, но не настолько, чтобы избирательно и в значительном количестве поглощать кванты света только определенной длины волны. Такая возможность появляется при введении в молекулу групп, отличающихся резко выраженным сродством к электрону, либо способных отдавать свои электроны в общее пользование. Эти группы резко меняют состояние электронов в хромофорах.

Группы, усиливающие окраску, называются ауксохромами (от греч. *aikso* — увеличиваю). Ауксохромные группы могут быть электронодонорными ($-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$, $-\text{OCH}_3$, $-\text{NHCH}_3$, $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$) и электроноакцепторными ($-\text{NO}_2$, $-\text{NO}$, $-\text{COCH}_3$). После введения ауксохромов цвет соединения становится чистым (начинается избирательное поглощение лучей определенной длины волны) и достаточно интенсивным. Максимальный эффект достигается при одновременном введении и электронодонорных и электроноакцепторных групп.

Для окрашенных соединений можно снимать спектры поглощения. Для простых молекулярных веществ в газообразном состоянии спектры состоят из нескольких серий узких полос, так как из потока белого света эти вещества выбирают лишь некоторые фотоны, энергия которых равна разнице между основным и возбужденным состояниями электронов (табл. 3).

Таблица 3. Цвет соединений, имеющих одну полосу поглощения в видимой части спектра, при облучении дневным светом (по Е. Ф. Беленькому и И. В. Рискину)

Длина волны полосы поглощения, нм	Цвет поглощенного света	Цвет вещества
400–435	Фиолетовый	Желто-зеленый
435–480	Голубой	Желтый
480–490	Зеленовато-голубой	Оранжевый
490–500	Голубовато-зеленый	Красный
500–560	Зеленый	Пурпурный
560–580	Желто-зеленый	Фиолетовый
580–595	Желтый	Голубой
595–605	Оранжевый	Зеленовато-голубой
605–750	Красный	Голубовато-зеленый

В жидком и твердом состояниях веществ спектры становятся почти сплошными, так как появляется много энергетических уровней, увеличивается возможность электронных переходов, растет число энерге-

тических уровней молекул и ионов. Интенсивность полос, наложение их друг на друга определяет конечный цвет вещества, который складывается из суммы отраженных волн, причем интенсивность их может быть различна.

Наука о методах измерения и количественного выражения цвета называется колориметрией (цветометрией). Она рассматривает цвет как характеристику спектрального состава света, в том числе отраженного и пропускаемого несамосветящимися телами, с учетом зрительного восприятия.

В соответствии с трехкомпонентной теорией зрения любой цвет может быть представлен как сумма трех составляющих основных цветов. Выбор этих цветов определяет цветовую координатную систему, в которой любой цвет может быть изображен точкой (или цветовым вектором, направленным из начала координат в эту точку) с тремя координатами цвета — тремя числами. Последние соответствуют количествам основных цветов в данном цвете при стандартных условиях его наблюдения.

Фундаментальной характеристикой цвета, его качеством, является цветность, которая не зависит от абсолютной величины цветового вектора, но определяется его направлением в цветовой координатной системе. Поэтому цветность удобно характеризовать положением точки пересечения этого вектора с цветовой плоскостью, которая проходит через три точки на осях основных цветов с координатами цвета, равными 1.

Свойства цветового зрения учитываются по результатам экспериментов с большим числом наблюдателей с нормальным зрением. В таких экспериментах зрительно уравнивают чистые спектральные цвета, т. е. цвета, соответствующие монохроматическому свету с определенной длиной волны, со смесями трех основных цветов. Оба цвета наблюдают рядом на двух половинках фотометрического поля сравнения. В результате строят графики функций сложения цветов в координатах «соотношение основных цветов — длина волны спектрально чистого цвета».

Согласно закону Г. Грассмана (1853), при данных условиях основные цвета производят в смеси одинаковый визуальный эффект независимо от их спектрального состава. По кривым сложения цветов можно определить координаты цвета сложного излучения. Для этого сначала цвет последнего представляют в виде суммы чистых спектральных цветов, а затем определяют количества основных цветов, не-

обходимых для получения смеси, зрительно неотличимой от исследуемого цвета.

Фактически основой всех цветовых координатных систем является Международная колориметрическая система *RGB* (от англ. *Red, Green, Blue* — красный, зеленый, синий), в которой основными цветами являются красный, соответствующий излучению с длиной волны 700 нм, зеленый — 546,1 нм, синий — 435,6 нм. Измеряемый цвет *C* в этой системе координат может быть представлен выражением

$$C = R + G + B,$$

где *R, G, B* — координаты цвета *C*.

Однако большинство спектрально чистых цветов невозможно представить в виде смеси трех основных цветов. В этих случаях некоторое количество одного (или двух) из основных цветов добавляют к спектральному цвету и полученную смесь уравнивают со смесью двух оставшихся цветов или одним оставшимся цветом. Например, если добавлен красный цвет, то $C + R = G + B$ или $C = -R + G + B$. Наличие отрицательных координат для некоторых цветов является существенным недостатком системы *RGB*.

Также распространена система *XYZ*, в которой основные цвета *X, Y* и *Z* — нереальные цвета, выбранные таким образом, чтобы координаты цвета не принимали отрицательных значений. Координата *Y* в этой системе равна яркости окрашенного объекта. Недостатком системы *XYZ* является неравноконтрастность: в зависимости от области цветового пространства на одинаковые по величине участки приходится разное количество (от 1 до 20) цветовых порогов — границ различения цветов. Это плохо согласуется с визуальной оценкой.

В 1976 году была предложена цветовая координатная система *Lab*, где *L* — яркость, или светлота, измеряемая от 0 у абсолютно черного тела до 100 у абсолютно белого тела; координаты $-a, +a, -b, +b$ определяют зеленый, красный, синий и желтый цвета соответственно. Цветность — проекция данного цвета на плоскость *ab*. Система *Lab* дает лучшую корреляцию с визуальными определениями, так как ее параметры близки привычным субъективным характеристикам цвета: светлоте, насыщенности и цветовому тону.

Восприятие цвета зависит от условий наблюдения. Поэтому в любой координатной системе при изменении условий изменяются координаты цвета. Это явление метамеризма. Оно связано с источником освещения, наблюдателя, размера измеряемого поля, геометрии наблюдения.

2.2.3. Растительные и животные пигменты

Пигменты (биохромы) — это крупные органические молекулы, поглощающие свет определенной длины волны. Цвет пигментов определяется наличием в их молекулах хромофорных групп, избирательно поглощающих свет в определённой части видимого спектра солнечного света. Пигментная система живых существ — звено, связывающее световые условия окружающей среды и обмен веществ организма.

Цвет пигмента может меняться при изменении кислотности среды, температуры, при взаимодействии с различными веществами. Поэтому важное значение имеет химический состав клеток, особенно вакуолярного сока. Наконец, окраска растения зависит и от строения ткани, в которой содержатся пигменты: ее толщины, количества межклетников, плотности находящегося на поверхности клеток воскового налета.

Окраска не всегда обусловлена избирательным поглощением света. Так металлический цвет листьев некоторых растений объясняется преломлением света и рассеянием его с поверхности особых «оптических» чешуек или клеток.

Биологические пигменты играют важную роль в жизнедеятельности живых существ. С пигментами связана светочувствительность растений, сезонная регуляция метаболизма, роста и цветения, подготовка и переход к фазе покоя, регуляция процессов прорастания семян.

В растительных клетках чаще всего встречаются зеленые пигменты хлорофиллы, красные и синие антоцианы, желтые флавоны и флавонолы, желто-оранжевые каротиноиды и темные меланины. Каждая из этих групп представлена несколькими отличающимися по химическому строению, а, следовательно, по поглощению света и окраске пигментами.

Если хлорофилл листьев поглощает только красные и сине-фиолетовые лучи, используемые в процессе фотосинтеза для образования сложных органических соединений из простых минеральных веществ почвы и воздуха, то ярко окрашенные цветки, благодаря содержанию в них разнообразных пигментов, улавливают лучи иной длины волны и превращают их в другие формы энергии. Эти формы энергии используются растениями для созревания пыльцы и яйцеклеток, синтеза ароматических веществ, повышения температуры в органах размножения, что ускоряет течение обменных процессов.

Чашечковидные венчики цветков у горных и арктических растений действуют как своеобразные вогнутые собирательные зеркала-рефлек-

торы, концентрируя солнечный свет в центре цветка, где температура может превышать температуру окружающей среды на 6–8 °С. Поворачиваясь постоянно в течение светового дня к солнцу, цветки максимально используют его энергию. А с наступлением сумерек, закрывая венчик или наклоняя цветок книзу, растение создает благоприятные условия для наилучшей сохранности аккумулированной энергии.

Высокая концентрация пигментов способствует и защите наследственного аппарата растений от мутагенных воздействий.

Окраска растений полезна и для их защиты от избытка солнечного света. Поэтому в горной местности с увеличением высоты цветки имеют более яркую и плотную окраску.

Самая главная функция пигментов — фотосинтез. Ее осуществляет в первую очередь хлорофилл. Однако важную роль в фотосинтезе играют и некоторые каротиноиды. Они помогают молекулам хлорофилла вернуться в исходное состояние после передачи энергии и предохраняют их от фотоокисления. Поглощая ультрафиолетовые лучи, флавоны и флавонолы предохраняют хлорофилл и цитоплазму клеток от разрушения. Используя разнообразные пигменты, растения «умудряются» использовать для фотосинтеза почти весь спектр видимого света, а также часть ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов (табл. 4).

Таблица 4. Главные фотосинтетические пигменты, их цвет и распространение

Пигменты	Цвет пигментов	Распространение
Хлорофилл <i>a</i>	Желто-зеленый	У всех фотосинтезирующих организмов, кроме фотосинтезирующих бактерий
Хлорофилл <i>b</i>	Сине-зеленый	У высших растений и зеленых водорослей
Хлорофилл <i>c</i>	Зеленый	У бурых водорослей и некоторых одноклеточных водорослей, включая диатомовые
Хлорофилл <i>d</i>	Зеленый	У некоторых красных водорослей
Бактериохлорофиллы <i>a-d</i>	Бледно-синий	У фотосинтезирующих бактерий
Каротиноиды: каротины β -каротин	Оранжевый	У всех фотосинтезирующих организмов, кроме фотосинтезирующих бактерий
Ксантофиллы	Желтый	У высших растений и бурых водорослей

Каротиноиды, флавоны и антоцианы нейтрализуют свободные радикалы, нарушающих протекание биохимических процессов в растениях, т. е. эти пигменты обладают антиоксидантными свойствами. Флавоновые пигменты растений играют роль противогрибковых или противомикробных агентов, а также резерва питательных веществ.

Хлорофиллы

Хлорофилл — зелёный пигмент хлоропластов растений, содержится в зеленых частях растений (от 0,6 до 1,2% от массы сухого листа). Хлорофиллы относятся к группе порфиринов, в которую входят биологические пигменты, содержащие порфириновый комплекс, структурно сходный с гемом гемоглобина, миоглобина, цитохромов.

Эмпирическая формула хлорофилла — $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$. Молекулярная масса хлорофилла *a* 893,52. В изолированном состоянии хлорофилл образует черно-голубые микрокристаллы, которые плавятся с образованием жидкости при 117–120 °С. Хлорофилл *a* легко растворяется в диэтиловом эфире, этаноле, ацетоне, хлороформе, бензоле, пиридине. Растворы хлорофилла *a* имеют сине-зеленую окраску и обладают сильной красной флуоресценцией. Главные максимумы спектра поглощения разбавленных растворов хлорофилла *a* в диэтиловом эфире — 429 и 660 нм. Для растворов хлорофилла максимумы поглощения расположены в сине-фиолетовой (430 нм у хлорофилла *a* и 450 нм у хлорофилла *b*) и красной (660 нм у хлорофилла *a* и 650 нм у хлорофилла *b*) областях спектра.

По химическому строению хлорофиллы — магниевые комплексы различных тетрапирролов. Хлорофилл содержит четыре соединенных между собой остатка пиррола, которые образуют порфириновое ядро. Порфириновое ядро связано двумя основными и двумя дополнительными валентностями с атомом магния (рис. 6).

Порфириновое кольцо — это плоская квадратная структура, состоящая из четырех меньших колец (I–IV), каждое из которых содержит по одному атому азота, способному взаимодействовать с атомом магния. К такой «голове» присоединен длинный углеводородный «хвост». Сложноэфирная связь образуется между спиртовой группой (–ОН) на конце фитила и карбоксильной группой (–СООН) на самой «голове». У разных хлорофиллов разные боковые цепи, и это несколько изменяет их спектры поглощения.

Связь такой структуры с функцией можно описать следующим образом:

- длинный «хвост» растворим в липидах (он гидрофобный) и таким образом удерживает молекулу в мембране тилакоида;
- «голова» гидрофильная (обладает сродством к воде), и поэтому она обычно лежит на той поверхности мембраны, которая обращена к водной среде стромы;
- для лучшего поглощения света плоскость «головы» расположена параллельно плоскости мембраны;
- модификация боковых групп на «голове» приводит к изменениям в спектре поглощения, в результате чего меняется и количество поглощаемой энергии света;
- поглощение световой энергии «головой» приводит к эмиссии электронов.

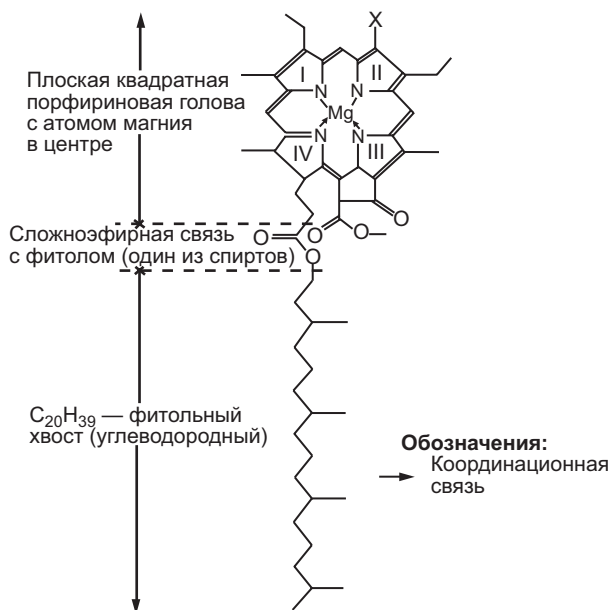


Рис. 6. Строение хлорофилла.

Координационная связь: $X-CH_3$ — у хлорофилла а; $-CHO$ — у хлорофилла b

Также хлорофиллы можно рассматривать как сложные эфиры дикарбоновой органической кислоты — хлорофиллина и двух остатков

спиртов — фитола и метанола. Наличие остатка фитола в хлорофилле придает последнему липидные свойства, проявляющиеся в его растворимости в жировых растворителях.

При настаивании зеленых листьев в этиловом спирте можно заметить образование в клетках зеленых кристаллов. Кристаллы эти представляют собой этилхлорофиллид — продукт замещения остатка фитола в хлорофилле остатком этилового спирта. Расщепление сложноэфирной связи между карбоксильной группой молекулы хлорофилла и остатком фитола с последующим замещением этого последнего остатком этилового спирта происходит под действием особого фермента — хлорофиллазы. Удаление остатков фитола и метилового спирта путем щелочного гидролиза приводит к образованию соли хлорофиллиновой кислоты, которая сохраняет оптические свойства хлорофилла, но отличается большой гидрофильностью.

В настоящее время известно около десяти хлорофиллов. В клетках всех высших растений имеется только две формы хлорофилла — зеленый с синеватым оттенком, хлорофилл *a* и зеленый с желтоватым оттенком, хлорофилл *b*. Хлорофилл *a* характерен для всех видов фотосинтезирующих растений. Хлорофилл *b* присутствует в листьях высших растений и в большинстве водорослей. Бурые водоросли, кроме того, содержат хлорофилл *c*, а красные — хлорофилл *d*. Кроме того, известны четыре бактериохлорофилла (*a*, *b*, *c* и *d*), содержащиеся в клетках фотосинтезирующих бактерий. В клетках зеленых бактерий имеются бактериохлорофиллы *c* и *d*, в клетках пурпурных бактерий — бактериохлорофиллы *a* и *b*.

Молекулы хлорофилла легко разрушаются под действием кислот. При этом происходит образование **феофитина** в результате замещения иона Mg^{2+} протонами. Эта реакция сопровождается ослаблением поглощения в красной области спектра. Воздействуя на феофитин солями меди, цинка, ртути, можно восстановить зеленую окраску благодаря замещению двух протонов феофитина на один ион металла.

Как правило, порфириновые пигменты этого класса участвуют в фотохимических процессах, а также являются ферментами, задействованными в обмене веществ. Их роль как красителей второстепенна.

Для листьев различного возраста, различных видов растений характерно многообразие оттенков зеленого цвета. Объясняется это тем, что в формировании окраски листа принимает участие не только хлорофилл, но и другие содержащиеся в листе пигменты: желтые каротиноиды, флавоны, флавонолы, красные антоцианы.

Каротиноиды вместе с флавоновыми пигментами придают желтый цвет листьям и венчикам цветков огурца, тыквы, одуванчика, лютиков, купальницы, калужницы, чистотела, подсолнечника, плодам кукурузы, тыквы, кабачков, баклажанов, паслена, помидора, дыни, а также многих цитрусовых. Рекордсменом по числу каротиноидных пигментов является стручковый красный перец. А вот по концентрации каротиноидов чемпионами являются плоды абрикоса, корнеплоды моркови и листья петрушки.

К каротиноидам относятся три группы соединений: каротины — углеводороды состава $C_{40}H_{55}$, имеющие оранжевую и красную окраску; ксантофиллы — кислородсодержащие производные каротинов состава $C_{40}H_{56}O_2$ и $C_{40}H_{56}O_4$ желтого цвета; каротиноидные кислоты — продукты окисления каротиноидов с укороченной углеродной цепочкой и карбоксильными группами.

Каротиноиды растворимы в жирах, некоторых органических растворителях и не растворимы в воде. Каротиноиды — полиеновые соединения (тетратерпены); могут быть алифатическими, моно- и бициклическими. Циклы на концах молекул каротиноидов являются производными ионана (шестичленное кольцо). Каротины и ксантофиллы состоят из восьми остатков изопрена, образующих цепь сопряженных двойных связей.

Каротиноиды — представители тетратерпенов, основным биогенетическим предшественником которых является изопрен (2-метилбутадиен-1,3) — разветвленный ненасыщенный углеводород из пяти углеродных атомов. От активного изопрена биосинтез каротиноидов идет через димеризацию к активному гераниолу (геранилгеранилдифосфату). При взаимодействии двух молекул геранилгеранил-РР по типу «голова к голове» отщепляются два атома водорода и образуется бесцветный полиен — фитоеин ($C_{40}H_{64}$). Из фитоеина в дальнейшем синтезируются ликопин и все природные каротиноиды (рис. 7).

Известны три типа каротинов: α -, β - и γ -каротины. Наибольшей биологической активностью обладает β -каротин. Он имеет два β -иононовых кольца (двойная связь между C_3 и C_6) и при гидролизе образует две молекулы витамина А (ретиная). При гидролизе α - и γ -каротинов образуется одна молекула витамина А, так как они содержат одно β -иононовое кольцо, а второе отличается положением двойной связи (например, в α -каротине второе кольцо ε -иононовое: двойная связь между C_4 и C_5).

У растений каротиноиды, являясь светопоглощающими пигментами, участвуют в фотосинтезе, передаче энергии и защите от активных форм

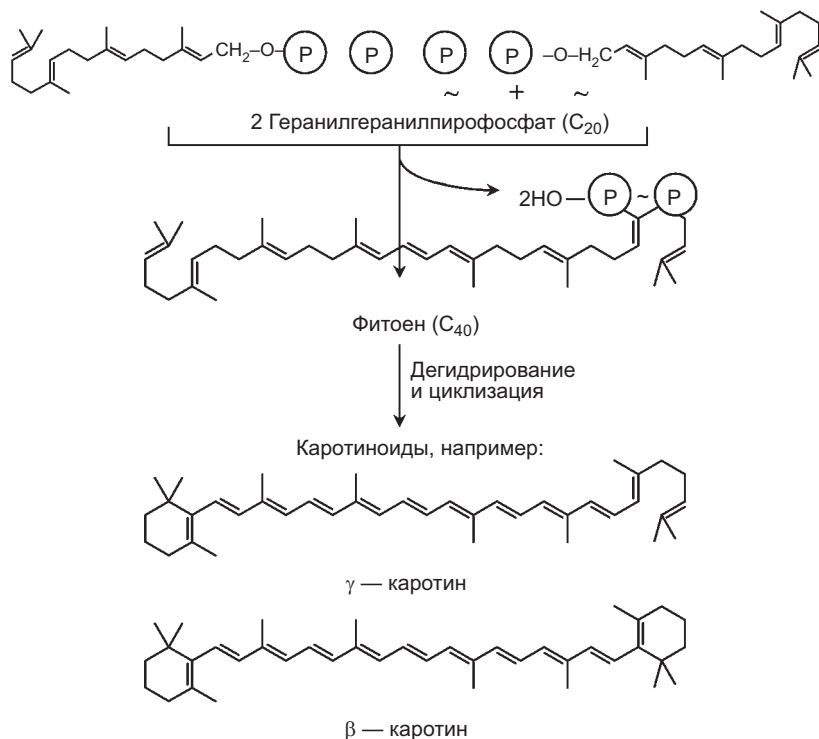


Рис. 7. Биосинтез каротиноидов

кислорода. Благодаря наличию двойных связей все каротиноиды способны участвовать в окислительно-восстановительных реакциях.

Наиболее детально изучено антиканцерогенное действие каротиноидов. Установлено, что они снижают частоту появления опухолей, индуцируемых ультрафиолетовым облучением и химическими канцерогенами, тормозят развитие опухолей различного происхождения. Наибольший защитный эффект обнаруживается при потреблении не нагретых овощей и фруктов. Это указывает на особую очень важную роль чувствительных к теплу ксантофиллов.

Антиоксидантный эффект — это одно из наиболее важных действий каротиноидов в организме человека. Они нейтрализуют активированные солнечной энергией молекулы и этим предотвращают разрушение

тканей, защищают ДНК и клеточные мембраны от окислительного повреждения. Защитное действие β -каротина распространяется на многие виды рака, в особенности на опухоли легких, желудка и молочной железы. Известно также, что β -каротин повышает содержание в крови липида высокой плотности — холестерина, который выполняет защитные функции.

Кроме β -каротина, необходимо отметить еще два других каротиноида: лютеин и зеаксантин, которые сосредоточиваются в желтом пятне — центре зрения на задней стороне сетчатки и выполняют защитные функции. Вследствие своей желтой окраски эти каротиноиды особенно специализированы на поглощении синих лучей светового спектра. Кроме этого, лютеин, в силу своей химической природы, лучше β -каротина предотвращает повреждающее действие свободных радикалов на жиры внутри глаз. Эти два каротиноида не только способны предупреждать образование катаракты, но также могут на 57% снижать риск вырождения желтого пятна — повреждения центрального зрения, ответственного примерно за одну треть всех ежегодно появляющихся новых случаев слепоты.

Биологическая активность каротина, вводимого с естественными продуктами, зависит от происхождения этих продуктов, от их обработки перед употреблением в пищу, от способа введения их в организм и величины дозировки, от влияния сопутствующих веществ и от степени насыщенности организма каротином. Каротин зеленых растительных материалов более активен, чем каротин желтых и оранжевых продуктов. Каротин в шпинате обладает вдвое большей биологической активностью, чем каротин в моркови. Каротин сырой моркови усваивается организмом только на 1%, каротин вареной моркови — на 19%. Для шпината же эти данные соответственно равны 45 и 48%.

Позвоночные животные способны в процессе пищеварения расщеплять молекулу β -каротина пополам с образованием двух молекул витамина А (рис. 8).

Ксантофиллы — желтые пигменты — кислородсодержащие производные каротинов. Они отличаются от последних тем, что их молекулы вместо одной или нескольких метиленовых групп содержат альдегидные или карбонильные группы. В растительных тканях из ксантофиллов преобладает лютеин ($C_{40}H_{56}O_2$), который по структуре очень близок к α -каротину, но в отличие от него здесь в каждом ионовом кольце атом водорода замещен гидроксильной группой. К эпоксиформам каротиноидов относится виолаксантин. Ксантофиллы широко пред-

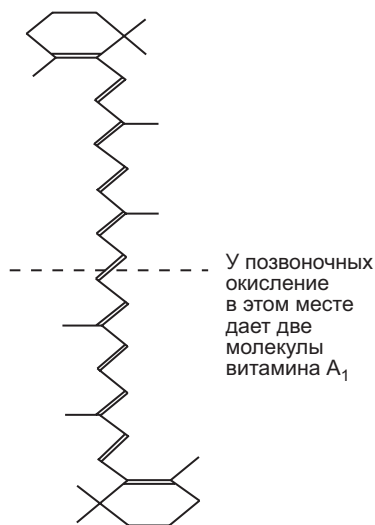


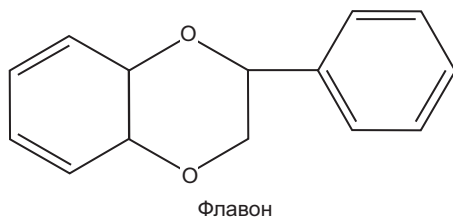
Рис. 8. Строение β-каротина

ставлены в коже цитрусовых, желтозерной кукурузе, плодах облепихи, красном перце, плодах некоторых видов шиповника и др.

Флавоноиды

Желтая окраска может обеспечиваться флавоновыми пигментами. Они довольно устойчивые соединения, причем некоторые из них хорошо растворимы в горячей воде. Именно поэтому флавоновые пигменты были первыми красителями, которые наши предки использовали для окраски тканей. Близки к флавонам по строению другие красители желтого цвета — халконы и ауруны. В растениях они содержатся в цветках (лепестки, рыльца пестиков), листьях, плодах. Среди известных нам растений эти пигменты можно обнаружить в листьях и цветках кислицы, кореопсиса, львиного зева. Сосредоточены они в вакуолях эпидермальных клеток. Названия этих пигментов обычно происходят от названий растений, из которых они были впервые выделены. Например, кверцетин — пигмент коры и плодов дуба.

Флавоноиды и изофлавоноиды — полифенольные соединения, имеющие в качестве общей структурной единицы C₁₅-скелет флавона; растворимы в воде:



Флавоноиды друг от друга отличаются разной степенью окисленности. Наиболее восстановленные — катехины, наиболее окисленные — флавонолы. Взаимные превращения этих соединений достаточно легко осуществляются в результате ферментативных реакций.

Флавоноиды распространены почти у всех высших растений. Животные не способны их синтезировать. Сейчас идентифицировано около 5000 различных флавоноидов. Среди них желтые пигменты — флавононы, которые дали название флавоноидам (*flavius* — жёлтый).

Флавоноиды локализованы в поверхностных слоях плодов и в листьях. В связи с этим удаление кожуры яблок или томатов ведет к снижению содержания этих веществ. Во время хранения флавоноиды также распадаются. Несмотря на то, что флавоноиды устойчивы к нагреванию, при переработке овощей и фруктов содержание их снижается значительно за счет участия в процессах окисления.

Кверцетин — представитель флавонолов. В последние годы выявлено иммуностимулирующее, противодиабетическое, ингибирующее действие некоторых ферментов, антиоксидантная активность. Кверцетин является активным комплексообразователем, связывающим тяжелые металлы (свинец, стронций, кадмий) и способствующим выведению их из организма (детоксицирующее действие).

Естественные красители содержатся не только в цветках, но и в других частях растений, играя многостороннюю роль. Взять хотя бы не бросающуюся в глаза окраску клубней картофеля. У клубней картофеля различная окраска кожуры, глазков, проростков и мякоти также зависит от содержания в них фенольных соединений, иначе называемых биофлавоноидами. Они имеют разнообразную гамму красок: белую, желтую, розовую, красную, синюю, темно-фиолетовую и даже черную. Картофель с черной окраской кожуры клубней растет на его родине на острове Чилоэ. Различная окраска картофельной кожуры и мякоти зависит от содержащихся в них следующих биофлавоноидов: белая — от бесцветных лейкоантоцианов или катехинов, желтая — от

флавонов и флавоноидов, красная и фиолетовая — от антоцианов. Установлено, что окрашенные клубни картофеля, как правило, богаче необходимыми для нашего организма веществами. Так, например, клубни с желтой мякотью имеют повышенное содержание жира, каротиноидов, рибофлавина и комплекса флавоноидов.

Антохлор — пигмент жёлтого цвета. Встречается в клетках кожицы лепестков первоцвета (баранчики, примула), льнянки, жёлтого мака, георгины, в плодах лимонов и других растениях.

Предшественниками флавоноидных пигментов являются халконы и ауруны, которые (в виде гликозидов) встречаются всего в нескольких семействах растений и придают цветкам желтую окраску. Бутеин — типичный представитель аурунов, а аурузидин — аурунов.

Антоцианы

Антоцианы — это гликозиды, возникающие при взаимодействии различных сахаров (глюкозы, галактозы или рамнозы) с циклическими соединениями, называемыми антоцианидинами. Антоцианы содержатся исключительно в форме гликозидов, в которых остатки сахаров — связаны с окрашенным агликоном антоцианидином, истинным красителем. Антоцианы представляют собой β -гликозиды антоцианидинов — производных пирана с $(C_6:C_3:C_6)$ -углеродным скелетом.

Группа антоцианов наиболее многочисленна, насчитывает около 10 видов. В нее входят пигменты, дающие пурпурный и розовый цвета (пеонидин, пеларгонидин и мальвидин), окрашивающие в синий цвет (цианидин и дельфинидин), и бесцветный пигмент петунидин. Антоцианы придают растениям окраску в диапазоне от розовой, красной, сиреневой, до синей и тёмно-фиолетовой.

Антоцианы образуются обычно в эпидермальном слое плодов. В отличие от каротиноидов они локализованы не в пластидах, а в вакуолярном соке, значительно реже — в клеточных оболочках. Наиболее распространены шесть — пеларгонидин, дельфинидин, цианидин, петунидин, пеонидин и мальвидин. Концентрация антоцианов в кожице различных сортов яблок варьирует от 0,1 до 21,6 мг/г (в расчете на сырую массу), а в кожице слив сорта Виктория составляет 8 мг/г.

Антоцианы содержатся в растениях исключительно в форме гликозидов, в которых остатки сахаров — глюкозы, галактозы или рамнозы — связаны с окрашенным агликоном, и являющимся истинным красителем. По строению они представляют собой производные одной и той же ароматической структуры — 2-фенилфенопирилия (флави-

лий) или 2-фенил-бензопирилия, отличающиеся друг от друга различным количеством гидроксильных и метоксильных групп.

Химическая структура антоцианов хорошо изучена. Все антоцианы содержат в гетероциклическом кольце четырехвалентный кислород (оксоний). Антоцианы существуют в различных формах: оксониевом катионе, когда при действии минеральных и сильных органических кислот образуются довольно стойкие оксониевые соли красного цвета, в которых кислотный остаток связан с кислородом; карбониевом катионе, когда благодаря фенольным гидроксилам в присутствии щелочи образуются соли синего цвета.

Агликоны антоцианов называют антоцианидинами. Шесть основных агликонов (антоцианидинов) образуют гликозиды, которые распределяются в шесть классов и тридцать три типа.

Основными антоцианидинами являются (рис. 9):

- красный пеларгонидин ($C_{15}H_{12}O_6$), который в виде гликозидов находится в ягодах земляники, цветках герани, васильков, георгин, астр и др.; известно 22 гликозида пеларгонидина;
- малиновый цианидин ($C_{15}H_{12}O_7$) в сложных формах обнаружен в цветках васильков, роз, астр, тюльпанов, в ягодах брусники, смородины, рябины, в плодах, ежевики, малины, вишни, терна и др.;
- розово-лиловый дельфинидин ($C_{15}H_{12}O_8$) обнаружен в ягодах черники, винограда, соке граната, коже синего баклажана, в цветках петунии, мальвы, гиацинта и др.;
- пеонидин ($C_{16}H_{14}O_7$) — производное цианидина — основное красящее вещество пионов; известно 13 гликозидов пеонидина;

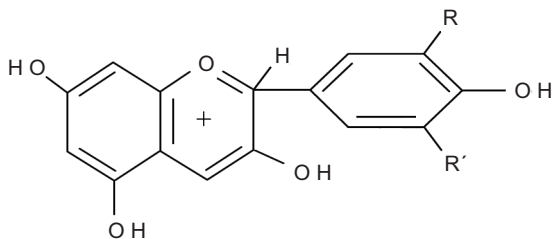


Рис. 9. Основные антоцианидины

R = R' = H — пеларгонидин; R = OCH₃, R' = H — пеонидин; R = OH, R' = H — цианидин; R = R' = OH — дельфинидин; R = OCH₃, R' = OH — петунидин; R = R' = OCH₃ — мальвидин

- петунидин ($C_{16}H_{14}O_8$) — производное дельфинидина, известно девять гликозидов петунидина. Большинство темных сортов винограда виноносного, из которых изготавливают красные вина, содержат петунидин в смеси с дельфинидином и мальвидином;
- мальвидин (сирингидин или энидин, $C_{17}H_{16}O_8$) — производное дельфинидина — в виде гликозида определяет окраску ягод синего винограда виноносного. Основу красящих веществ европейских сортов винограда составляет эпидин, а американских — амелопсидин. Красящие вещества сосредоточены в кожице ягоды у сортов Кабернэ и Кахет и в мякоти Саперави, Тентюрье.

Чаще всего в природе встречаются гликозиды цианидина, дельфинидина и пеларгонидина, при этом гликозиды цианидина встречаются у 69% фруктов и 50% цветков, содержащих антоцианы. Преобладающий антоциановый пигмент яблока — цианидин-3-галактозид, ежевики, малины и сливы — цианидин-3-глюкозид, вишни — цианидин-3-софорозид и земляники — пеларгонидин-3-глюкозид. В некоторых случаях окраска спелых плодов обуславливается одним антоцианом, хотя обычно присутствуют и другие.

Синтез антоцианов зависит от света, активной областью является красная часть спектра с длиной волны 600–750 нм и максимумом при 655 нм. Антоцианы образуются в процессах гидролиза крахмала. Усиленное образование антоцианов в клетках растения происходит при снижении температур окружающей среды, при остановках синтеза хлорофилла, при интенсивном освещении УФ-лучами, при недостатке фосфора, необходимого для связывания гидролизованного крахмала сахаром. При этом окраска листьев растений изменяется от зеленых до красных и синих цветов.

Ярко-красные розы, голубые васильки, фиолетовые анютины глазки содержат растворенные в клеточном соке антоцианы. Яблоки, вишни, виноград, черника, голубика, сок листьев и стеблей гречихи, краснокочанной капусты, листьев и корнеплодов столовой свеклы, молодая красная кора эвкалипта, красные осенние листья своим цветом тоже обязаны антоцианам. Если орган растения имеет голубой, синий, фиолетовый цвет, то нет никакого сомнения в том, что его окраска обусловлена антоцианами.

В присутствии щелочи в молекулах антоцианов происходит перегруппировка двойных и одинарных связей между атомами углерода, что приводит к образованию нового хромофора — в щелочной среде антоцианы приобретают синий или сине-зеленый цвет. Поэтому их можно

использовать в качестве кислотно-щелочных индикаторов. При действии минеральных и органических кислот антоцианы образуют соли красного, например, у герани, гортензии, фиалок. При действии щелочей — синего цвета, например, у колокольчиков и васильков. Если же к синему или фиолетовому раствору антоциана прибавить кислоту, раствор снова станет розовым. Опытным путём это легко проверить на растениях, подбирая в качестве подкормок те или иные микроэлементы, изменяющие кислотность жидкости вакуолей. Если к нейтральному раствору антоциана добавить очень слабый щелочной раствор — получается голубое окрашивание, при более концентрированном растворе щелочи окрашивание перейдёт в жёлто-зелёное.

За счет способности антоцианов менять свою окраску можно наблюдать изменение цвета клубней картофеля в зависимости от состояния погоды, интенсивности освещения, реакции почвенной среды, применения минеральных удобрений и ядохимикатов. При выращивании картофеля на торфяных почвах, например, клубни часто имеют синеватый оттенок, при внесении фосфорного удобрения они бывают белыми, сульфат калия может придать им розовый цвет. Окраска клубней нередко меняется и под влиянием ядохимикатов, содержащих медь, железо, серу, фосфор и другие элементы.

На цвет антоцианов влияет также способность этих пигментов образовывать комплексные соединения с металлами. Так, например, соли магния и кальция способствуют преобладанию синей окраски, а соли калия — пурпурной.

Разнообразие окраски цветков зависит от числа гидроксильных групп в молекулах антоцианов: с их увеличением окраска становится более синей (из-за наличия дельфинидина). При метилировании гидроксильных групп образуется пигмент мальвидин, придающий лепесткам красный цвет.

Искусственно ускорить образование антоцианов в листьях калины обыкновенной, черемухи обыкновенной, осины, бересклета бородавчатого или клена платановидного можно следующим путем. Весной на одной из их ветвей посередине ее длины снимают кольцо коры шириной в 2–2,5 см. Это приведет к усиленному накоплению углеводов в изолированной верхней части ветви и вызовет здесь более раннее и интенсивное покраснение листьев, чем ниже кольца или на неповрежденных ветвях.

Считается, что антоцианы защищают растения от низких температур, от вредного воздействия солнечного цвета на цитоплазму. В ранневесенний и осенний периоды служат своего рода «ловушкой» солнеч-

ных лучей, избирательно работающим фильтром. Некоторые исследователи приписывают антоциану защитное действие от низких температур, вредных коротких световых волн и даже от паразитных грибов. Наблюдения свидетельствуют также о том, что фиолетовая окраска семян, листьев и стеблей у растений является индикатором на содержание в них легкоферментируемых углеводов — сахарозы, фруктозы и глюкозы, в значительной степени обуславливающих холодостойкость растений. По этому характерному показателю (тесту) в перспективе можно будет оперативно вести предварительный отбор на морозоустойчивость и повышенное содержание сахаров, что особенно необходимо при выведении новых сортов многолетних кормовых трав.

Беталаины

Существуют соединения, которые по окраске очень похожи на антоцианы, но отличаются от них строением. Окраска свеклы обусловлена присутствием в ней смеси пигментов беталаинов, которые разделяют на красные и красно-фиолетовые (бетацианины), содержание которых достигает 95%, и желтые (бетаксантины). В небольшом количестве содержатся изобетанин и пребетанин.

Бетацианины — азотсодержащие гетероциклические соединения, состоящие из восстановленного индольного и пиридинового колец. По своей химической природе и свойствам бетаксантины близки к бетацианинам и также представляют собой азотсодержащие гетероциклические соединения, в состав молекул которых входят восстановленные кольца пиррола и пиридина.

Эмпирическая формула бетанина (рис. 10) установлена Н. Wylер в виде $C_{25}H_{28}-30O_{13}N_2$.

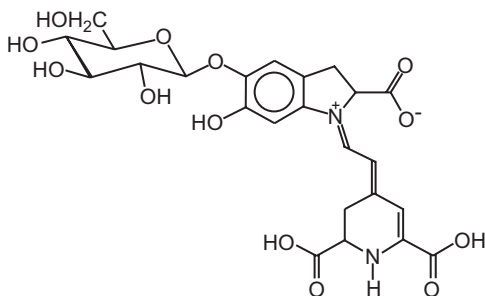


Рис. 10. Строение молекулы бетанина

Бетанин представляет собой гликозид: агликоном его является бетанидин, сахарной частью — глюкоза.

Спектральный анализ показал, что бетанин и его производные имеют максимум поглощения при длине волны $l = 530\text{--}536$ нм, бетаксантин — при $l = 480$ нм.

Бетанин при тепловой обработке разрушается до 50%. Поэтому окраска из красно-фиолетовой становится менее интенсивной или бурой. При охлаждении и последующем хранении при температуре $0\text{--}8$ °C окраска частично восстанавливается вследствие регенерации бетанина. Заметное восстановление окраски может наблюдаться через 2 часа.

В кулинарной практике используют различные способы приготовления свеклы, позволяющие получить различную цветовую гамму, необходимую для производства свекольного кваса, хрена, борщевых заправок и др. Основные из пигментов, содержащихся в свекле, имеют пурпурный и желтый цвет. При тепловой обработке устойчивость их неодинакова.

Другие пигменты

В растительном мире широко распространен **белый цвет**: белые цветки, белые стебли, белые пятна на листьях. Но для того чтобы его создать, обычно не нужно никакого красящего вещества. Он обусловлен наличием воздуха в межклеточных пространствах растительных тканей, который полностью отражает свет, благодаря чему лепестки цветка кажутся белыми. Это можно наблюдать на примере цветущих растений нивяника обыкновенного, кувшинки белой, ландыша майского и др. За счет плотного опушения белую окраску имеют и растения эдельвейса альпийского, сушеницы топяной, жабника полевого, мать-и-мачехи. Содержащийся в омертвевших волосках воздух также в результате отражения света делает их опушенную поверхность белой.

Белая окраска березовой коры обуславливается наполняющими клетки перидермы снежно-белыми нитевидными кристаллами бетулина («березовой камфоры»).

Фитохром — голубой растительный пигмент белкового строения, контролирует процессы цветения и прорастания семян. У одних растений ускоряя цветение, у других — задерживая, фитохром играет роль «биологических часов» растения, механизм действия пока не изучен. Известно, что строение пигмента меняется в зависимости от светлого и темного времени суток, сигнализируя об этом растению. Это вещество регулирует синтез белковых молекул (ДНК, РНК), образование хлорофилла, каротиноидов, антоцианов, органических фосфатов,

витаминов. Если хлорофилл можно сравнить со схожими по строению клетками крови — эритроцитами, то фитохром подлежит образному сравнению с мозгом и памятью растения. Фитохром связан с клеточными мембранами и встречается практически во всех органах растения. Фитохром связан с клеточными мембранами и встречается практически во всех органах растения.

Абсолютно **черного пигмента** у растений нет. В коже красных сортов винограда, лепестках некоторых цветков, черном чае, чаге (березовый гриб) содержатся черно-коричневые пигменты группы меланинов. Но в большинстве случаев, когда речь идет о черных цветках или плодах, мы имеем дело с накоплением темно-синих антоцианов. Антофеин — редко встречающийся пигмент темного цвета. Вызывает окраску пятен на крыльях венчика у русских бобов (*Faba vulgaris*).

Плоды черники, бузины черной, крушины выглядят черными, поскольку толстый слой окрашенных клеток мякоти полностью поглощает солнечный свет.

Меланин — пигмент, встречающийся как в клетках растений, так и животных. В частности, он придаёт чёрный и коричневый цвет волосам. Отсутствие меланина в клетках делает животных и человека альбиносами. Обнаружил меланин американский учёный-биохимик У. Батлер в проросшем в темноте турнепсе, в его семядолях.

В растениях содержится в коже красных сортов винограда, лепестках некоторых цветков.

Структура молекул меланина жидкокристаллическая. Пигмент является сильным антиоксидантом. Синтетически продуцированный меланин в водных растворах оказывает на растение удивительные свойства — ускоряет рост и созревание плодов, редуцирует деятельность камбия, ускоряет прорастание семян. В организме животных меланин обладает иммуномодулированием и генопротекторной защитой.

Благодаря особенностям своей структуры меланин как бы является «молекулярным ситом», в ячейках которого застревают и обезвреживаются радикалы, образуемые под действием ультрафиолетовых лучей. Штаммы микроорганизмов, содержащие меланин, настолько приобретают устойчивость к ультрафиолетовому облучению и действию космических лучей, что живут и размножаются в высоких слоях атмосферы, в горах, в пустынях, в Арктике и Антарктике, т. е. там, где их неокрашенные родичи гибнут. Наличие меланина в оболочках клеток, спор и гиф грибов надежно защищает микроорганизмы от воздействия на них ферментов, выделяемых микробами-антагонистами.

У бактерий и грибов имеются и другие пигменты. Азотфиксирующие бактерии синтезируют, например, пигменты из фенолокислот (3,4-диоксибензойной) и аминокислот (аланина и серина). Встречаются пигменты, производные бензо-, нафто- и антрахинона, сходные по свойствам с меланином.

Коричневый цвет обусловлен накоплением в клетках больших количеств желтых пигментов, часто в сочетании с окрашенными в красно-коричневые тона дубильными веществами. Например, в плодах конского каштана обыкновенного, дуба черешчатого содержится очень много желтого пигмента кверцетина.

Причиной появления коричневой и черной окраски, кроме того, могут быть бесцветные вещества из группы катехинов. Катехины содержатся в растениях в свободном и связанном виде. Катехины легко окисляются при нагревании и облучении. Под действием кислот образуют нерастворимые полимеры — флаволяны, под действием щелочей — меланиноподобные продукты. При окислении особыми ферментами они полимеризуются и дают «пищевые» дубильные вещества, окрашенные в красный и коричневый цвета. Катехины хорошо растворимы в горячей воде, накапливаются в вакуолях и в большом количестве содержатся в листьях многих растений, древесине, плодах, листьях (чай).

2.2.4. Использование пигментов человеком

Яркие краски растительного мира радуют наш глаз и доставляют эстетическое наслаждение. Но люди находят растительным краскам и утилитарное применение. Индиго, хна, басма, ализари (ализарин, мареновый корень) — названия этих натуральных красителей известны всем. Да и другие краски издревле получали из растительного сырья (табл. 5).

В средней полосе России, например, для окрашивания волокон и тканей в желтый цвет использовались цмин песчаный, череда трехраздельная, пупавка красильная, василек луговой, ястребинка зонтичная. В зеленые, коричневые, болотные тона окрашивает шерсть экстракт из наземной части зверобоя продырявленного; в желтые, зеленые, коричневые — вытяжка из корней укропа огородного, желтый краситель получается из молодых листьев березы.

Растения, богатые пигментами, находили и находят применение в медицине. Пигмент ликопин (изомер β -каротина, придающий окраску плодам томата, арбуза и др.) обладает выраженной антиоксидантной активностью, понижает уровень холестерина в крови, повышает физическую и умственную работоспособность. Лютеин (им богаты,

Таблица 5. Красители из растительного материала

Цвет окрашивания	Растение	Используемая часть
Черный	Клен	Листья
	Воронец	Ягоды и корни
Коричневый	Дуб	Листья, кора
	Лук репчатый	Шелуха
	Ива белая	Кора
Фиолетовый	Черника и ежевика	Ягоды
Бурый	Береза	Листья
Красный	Боярышник	Кора, побеги, листья
	Зверобой	Стебли
	Крушина	Свежая кора
	Подмаренник	Корни
	Бузина черная	Ягоды
	Щавель конский	Корни
	Ольха серая	Кора
Оранжевый	Чистотел	Листья и стебли
Желтый	Щавель конский	Листья и стебли
	Подмаренник	Цветы
	Крапива	Корни
	Орешник	Кора
	Картофель	Листья и стебли
Зеленый	Крапива	Листья и цветы
	Манжетка	Стебли и листья
	Пырей	Листья
	Трилистник	Листья
Синий	Иван-да-Марья	Цветы

например, ягоды черники) вместе с образующимся из него зеаксантином — главные пигменты желтого пятна сетчатки глаза; они обладают высокой антиоксидантной и фотосенсибилизирующей активностью — защищают сетчатку глаза от разрушительного действия ультрафиолетовых лучей и преждевременного старения. Хлорофилл обладает стимулирующим и тонизирующим действием, повышает основной обмен, тонус кишечника, сердечно-сосудистой системы, дыхательного центра, стимулирует грануляцию и эпителизацию тканей, влияет на формулу крови, увеличивая количество лейкоцитов и гемоглобина, оказывает бактериостатическое действие. А еще хлорофилл усиливает иммунную функцию организма, ускоряя фагоцитоз, является

предшественником витамина К, что обуславливает его использование для профилактики мочекаменной болезни, так как он сдерживает образование кристаллов оксалата кальция в моче, активизирует действие ферментов, участвующих в синтезе витаминов Е, А и К. Выводит из организма токсины, поддерживает здоровую кишечную флору, улучшает функции щитовидной и поджелудочной желез, а также действует как слабое мочегонное средство, способствует повышению лактации у кормящих матерей.

Меланиновые пигменты являются сильными антиоксидантами. Синтетический меланин в водных растворах ускоряет рост и созревание плодов, редуцирует деятельность камбия, ускоряет прорастание семян. В организме животных и человека меланины поглощают ультрафиолетовые лучи, защищая ткани глубоких слоев кожи от лучевого повреждения. Длительное введение водорастворимого меланина предотвращает язвообразование, снижает число кровоизлияний в слизистую желудка и препятствует снижению общей массы тела в условиях стресса. В процессе пищеварения меланин частично усваивается при участии микрофлоры кишечника, частично исполняет роль энтеросорбента, регулятора перистальтики, нормализует состав кишечной микрофлоры. Является активным антидотом при острых отравлениях, эффективно выводит из пищеварительного тракта токсины на ранней стадии отравления до их всасывания в кровь. Возможно применение меланина при лечении и профилактике онкологических заболеваний.

Хну (краску, получаемую из листьев кустарника лавсония) используют не только для окраски волос, которые становятся более жесткими, густыми и пышными, но и как бактерицидное средство. Препараты хны (мази и растворы красящих веществ) применяются при потении ног, при экземе, для лечения гнойных ран.

Растительные биофлавоноиды, представляющие собой группу биологически активных веществ (рутин, катехины, кверцетин, цитрин, гесперидин, эриодиктиол, цианидин), называют витамином Р. Всего известно около 150 биофлавоноидов. Особенно много их в citrusовых, черной смородине, плодах шиповника, шавеле, зеленом чае, салате. Выделенный, например, из кожуры лимона этот витамин уменьшал ломкость и проницаемость капилляров. Этот витамин не вырабатывается нашим организмом и поэтому должен быть включен в ежедневный рацион питания.

Желтый флавиновый пигмент рибофлавин известен как витамин В₂, а каротиноид ретинол — как витамин А.

С давних пор люди используют защитное и лекарственное действие растительных пигментов. Известно, что они оказывают многостороннее благотворное влияние на организм человека, укрепляя сосудистую систему и улучшая состав крови за счет участия в синтезе галактуроновой кислоты. Пигменты обладают противовирусными, бактерицидными и противовоспалительными свойствами. Конденсаты биофлавоноидов (меланины) способны обезвреживать ионизирующие излучения. Антоцианы, в состав которых входит активная цианистая группа, являются сердечными стимуляторами.

Особенность полифенольных веществ — растительных пигментов — заключается в том, что они всегда действуют совместно с аскорбиновой кислотой. Аскорбиновая кислота защищает фенольные соединения от окисления, а фенольные вещества, в свою очередь, предохраняют от разрушения аскорбиновую кислоту, крайне необходимую растениям. Если, например, в 100 г картофельного сока внести всего 25 мг аскорбиновой кислоты, он не будет темнеть в течение нескольких часов.

Растительные пигменты нетоксичны, обладают ценными антиоксидительными и Р-витаминными свойствами, благодаря чему их целесообразно широко использовать в качестве пищевых красителей вместо ранее применявшихся синтетических веществ, сейчас признанных небезвредными.

Не все пигменты обладают фармакологическим действием. Но все они нетоксичны и отлично подходят для окрашивания продуктов питания. В таком произведении кулинарного искусства, как торт, белковый нежирный крем окрашен в желтый цвет флавоновыми пигментами, вся гамма цветов от красного до синего обеспечивается антоцианами, красивый фиолетовый цвет — это бетацианин из свеклы, а зеленый, конечно же, появляется благодаря хлорофиллам. Жирный крем окрашен в желтый, оранжевый и красный цвета каротиноидами. А вот синих жирорастворимых пигментов у растений нет, поэтому если масляный крем имеет ярко-синий цвет, значит, использовался синтетический краситель.

Потребитель привыкает к определенному цвету пищевых продуктов. Часто с цветом продукта связывают и его качество. Окраска продуктов может быть обусловлена природными красящими веществами или добавлением натуральных или синтетических красителей. При хранении, технологической переработке пищевые продукты часто изменяют свою первоначальную окраску, приобретают менее эстетичный вид, что отрицательно влияет на аппетит и процесс пищеварения.

Некоторые растительные пигменты применяются как красители для пищевых продуктов. Это куркумины (E100), рибофлавины (E101), тартразин (E102), желтый «солнечный закат» (E110), азорубин (E122), понсо 4R, пунцовый 4R (E124), синий патентованный (E131), сахарный колер (E150), каротины (E160), красный свекольный (E162), антоцианы (E163).

2.2.5. Психология цвета

Брайд Уилен (Нью-Йорк) на основе своих экспериментов пришел к выводу, что цвет влияет на поведение людей, определяет эмоциональные реакции. Восприятие цвета зависит от физиологических особенностей глаз, состояния нервной системы, окружающей обстановки. Также важным моментом является жизненный опыт (розовое — для девочек, белое платье невесты).

Ученые утверждают, что сетчатка реагирует на цвета как на излучения, имеющие волны различной длины и характеризующиеся различной степенью отражения, рефракции и поглощения. Глаз воспринимает цвет, и мгновенно в мозге начинается процесс, отзывающийся в периферийной нервной системе.

Различные цвета неодинаково влияют на наш организм, так как каждый цвет спектра имеет свою длину волны. Наиболее короткие волны фиолетового, синего, голубого и зеленого цветов, являясь холодными (пассивными), действуют на нервную систему успокаивающе, способствуют отдыху. Цветки с лепестками красного, оранжевого и желтого колеров, имеющих более длинные волны, считаются теплыми, активными; они возбуждают организм, повышают его тонус и работоспособность. Цветки желтой окраски не случайно называют «земным солнцем». В зависимости от их оттенков наш организм может приходиться в состояние возбуждения или, наоборот, успокаиваться. Белый и черный цвета относятся к нейтральным.

Эти обстоятельства свидетельствуют о том, что в режиме труда и отдыха настроением человека в значительной мере можно управлять, создавая определенную цветовую гамму фитодизайна. Так, например, растения с ярко-красными цветками (гвоздики, пионы, тюльпаны, гладиолусы, розы), оказывающие возбуждающее действие, желательно иметь в служебных помещениях (для профилактики утомления), в кафе, столовых, ресторанах, при проведении торжественных совещаний и других массовых мероприятий. Возбуждающий (бодрящий) эффект создают также растения фиолетового и пурпурного цветов. Цветовая гамма

ярко-красного, пурпурного и фиолетового колеров повышает нервно-психический тонус и работоспособность, увеличивает напряжение мышц, способствует ускорению ритма дыхания и усилению кровообращения.

Для предотвращения меланхолического настроения используют растения с цветками розовой окраски (бальзамин, азания, деклитра, розы, астры, левкой, пеларгония, гортензия, фуксия). При депрессии, вялости, плохом аппетите рекомендуется вводить в интерьеры растения с оранжевыми цветками (кальцеолария, бархатцы, календула, настурция).

При напряженной умственной, зрительной работе полезно иметь в помещении цветущие растения желтой и золотистой окраски (хризантемы, рудбекия, анютины глазки, примула, нарциссы, лантана камара), так как среди других цветов солнечного спектра желтый наиболее спокойно воспринимается нашим глазом, не вызывая его утомления, способствует поддержанию тонуса и бодрого настроения.

Зеленый цвет растений оказывает положительное воздействие на организм человека благодаря улучшению кровообращения и нормализации кровяного давления. Он, как и желтый цвет, является физиологически оптимальным и самым привычным для зрительного восприятия. Эти предпосылки подтверждают целесообразность культивирования в комнатных условиях наряду с цветущими растениями декоративных вечнозеленых растений.

Для отдыха организма, сопровождаемого торможением функции нервной системы, снижением напряжения мышц, замедлением ритма дыхания, урежением пульса и снижением кровяного давления, в фойе театров, залах ожидания вокзалов, приемных и вестибюлях административных зданий желательно иметь растения с цветками голубой и синей успокаивающей окраски (незабудки, анютины глазки, васильки, колокольчики, гloxиния, ирисы, дельфиниум, аквилегия).

Оригинальные наблюдения психологов показали, что восприятие цветов людьми неодинаково. Женщины, например, преимущественно предпочитают цветущие растения красной окраски, мужчины — голубой. У детей вкусы меняются: в 4–9-летнем возрасте наибольшее впечатление на них производят розовый, карминовый и пурпурный цвета; в 10–12 лет они считают любимыми зеленый, желтый и красный цвета; в 13–16 лет — синий, оранжевый и зеленый, а к 17–19 годам кумиром становится тонизирующая красно-оранжевая расцветка.

На основании наблюдений психологи дают рекомендации к оформлению помещений, дизайну продукции и т. д. При этом рассматрива-

ется и учитывается физиологическое и эмоциональное влияние того или иного цвета. Вот некоторые примеры.

Красный цвет вызывает сильные эмоции, в том числе и страсть (женщина в красном платье, квартал красных фонарей). Также красный цвет активизирует слюнные железы, что приводит к обострению чувства голода, заставляет съедать больше, а затем быстро уходить. Поэтому заведения быстрого питания часто оформляют с использованием красного цвета. Замечено, что в казино с красными стенами делают больше ставок, играют с большим риском, принимают быстрые решения. Красный цвет идеален для привлечения внимания к рекламе и продуктам безопасности, от суповых консервов до огнетушителей. Красный создает ощущение тепла. Кофе кажется горячее в красной чашке, нежели в зеленой.

Желтый цвет мгновенно регистрируется мозгом, стимулирует его работу, внушает оптимизм и радость. Высокая степень видимости желтого способствует быстрому и четкому мышлению. Поэтому предостерегающие знаки на желтом фоне лучше воспринимаются и дольше удерживаются в памяти. И, наверно, не случайно Фабер Биррен придумал «желтые страницы» для облегчения труда телефонных операторов. Считается, что желтый цвет «оживляет» другие цвета, он может использоваться практически в любом интерьере. Однако обилие желтого в обстановке быстро утомляет.

Оранжевый цвет — смешение красного и желтого. Он способствует притоку кислорода к мозгу, повышению иммунитета, жизненной силы и сексуального влечения, созданию ощущения счастья, привлечению внимания. Этот цвет часто используется в профессиональной работе дорожных рабочих, спасателей и др. Рекламные объявления о распродажах также делают с использованием оранжевого цвета. В более приглушенных тонах, подобно цвету спелой тыквы или осенних листьев, оранжевый цвет напоминает об осени, поре сбора урожая. Цвет зрелого апельсина и хурмы обладает изысканной привлекательностью, которая может быть одновременно и элегантно, и экзотической: достаточно представить пленительный цвет терракоты. Терракотовый особенно популярен в упаковках экзотической пищи и продуктов для гурманов. Сочный оранжевый цвет заявляет о свежести, что делает его предпочтительным при убранстве столов. Для дома особенно хороши персиковые тона. Они не только излучают тепло, но и дарят ощущение радушия; отраженный от них свет, падая на лицо, придает коже приятное розоватое свечение. Эти цвета отлично смотрятся и при дневном,

и при искусственном освещении. Поэтому дизайнеры дорогих ресторанов предпочитают мягкий персиковый цвет, который к тому же возбуждает аппетит. В силу своей активности оранжевый цвет не рекомендуют легко возбудимым людям.

Зеленый цвет воспринимается сетчаткой без рефракции. Он способствует улучшению зрения, успокаивает и освежает. Поэтому зеленый цвет часто используют в интерьерах больниц, обеденных помещений, кухонь, спален, ванных комнат, гримерок. Он популярен в оформлении косметических средств, так как говорит о близости к природе и натуральности. Считается, что зеленый цвет можно связать с вкусовым ощущением терпкости. Бутылки для вина изготавливают зеленого цвета.

Голубой цвет способствует снижению артериального давления, частоты пульса, дыхания, вызывает приятные эмоции, доверие, чувство защищенности. Отсюда вытекает использование различных оттенков голубого в форме полиции, одежде для предвыборных кампаний, а также дружеских вечеринок. Темно-голубой цвет ассоциируется с определенным статусом. Идет это из Древнего Египта, где «голубая кровь» (варикозная болезнь) считалась признаком знатного происхождения. Голубой цвет используется в упаковке сладких пищевых продуктов, так как связывается со сладким вкусом.

Пурпурный — сочетание красного и голубого цветов. Это цвет величия, так как был дорог и труден в производстве, мог использоваться только «сливками общества». Различные оттенки пурпурного цвета вызывают различные эмоции: темно-сливовый носит депрессивный характер, соотносится с трауром вместо черного цвета; сливовый несет таинственность, магию, властность; цвет фуксии — с большим запасом энергии; фиолетовый — цвет романтиков, помогает от бессонницы. Поскольку все эти цвета вызывают противоречивые чувства у людей, то они практически не используются на упаковках товаров.

Розовый цвет пассивный, способствует снижению агрессивности, злости, смягчает эмоции, воспринимается как символ женственности. Используют розовый цвет в оформлении детских спален, помещений в школах для детей с неадекватным поведением. Есть наблюдения, что этот цвет способствует пищеварению.

Коричневый цвет связан с представлениями о комфорте, внушает уверенность, уместен в любой обстановке, не отвлекает на себя внимание, но вместе с тем «заземляет», «глушит» другие цвета. Часто коричневый цвет используют в упаковках продовольственных и непродовольственных товаров.

Серый цвет полностью свободен от эмоциональных стимуляторов, нейтрален, но в то же время ассоциируется с богатством, властью, мудростью, зрелостью. Этот цвет часто используют дизайнеры для дорогих машин, высокотехнологичной продукции, оборудования, упаковок дорогих подарков.

Белый цвет — нейтральный, холодный, символ чистоты, верности, невинности, добродетели. Используют для упаковки молочных и сладких продуктов.

Черный цвет — подавляющий, авторитарный, официальный, создает тревожное ощущение неизвестности (черный кот, черные машины).

На способности растений менять окраску в зависимости от химического состава почвы основан биогеохимический метод поиска месторождений полезных ископаемых.

2.3. ХИМИЯ ЗАПАХА

Почти 2000 лет назад античный учёный, поэт и философ Тит Лукреций Кар полагал, что в носовой полости есть крошечные поры разных размера и формы. Каждое пахучее вещество испускает крошечные молекулы присущей ему формы. Запах воспринимается, когда эти молекулы входят в поры обонятельной полости. Распознавание каждого запаха зависит от того, к каким порам эти молекулы подходят.

В 1756 году М. В. Ломоносов в работе «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее» выдвинул мысль о том, что окончания нервных клеток побуждают колебания частиц материи. В этом произведении он написал о «коловратных» (колебательных) движениях частиц эфира как возбудителях органов чувств, в том числе зрения, вкуса и обоняния.

За последнее столетие было предложено около 30 теорий, авторы которых пытались объяснить природу запаха, его зависимость от свойств пахучего вещества. В настоящее время удалось установить, что у природы запаха, как и у природы света, двойственный характер: корпускулярный (зависящий от структуры пахучего вещества) и волновой.

По современным данным, молекулы пахучих веществ поглощают и испускают волны длиной от 1 до 100 мк, а тело человека при нормальной температуре поглощает и испускает волны длиной от 4 до 200 мк. Наиболее важны электромагнитные волны, имеющие длину от 8 до

14 мк, что соответствует длине волн инфракрасной части спектра. Ультрафиолетовые лучи убивают многие запахи, и этим пользуются для очищения воздуха от ненужных ароматов.

Некоторые одинаковые молекулы обладают различными запахами, т. е. основную роль играет геометрическая форма молекул пахучего вещества. Объясняется это тем, что на обонятельных волосках носовой полости находятся лунки пяти основных форм, воспринимающие пять запахов (камфарный, мускусный, цветочный, мятный, эфирный) соответственно. Когда в лунку входит молекула пахучего вещества, близкая ей по конфигурации, тогда и ощущается запах (Дж. Эймур, 1952). Таким образом, умозрительный вывод Лукреция оказался научно обоснованным. Имеются ещё два основных запаха — острый и гнилостный, но их восприятие связано не с формой лунок, а с различным отношением к электрическим зарядам оболочки, покрывающей окончания обонятельных нервов. Все существующие запахи могут быть получены смешиванием приведённых семи запахов в соответствующих сочетаниях и пропорциях.

Для ощущения запаха нужен непосредственный контакт молекулы пахучего вещества с обонятельными рецепторами. В связи с этим необходимые свойства пахучего вещества — летучесть, растворимость в липидах и до некоторой степени в воде, достаточная способность к адсорбции на обонятельной выстилке, определённые пределы молекулярной массы и др. Но неизвестно, какие именно физические или химические свойства определяют эффективность вещества как обонятельного раздражителя.

Учёным удалось выстроить цепочку от взаимодействия пахучего вещества с рецептором до формирования в мозге чёткого впечатления определённого запаха. Немаловажную роль в этом сыграли исследования американских учёных Ричарда Акселя и Линды Бак, за которые они были удостоены Нобелевской премии 2004 году по физиологии и медицине.

Ключом к разгадке принципов работы обонятельной системы стало обнаружение огромного семейства из приблизительно тысячи генов, управляющих работой обонятельных рецепторов. Статью с описанием этого открытия Л. Бак и Р. Аксель опубликовали в 1991 году. В распознавании запахов задействовано более 3% от общего количества генов организма. Каждый ген содержит информацию об одном обонятельном рецепторе — белковой молекуле, которая реагирует с пахучим веществом. Обонятельные рецепторы прикреплены к мембране рецеп-

торных клеток, образуя обонятельный эпителий. Каждая клетка содержит рецепторы только одного определённого вида.

Белковый рецептор образует карман для связывания молекулы химического вещества, обладающего запахом (одоранта). Рецепторы разных видов отличаются деталями своей структуры, поэтому карманы-ловушки имеют различную форму. Когда молекула попадает туда, форма белка-рецептора изменяется и запускается процесс передачи нервного сигнала. Каждый рецептор может регистрировать молекулы нескольких различных одорантов, трёхмерная структура которых в той или иной степени соответствует форме кармана, но сигнал от разных веществ отличается по интенсивности. При этом молекулы одного и того же одоранта могут активировать несколько различных рецепторов одновременно.

Кроме белкового рецептора в обонятельном эпителии животных присутствует другой высокомолекулярный компонент, также способный связывать пахучие вещества. В отличие от мембранного белка он растворяется в воде, и, по крайней мере, часть его находится в слизи, покрывающей обонятельный эпителий. Установлено, что он имеет нуклеопротеидную природу. Его концентрация в эпителии в несколько тысяч раз больше, чем мембранного рецептора, а специфичность по отношению к пахучим веществам значительно меньше. Исследователи полагают, что он входит в состав неспецифической системы, обеспечивающей очистку обонятельного эпителия от различных пахучих веществ по окончании их действия, что необходимо для приёма других запахов.

Иными словами, предполагается, что нуклеопротеид, попадая в слизь, способен усиливать её ток и тем самым увеличивать эффективность очистки обонятельного эпителия. Не исключено также, что нуклеопротеид, находясь в слизи, способствует растворению пахучих веществ в ней и, возможно, выполняет транспортные функции.

Такое сочетание разнообразия рецепторов и химических свойств молекул, с которыми они взаимодействуют, генерирует широкую полосу сигналов, создающих уникальный «отпечаток» запаха. Каждый запах как бы получает код (подобно штрих-коду на товарах), по которому его можно безошибочно узнать в следующий раз.

Для того чтобы объяснить влияние скорости потока запаха и скорости десорбции, следует принять, что взаимодействие молекулы, издающей запах, с обонятельным рецептором должно быть слабым. Было высказано предположение, что между издающим запах веществом и

-каротиноидами жгутиков обонятельных рецепторов образуется слабый комплекс. Каротиноиды являются полупроводниками. Они могут взаимодействовать или образовывать комплекс с пахучими веществами (одорантами); взаимодействие с одорантом может вызывать увеличение электропроводности. Повышение электропроводности могло бы приводить к деполяризации клеточной мембраны обонятельного рецептора. Если бы дело происходило именно так, сигнал появлялся бы одновременно с адсорбцией одоранта.

Другое, более традиционное объяснение состоит в том, что между одорантом и белками клеток, чувствительных к запаху, образуются слабые комплексы. В результате электропроводность клеточной мембраны обонятельного рецептора возрастает, и возникает импульс аналогично тому, как это описано для каротиноидов.

Свидетельство в пользу того, что скорее образуется комплекс одоранта с белками, чем с каротиноидами, получено при использовании специфического реагента N-этилмалеимида, который в первую очередь реагирует с сульфгидридными группами белков. В результате этой реакции сульфгидридные группы необратимо блокируются.

Обоняние играет чрезвычайно важную роль в жизни как животных, так и человека. Особенно разнообразны функции обоняния в жизни животных. Обоняние помогает им в поиске и выборе пищи, сигнализирует о присутствии врагов, помогает при ориентации на суше и в воде (например, возвращение лососевых рыб в родительские водоёмы, запах воды которых они запоминают).

Известна важная роль обоняния в поисках животными особей противоположного пола. В этом случае информирование осуществляется посредством химических веществ, так называемых феромонов или телергонов, которые выделяют специальные железы. Феромоны — чрезвычайно эффективные биологически активные соединения и характеризуются высокой специфичностью. Благодаря этим свойствам они, например, используются с целью привлечения и уничтожения насекомых. Обычно каждое животное наиболее чувствительно к соединениям, которые особенно важны для него при нормальных условиях жизни. Поэтому каждому виду животных свойствен особый спектр запахов. Мелкие насекомые способны воспринимать только один запах — запах полового привлекающего вещества. Пчела с более развитой обонятельной системой различает сотни запахов. У животных, обладающих сильно развитым обонятельным анализатором, например, у собак, обоняние во многих отношениях играет доминирующую роль.

Собака-ищейка различает до 500 тыс. запахов, может обнаружить масляную кислоту в воздухе. Моль чует запах за 10—11 км. Комаров привлекает запах молочной кислоты, содержащейся в поте человека. Самки обезьян для привлечения самцов выделяют уксусную и пропионовую кислоты.

Несмотря на то, что животные обладают более тонким обонянием, чем человек, диапазон запахов, воспринимаемых человеком, значительно шире. Человек способен научиться распознавать до 4000 различных запахов, а наиболее чувствительные к ним люди — более 10 тысяч. Но это требует специальной тренировки в распознавании запахов. Известно, что опытные повара только по запаху, не пробуя пищу на вкус, могут определить, насколько хорошо она посолена. Как они это делают — загадка, ведь соль не пахнет.

В жизни человека обоняние не играет такой существенной роли, как в жизни животных, за исключением случаев слепоты и глухоты, когда происходит компенсаторное развитие действующих органов чувств, в том числе и обоняния. Однако вдыхание пахучих веществ оказывает на организм человека весьма значительное физиологическое действие. Запахи влияют на работоспособность, изменяют мускульную силу (увеличивают — аммиак, сладкие и горькие запахи), изменяют газообмен (увеличивает — мускус, а уменьшают — мятное, розовое, коричное, лимонное и бергамотное масла и др.), изменяют ритмы дыхания и пульса (учащают и углубляют — аргановое масло и неприятные запахи, обратное действие оказывают ванилин, розовое и бергамотное масло и приятные запахи), изменяют температуру кожи (повышают — бергамотное и розовое масло, ванилин, понижают — неприятные запахи), изменяют кровяное давление (повышают — неприятные запахи, понижают — бергамотное и розовое масло и приятные запахи), изменяют внутричерепное давление (неприятные запахи — повышают, а приятные — понижают), влияют на слух (неприятные — снижают), изменяют качество зрения (бергамотное масло улучшает зрение в сумерки, неприятные запахи — ухудшают).

Чувствительность человека к восприятию запахов характеризуется так называемой пороговой концентрацией (минимальной концентрацией пахучего вещества, при которой появляется обонятельное ощущение). Восприятие запахов человеком (интенсивность и качество) индивидуально. Кроме того, вкусы в отношении запахов чрезвычайно разнообразны, но в некоторой степени они могут быть обобщены: одни предпочитают запахи гвоздики и пачули, другие — тонкие, сладковатые, нежные и свежие цветочные запахи и т. д.

При длительном воздействии определённого запаха у человека постепенно наступает невосприимчивость к нему, и иногда он перестаёт его ощущать, например, кумарин — через 1–2 мин, цитраль — через 7–8 мин. Это явление называется обонятельной адаптацией. Продолжительность и глубина её зависят от интенсивности и характера запаха пахучего вещества, а также длительности его воздействия. При обонятельной адаптации наблюдается понижение чувствительности не только к веществу, которое было использовано, но и к другим пахучим веществам. Механизмы обонятельной адаптации до настоящего времени не вполне ясны, поскольку адаптация — субъективный фактор, сильно отличающийся у разных людей.

Любое деление веществ по запаху не очень строго: оно основывается на наших субъективных ощущениях. И часто то, что нравится одному, не нравится другому. Пока еще невозможно сколько-нибудь объективно оценить, выразить запах вещества.

Условно запахи могут быть разделены на три группы: приятные, неприятные и безразличные. Приятный запах — это тот, при вдыхании которого человек хотел бы ощущать его значительно дольше, который доставляет удовольствие. Но существует много запахов, которые приятны одним и неприятны другим, т. е. психологическое определение качества запаха относительно. Определённо неприятным запахом следует считать тот, который вызывает в мозгу неприятные представления о разложении, гниении. Безразличные запахи — те, которые не воспринимаются, к которым мы настолько привыкли, что перестали их замечать, например, обычный запах воздуха, жилья, духов и т. д. Понятие о безразличности иногда заходит так далеко, что даже пересыщенный запахами воздух лабораторий может стать безразличным для тех, кто постоянно там работает.

Под душистыми обычно понимают приятно пахнущие органические вещества. Вряд ли кто-нибудь скажет так о хлоре или меркаптане, хотя у них есть свой запах. Когда имеют ввиду вообще пахнущие вещества, их называют пахучими. С точки зрения химической — разницы нет. Но если наука изучает вообще пахнущие вещества, то промышленность (и в первую очередь парфюмерную) интересуют в основном душистые вещества. Правда, здесь трудно провести четкую границу. Знаменитый мускус — основа основ парфюмерии — сам по себе пахнет резко, даже неприятно, но, добавленный в ничтожных количествах в духи, усиливает, улучшает их запах. Индол обладает фекальным запахом, а разведенный — в духах «Белая сирень» — таких ассоциаций не вызывает.

Много веков назад арабы уже знали различные способы получения душистых веществ из растений и выделений животных. Благовония, душистые настои, бальзамы и мази широко применяли в Древней Греции и Риме. При дворе французского короля дамы в изобилии расходовали благовония, чтобы заглушить неприятный запах, исходящий от тела. В те времена непринято было мыться: считалось, что частые омовения тела вредны для здоровья. Известно, что король Франции Людовик XIV за 78 прожитых лет мылся всего 4 раза. Испанская королева Изабелла Католическая гордилась тем, что за всю жизнь мылась только два раза.

На Руси в качестве благовоний долгое время использовали сушёные травы и цветы, древесную смолу; в некоторых лесистых районах умели получать кедровое и пихтовое масла.

Наш организм не безразличен к запахам. Если воздух загрязнён дымом, плохо пахнет, мозг подаёт сигнал тревоги, носовая щель сужается, и в лёгкие поступает меньше воздуха. Аромат цветов, леса, моря вдыхать приятно, мы чувствуем, как легко дышится, когда воздух приятно пахнет. Неприятный запах испорченной пищи предупреждает нас: «Не бери в рот! Опасно!» О пожаре предупреждает запах дыма. Одежда впитывает запахи табачного дыма, пищи, духов; часто по запаху одежды можно определить профессию человека.

У каждого дела запах особый.

В булочной пахнет тестом и сдобой.

Мимо столярной идёшь мастерской —

Стружку пахнет и свежей доской.

Пахнет маляр скипидаром и краской.

Пахнет стекольщик оконной замазкой.

Куртка шофёра пахнет бензином

Блуза рабочего — маслом машинным.

Пахнет кондитер орехом мускатным,

Доктор в халате — лекарством приятным.

Рыхлою землёю, полем и лугом

Пахнет крестьянин, идущий за плугом.

Рыбой и морем пахнет рыбац.

Только безделье не пахнет никак

Сколько ни душится лодырь богатый,

Очень неважно он пахнет, ребята!

Разгадка таинственного влечения человеческих особей к себе подобным кроется в том, что молекулы пахнущих веществ возбуждают

древние структуры головного мозга — обонятельные центры и лимбическую систему. Люди способны выделять не только притягивающие ароматические вещества (антрактанты), но и отталкивающие (репелленты). Антрактанты чаще выделяются тогда, когда человек находится в хорошем настроении, репелленты — во время депрессии, стрессов, ссор, когда человек ощущает страх и дискомфорт. По-видимому, существует запах страха, об этом писал А. Вознесенский:

Когда человек боится, выделяется адреналин,

Это знают собаки и с лаем бегут за ним.

Все душистые вещества делят на натуральные и синтетические. Из природных ароматических веществ сейчас чаще всего используют эфирные масла, мускус и амбру. Эфирные масла — сложные смеси душистых органических веществ (терпенов, сложных эфиров, альдегидов, спиртов), плохо растворимые в воде, но легко растворимые в спирте. Так, розовое масло содержит более 200 различных соединений. Чтобы выделить 1 кг розового масла, необходимо переработать около 3 т лепестков розы. Мускус — продукт, вырабатываемый из желез самца оленя кабарги. Для получения 1 кг мускуса надо уничтожить 30 тыс. животных. Поэтому современная парфюмерная промышленность использует синтетическое сырьё.

Науку о лечении запахами называют ароматерапией. Замечено, что запахи мирта, лимона, мяты оказывают тонизирующее действие на нервную систему, ароматы розы, жасмина, лаванды — успокаивающее. Запахи пиридина и толуола повышают остроту ночного зрения, а запахи бензола и гераниола — остроту слуха.

Кстати, душистые вещества отличаются не только запахом, все они обладают также и физиологическим действием: некоторые через органы обоняния на центральную нервную систему, другие при введении внутрь. Например, цитраль — вещество с приятным лимонным запахом, употребляемое в парфюмерии, является также сосудорасширяющим средством и используется при гипертонии и глаукоме.

Многие душистые вещества обладают и антисептическим действием: ветка черемухи, помещенная под колпак с болотной водой, через 30 минут уничтожает все микроорганизмы.

Среди первичных запахов, различимых человеком, выделяют:

- камфорный: борнеол, третичный бутиловый спирт, D-камфора, цинеол, пентаметилэтиловый спирт;
- резкий: уксусная кислота, аллиловый спирт, циан, формальдегид, муравьиная кислота, метилизотиоцианат;

- цветочный: бензилацетат, гераниол, α - и β -ионы, фенилэтиловый спирт, терпинеол;
- мятный: трет-бутилкарбинол, циклогексан, ментон, пиперитол, 1,1,3-триметилциклогексанон-5;
- эфирный: ацетилен, четыреххлористый углерод, хлороформ, дихлорэтилен, пропиловый спирт;
- мускусный: андростанол-3 α (сильный), пентадеканолактон, циклогексадеканон, 17-метиландростанол-3 α , мускон (3-метилциклопентадеканон);
- гнилостный: амилмеркаптан, кадаверин (пентаметилендиамин), сероводород, индол (в разбавленном растворе — цветочный), скатол.

Перечисленные запахи не включают всех известных человеку оттенков ароматов. Приведенные категории разработаны в основном как средство для того, чтобы описывать явные, легко воспроизводимые запахи, присущие эталонным образцам, применяемым для сравнения.

Общепринятой классификации веществ, обладающих запахом, нет. Они могут принадлежать к различным классам соединений. Их строение весьма разнообразно: это соединения с открытой цепью насыщенного и ненасыщенного характера, ароматические соединения, циклические соединения с различным числом атомов углерода в цикле. Несомненным является тот факт, что душистые вещества, как правило, содержат одну из так называемых функциональных групп: карбинольную $\equiv\text{C}-\text{OH}$, карбонильную $=\text{C}=\text{O}$, сложноэфирную $-\text{COO}-\text{R}$ и некоторые другие.

Накопление в одной молекуле нескольких одинаковых функциональных групп (а в случае соединений алифатического ряда — и разных) приводит обычно к ослаблению запаха или даже к полному его исчезновению (например, при переходе от одноатомных спиртов к многоатомным). Запах у альдегидов изостроения обычно бывает более сильным и приятным, чем у изомеров нормального строения.

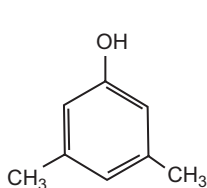
Молярная масса душистых веществ, как правило, не превышает 300 г/моль. Запах более выражен у тех веществ, молекулы которых имеют разветвленный углеродный скелет. Приятный запах присущ соединениям, молекулы которых содержат более 6 атомов углерода в цепи. На силу и характер запахов влияют различные виды изомерии. Иногда запах зависит от концентрации вещества.

Значительное влияние на запах оказывает величина молекулы. Обычно соседние члены гомологического ряда обладают сходным запахом,

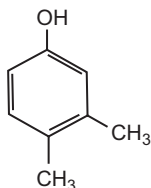
причём сила его постепенно меняется при переходе от одного члена ряда к другому. При достижении определённой величины молекулы запаха исчезает. Так, соединения алифатического ряда, имеющие более 17–18 атомов углерода, как правило, лишены запаха. Запах зависит также от числа атомов углерода в цикле. Например, макроциклические кетоны C_{5-6} имеют запах горького миндаля или ментола, C_{6-9} — дают переходный запах, C_{9-12} — запах камфары или мяты, C_{13} — запах смолы или кедра, C_{14-16} — запах мускуса или персика, C_{17-18} — запах лука, а соединения с C_{18} и более либо не пахнут вообще, либо пахнут очень слабо.

Функциональные группы не определяют запаха молекулы. Например, уксусная кислота обладает резким запахом, масляная имеет запах прогорклого жира, валериановая и капроновая как пропахшая потом раздевалка стадиона, а высшие жирные кислоты запаха не имеют.

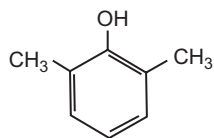
Важную роль играет геометрия молекул. Рассмотрим на примерексиленолов. Так, 3,5-диметилфенол имеет слабый запах, 3,4-диметилфенол — запах плесени, 2,6-диметилфенол — запах масла из гаултерии:



3,5-диметилфенол



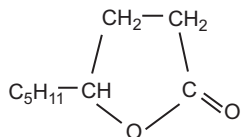
3,4-диметилфенол



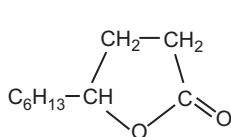
2,6-диметилфенол

Установлено, что запах углеводородов существенно зависит от длины их цепи. Так, метан не имеет запаха, н-пентан обладает характерным запахом жидкости для зажигалок, октан и нонан — запахом бензина.

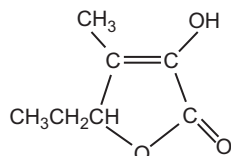
Известно, что сложные эфиры имеют фруктовые и цветочные запахи. В этом случае специфический запах зависит от характера кислотного и спиртового компонентов. Интересны изменения запахов в зависимости от характера замещения у γ -лактонов: 5-н-пентилпроизводное замещение имеет запах кокосового ореха, а 5-н-гексилпроизводное пахнет персиками:



Запах кокосового ореха



Запах персиков



Запах мясного бульона

Сила аромата зависит также от степени разветвления цепи атомов углерода. Например, миристиновый альдегид пахнет очень слабо, а его изомер — сильно и приятно.

Сходство структур соединений не всегда обуславливает сходство их запахов. Например, эфиры β -нафтола с приятным и сильным запахом широко используют в парфюмерии, а эфиры α -нафтола совсем не пахнут. Этот же эффект наблюдается и у полизамещённых бензолов. Ванилин — одно из самых известных душистых веществ, а изованилин пахнет подобно фенолу (карболке), да и то при повышенной температуре.

Наличие кратных связей — один из признаков того, что вещество обладает запахом. Рассмотрим, например, изоэвгенол и эвгенол. У обоих веществ ярко выраженный гвоздичный запах, их широко используют в парфюмерии. При этом изоэвгенол имеет более приятный запах, чем эвгенол. Однако стоит насытить у них двойную связь, и запах почти исчезает.

Известны и обратные случаи. Цикламен-альдегид (цикламаль) — вещество с нежнейшим цветочным запахом — одно из ценнейших веществ, содержит насыщенную боковую цепочку, а форцикламен, имеющий двойную связь в этой цепочке, обладает слабым неприятным запахом.

Часто неприятный запах вещества обусловлен тройной связью. Однако и здесь есть исключение. Фолион — необходимая составная часть многих парфюмерных композиций — вещество, в котором запах свежей зелени прекрасно уживается с тройной связью.

С другой стороны, вещества, различающиеся по химическому строению, могут иметь сходные запахи. Например, розоподобный запах характерен для розацетата 3-пентанола, 3-метил-1-фенил, гераниола и его цис-изомера — нерола, розеноксида.

На запах влияет и степень разбавления вещества. Так, некоторые пахучие вещества в чистом виде имеют неприятный запах (например, цибет, индол). Смешивание различных душистых веществ в определённом соотношении может приводить как к появлению нового запаха, так и к его исчезновению.

Наиболее удобно классифицировать пахучие вещества по группам органических соединений. Такая классификация позволила бы связывать их запах со строением молекулы и природой функциональной группы.

Самая обширная группа пахучих веществ — сложные эфиры. Многие пахучие вещества относятся к альдегидам, кетонам, спиртам и некоторым другим группам органических соединений.

Эфиры низших жирных кислот и насыщенных жирных спиртов обладают фруктовым запахом (фруктовые эссенции, например, изоами-

лацетат), эфиры алифатических кислот и терпеновых или ароматических спиртов — цветочным (например, бензилацетат, терпинилацетат), эфиры бензойной, салициловой и других ароматических кислот — в основном сладким бальзамическим запахом.

Эти сложные эфиры

Управляют целым миром.

В барбариске и ириске,

В мармеладке, в шоколадке,

В лепестках сирени майской —

Всюду их незримый след.

Ароматами жасмина,

«Пепси-колы», апельсина,

Несравненной розы алой

Они пленяют белый свет.

Чашка кофе по утрам

И от насморка бальзам,

Сливки с капельками жира —

Это сложные эфиры.

Из насыщенных алифатических альдегидов можно назвать, например, деканаль, метилнонилацетальдегид, из терпеновых — цитраль, гидроксцитронеллаль, из ароматических — ванилин, гелиотропин, из жирно-ароматических — фенилацетальдегид, коричный альдегид. Из кетонов наибольшее распространение и значение имеют алициклические, содержащие кетогруппу в цикле (ветион, жасмон) или в боковой цепи (иононы), и жирно-ароматические (*n*-метоксиацетофенон), из спиртов — одноатомные терпеновые (гераниол, линалоол и др.) и ароматические (бензиловый спирт).

Структура многих пахучих соединений известна. Гораздо сложнее установить, как эти соединения взаимодействуют с обонятельными рецепторами. Большую роль играет летучесть пахучего соединения, благодаря которой оно достигает обонятельных центров. Даже незначительное число пахучих молекул, достигших рецепторного центра обоняния, адсорбируется на поверхности рецептора.

Было высказано предположение, что запах вещества зависит от его характеристических низкочастотных полос в ИК-спектре. С этой целью были изучены вещества, применяемые в парфюмерии. Все эти соединения имеют полосы поглощения в далекой области ИК-спектра — между 100 и 500 см⁻¹. Оказалось, что такая корреляция включает не только присутствие определенных полос, но и отсутствие некоторых других.

По-видимому, имеется связь между положением самой длинноволновой полосы в ИК-спектре и порогом чувствительности к данному запаху: чем больше длина волны этой полосы, тем выше пороговая чувствительность к обнаружению данного вещества. Например, бутилмеркаптан (запах скунса) имеет в ИК-спектре полосу ниже 200 см^{-1} , и человек может обнаружить его по запаху при концентрации менее $10\text{--}12\text{ моль/л}$. В спектре метанола отсутствуют полосы ниже 1000 см^{-1} , и его можно обнаружить по запаху лишь при концентрациях выше 10^{-3} моль/л .

В табл. 6 перечислены наиболее известные и характерные компоненты комплекса летучих ароматических веществ некоторых плодов.

Таблица 6. Характерные ароматические соединения в летучих веществах плодов

Плоды, сорт	Характерные ароматические соединения
Яблоки Делишес	Аромат зеленых незрелых плодов: гексанал и 2-гексанал Аромат спелых плодов: этил-2-метил-бутират
Бананы	Аромат банановый: изопентилацетат, пентилацетат, пропионат и бутират, эвгенол Аромат фруктовый: бутил- и гексилацетаты, бутил- и пентилбутираты Аромат зеленых плодов: 2-гексанал Аромат зеленых плодов, древесины или плесневелый: бутиловый, пентиловый и гексиловый спирты, метилацетат, пентанон
Клюква крупноплодная	α -терпинеол
Брусника	2-метилмасляная кислота
Огурцы	<i>транс</i> -2, <i>цис</i> -6-Нонадиеналь
Грейпфруты	Нооткатон
Виноград Конкорд	Метилантранилат
Виноград Александрийский мускат	Линалоол и гераниол
Лимоны	Гераниаль и нераль
Мандарины	Метил-N-метилантранилат и тимол — компоненты характерной смеси
Апельсины (свежие, до хранения)	В основном валенсен с сабином, β -элеменом, β -карофилленом, фарнезенном, гумуленом и δ -кадином
Груши Барлетт	Метил-этил- <i>транс</i> -2, <i>цис</i> -4-декадиеноаты
Малина	1-(<i>n</i> -Оксифенил)-3-бутанон

Таким образом, запах продукта образуется в результате сложного сочетания разнообразных химических соединений: ароматических углеводородов, сложных эфиров, альдегидов, кетонов, кислот и др.

Обычный человек различает до 1000 запахов, а опытный специалист — до 10 000. Особенно сильно пахнущие вещества человек обычно может обнаружить при их содержании в количестве одна часть на 10^{12} частей воздуха.

ГЛАВА 3

ФОРМИРОВАНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ХРАНЕНИИ

3.1. ПЛОДЫ И ОВОЩИ

3.1.1. Изменения при созревании и хранении плодов

При созревании происходят изменения окраски, вкуса, аромата, консистенции плода, в результате чего возрастает его ценность как продукта питания. В охлажденных плодах при хранении продолжают биохимические и физиологические процессы, приводящие к созреванию плодов. В общебиологическом плане созревание представляет собой начальный период старения, который завершается окончательным старением и смертью плода.

Изменения в окраске

Изменения в окраске возникают главным образом в результате разрушения хлорофилла (зеленого пигмента), синтеза каротиноидов (желтых и оранжевых) и пигментированных фенольных соединений, таких как антоцианы (красные и синие). В любом продукте типичное для него изменение окраски при созревании может произойти в результате толь-

ко какого-нибудь одного процесса или их сочетания. Так, потеря хлорофилла с одновременным увеличением содержания каротиноидных пигментов приводит к превращению зеленых хлоропластов в желтые или красные хромопласты. Однако в отдельных случаях у некоторых мутантов томата и перца хлорофилл сохраняется даже при возрастании содержания каротиноидов, тогда как у бананов потеря хлорофилла не сопровождается каким-либо увеличением содержания каротиноидов.

Детальный путь распада хлорофилла неизвестен. Феофитин — один из первых промежуточных продуктов, получаемый в результате потери молекулой хлорофилла атома магния. Последующий гидролиз фитола может катализироваться хлорофиллазой, активность которой у яблок в течение климактерического периода возрастает; со временем происходит разрушение до соединений с небольшой молекулярной массой. Разрушение хлорофилла тормозится с понижением температуры хранения. Так, содержание хлорофилла в кожуре яблок сорта Пепин оранжевый Кокса, созревающих при температуре 12 °С, снижается со 105 до 25 мкг/г. О потере хлорофилла в процессе созревания бананов свидетельствуют данные, представленные в табл. 7.

Таблица 7. Потери хлорофилла в кожуре бананов при их созревании

Продолжительность созревания, сут	Общее содержание сахаров как показатель стадии спелости, г/100 г	Содержание пигментов в кожуре, %		
		хлорофилл <i>a + b</i>	ксантофилл	каротин
0	0,40	102,9	7,34	2,05
2	1,25	72,5	5,75	1,82
3	2,24	48,7	5,91	2,27
4	4,54	29,0	5,70	2,87
5	11,16	0,0	3,95	3,56

Известно, что некоторые стадии деградации хлорофилла аэробны. Разрушение хлорофилла сопровождается распадом мембран хлоропласта и входящих в их состав белков и липидов. При превращении хлоропластов в хромопласты строма пластид дегенерирует, ламеллярная структура разрушается, сохраняется оболочка пластиды, а листья и плоды приобретают желтую окраску от находящихся в хлоропластах желтых пигментов — каротиноидов. Следовательно, хромопласты — это пластиды, которые дегенерировали путем липофанероза — жирового перерождения, и обратное превращение хромопластов в хлоро-

пласты невозможно. Тонкая структура хлоропластов распадается, ценные для растения соединения покидают стареющие ткани и используются для различных биосинтезов.

Синтез каротиноидов может происходить в темноте, но не в отсутствие кислорода. Он стимулируется увеличением концентрации кислорода в окружающем воздухе выше атмосферной, этиленом и повышением температуры в определенных пределах. Оптимальная для синтеза температура колеблется в зависимости от типа каротиноида и растительного материала. Для ликопина томатов она составляет 16–21 °С, и при температуре выше 30 °С его синтез подавляется. В арбузах синтез ликопина не подавляется даже при 37 °С.

Изменения вкуса и аромата

Изменение вкуса во время созревания обычно происходит в результате увеличения содержания сахаров за счет распада запасных углеводов, снижения содержания кислот, которые могут быть израсходованы на дыхание, и значительного усиления образования летучих ароматических веществ.

Увеличение содержания сахаров при созревании лучше всего проиллюстрировать на примере банана, зеленые незрелые плоды которого богаты запасными углеводами в форме крахмала — 20–25% в расчете на сырую массу. Практически все они в процессе созревания превращаются в сахара, в спелом плоде остается лишь 1–2% крахмала. Установлено, что при температуре созревания около 20 °С максимальная скорость превращения крахмала в сахара в бананах составляет примерно 4 г/100 г мякоти × день даже без поправки на мобилизацию для использования в процессе дыхания.

При созревании яблок сорта Кальвиль снежный содержание крахмала уменьшается с 1,30 до 0,83%, а содержание сахаров возрастает с 9,22 до 12,87%. Ананасы, дыни и виноград, также характеризующиеся высокой концентрацией сахаров после созревания, накапливают их до уборки. Они не накапливают запасных углеводов, поэтому в послеуборочный период содержание сахаров в них не возрастает. У других плодов, сахаристость которых во время хранения возрастает, превращение углеводов в сахара происходит менее интенсивно, чем у бананов, поскольку в них запасается меньше углеводов. Продолжение хранения после достижения плодами полной спелости приводит к снижению в них содержания сахаров, по-видимому, из-за потерь на дыхание. Так, обнаружено заметное увеличение содержания сахаров в процессе

созревания томатов, особенно во время их побурения, но после достижения полной спелости содержание сахаров снижалось при хранении.

Плоды различаются по составу накапливаемых сахаров. Все плоды условно можно разделить на сахарозные, накапливающие при созревании преимущественно сахарозу (в бананах около 2/3 сахаров представлены сахарозой, а остальные — глюкозой, фруктозой и мальтозой, которая содержится в следовых количествах), и нес сахарозные, в зрелом состоянии не содержащие сахарозы или содержащие очень мало.

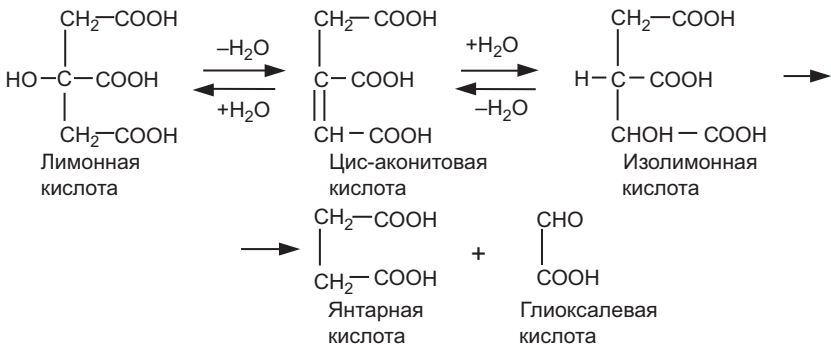
У различных плодов неодинакова степень накопления глюкозы и фруктозы. На ранних стадиях развития интенсивнее накапливается глюкоза, на более поздних — фруктоза. Поэтому считают, что в зрелых плодах фруктоза чаще всего преобладает над глюкозой. По данным Ф. В. Церевитинова, в яблоках в среднем содержится 6,0–11,8% фруктозы, 2,5–5,5% глюкозы и 1,5–5,3% сахарозы. Фруктозы содержится больше и в таких плодах, как груша, айва и земляника. В некоторых плодах (вишни, сливы, абрикосы, персики) происходит преимущественное накопление глюкозы. В зрелых цитрусовых содержится примерно равное количество глюкозы и фруктозы.

Повышению сахаристости плодов могут способствовать такие ферменты, как фосфорилаза и амилаза. Активность фосфорилазы возрастает во время созревания яблок, этот фермент катализирует распад крахмала в бананах. Повышение активности амилазы, связанное с быстрым гидролизом крахмала, обнаружено в томатах, двукратное увеличение активности амилазы отмечается в созревающих плодах манго. Таким образом, и фосфорилаза, и амилаза могут способствовать повышению сахаристости плодов, но окончательно не установлено, какой из этих ферментов играет более важную роль.

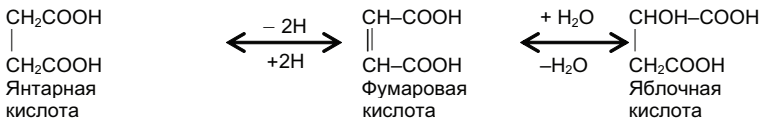
Плоды богаты органическими кислотами, определяющими наряду с другими соединениями их биологическую и пищевую ценность. В плодах обнаружено свыше 80 разнообразных органических кислот, однако в больших количествах преобладают лишь некоторые. Во всех плодах обязательно присутствуют кислоты окислительного цикла Кребса: лимонная, аконитовая, изолимонная, янтарная, фумаровая и яблочная. Очень часто в плодах может преобладать какая-либо одна кислота. Так, в яблоках, абрикосах, бананах, вишнях, черешнях, сливах и часто в грушах и персиках присутствует в основном яблочная кислота, а в плодах цитрусовых, клюкве, смородине (черной, красной и белой), инжире, гуаяве, ананасах, малине и землянике — лимонная. Лимонная и яблочная кислоты содержатся в более или менее равных количе-

ствах в крыжовнике, томатах и некоторых персиках и грушах, а яблочная и винная кислоты — в винограде.

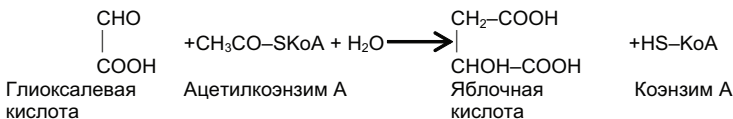
Органические кислоты находятся в вакуолях в свободном виде и в виде солей, в основном калиевых. В процессе созревания плодов значительная часть кислот расходуется на дыхание. Наряду с этим наблюдаются образование и накопление какой-либо одной или нескольких определенных кислот, обуславливающих характерный вкус созревшего плода данного растения. Взаимопревращения органических кислот, связанные с аэробным этапом углеводного обмена, объясняют их количественные колебания при разных степенях созревания плодов. Так, в незрелых персиках либо преобладает лимонная кислота, либо по содержанию она близка к яблочной. В процессе созревания вполне вероятно более интенсивное протекание реакции с образованием яблочной кислоты и других промежуточных продуктов, накапливающихся в значительно меньших количествах:



Дальнейшая взаимосвязь янтарной, фумаровой и яблочной кислот представляется следующим образом:



Вполне возможен путь образования яблочной кислоты также из глиоксалевой:



Созревание плодов сопровождается уменьшением содержащихся в них кислот и, как следствие, увеличением сахарокислотного коэффициента.

Накопление образовавшихся во время хранения органических кислот, например, янтарной, не отражается на вкусе плодов, но может стать одной из причин развития функциональных расстройств, выражающихся в побурении тканей. Это обусловлено способностью янтарной кислоты ингибировать некоторые дегидрогеназы, ответственные за восстановление продуктов окисления полифенолов, участвующих в нормальном метаболизме клетки.

Сокращение содержания органических кислот наряду с окислением в процессе дыхания обусловлено еще и распадом при декарбоксилировании. Так, одним из продуктов декарбоксилирования яблочной кислоты является ацетальдегид, также подавляющий активность дегидрогеназ. Избыточное накопление ацетальдегида приводит к побурению тканей плодов. Помимо ацетальдегида в плодах также накапливается спирт, что свидетельствует об усилении процесса декарбоксилирования и постепенном отклонении аэробного дыхания в сторону анаэробного. Причина заключается в повышении активности малатдегидрогеназы декарбоксилирующей (малик-фермента).

Изменения в летучих ароматических компонентах

Отличительным признаком плодов не только разных видов, но и разных сортов одного и того же вида является их характерный аромат. Летучие вещества, частично определяющие этот аромат, могут быть очень многочисленны (например, в бананах их образуется не менее 200), однако наиболее распространенные и характерные ароматы могут создаваться сравнительно немногими летучими веществами. Подобно любому другому летучему продукту, они частично удерживаются в клеточном соке, а частично диффундируют наружу по градиенту концентрации своих паров. Удерживаемая тканями часть вносит свою долю в характерный аромат плода, но не обязательно пропорционально концентрации вещества, поскольку обоняние обусловлено структурой молекул, а не их количеством. Так, аромат спелых яблок сорта Делишес, обусловленный присутствием этил-2-метил-бутирата, вызывает обонятельную ответную реакцию при пороговой концентрации данного компонента 1 : 1010.

По мере созревания плодов, в частности в климактерический период, в них происходит усиленное образование ароматических веществ

и изменение их соотношений. Увеличение содержания ароматических веществ и изменение их состава происходит вследствие активного протекания метаболических процессов, новообразования ферментов и нарушения целостности мембран.

Как правило, аромат плода обуславливается наличием 10–20, а иногда и 50 различных соединений. Так, летучие вещества яблок включают 20 кислот, 28 спиртов, 71 сложный эфир, 26 карбонильных соединений, 9 простых эфиров и ацеталей и 5 углеводов. Различия в аромате, характеризующие сорт яблок и степень созревания, объясняются количественным изменением в первую очередь таких компонентов, как эфиры жирных кислот. Так, аромат груш обусловлен 7 соединениями, 5 из которых являются спиртами, винограда — 17 соединениями (в количественном отношении преобладают спирты и альдегиды).

Одними из наиболее ароматных плодов в стадии полной зрелости являются бананы. Усиленное образование летучих ароматических веществ у бананов начинается через день после климактерического пика в процессе дыхания или несколько позже. С помощью газовой хроматографии выделено несколько ароматических веществ в желто-зеленых плодах бананов. В фазе полной спелости количество этих веществ увеличилось почти в 10 раз, а также активизировался синтез ароматических веществ, которые отсутствовали в желто-зеленых плодах.

Биохимические основы развития «загара» плодов

В процессе старения наблюдается развитие поверхностного побурения ткани плода, известное под названием «загара». Загар является одним из основных источников потерь при хранении яблок.

Развитие загара является результатом быстрой дезорганизации структуры хлоропластов, частичным и более медленным нарушением структуры митохондрий, вакуолизацией цитоплазмы. Разрушение тонопласта вакуолей ведет к смешиванию содержимого вакуолей с цитоплазмой. При этом происходит окисление части полифенолов, содержащихся в вакуолях, и образование комплексов — продуктов окисления полифенолов с цитоплазматическими белками.

Связанное с повреждением тонопласта необратимое окисление полифенолов может наступить в результате накопления продуктов окисления фарнезена.

Фарнезен образуется в эпидермальных клетках плода как продукт терпеноидного обмена. Под действием кислорода воздуха фарнезен легко окисляется с образованием перекисей и гидроперекисей, которые

частично накапливаются в воске, а частично подвергаются дальнейшему окислению с образованием полимерных соединений. Образовавшиеся перекиси и гидроперекиси обладают очень высокой окислительной активностью. Таким образом, в клетке появляется система фарнезен-гидроперекиси фарнезена, легко окисляющие полифенолы и аскорбиновую кислоту. В результате в клетке накапливаются конденсированные темноокрашенные продукты, придающие бурый цвет плодам, то есть загар.

Так как система фарнезен-гидроперекиси фарнезена энергично окисляет аскорбиновую кислоту, являющуюся естественным антиоксидантом плодов и ягод, то ее исчезновение ведет к более глубокому окислению полифенолов.

Наряду с увеличением количества фарнезена и продуктов его окисления наблюдается возрастание величины рН, увеличение содержания спирта и ацетальдегида.

Окисление фарнезена происходит при участии ферментов липоксигеназ, под действием которых происходит окисление не только фарнезена, но и других соединений, в частности полифенолов.

Разрушение тонопласта указывает на то, что клетка находится на последнем этапе своей жизни, за которым следует гибель. Следствием разрушения тонопласта являются также исчезновение тургора, свойственного здоровой клетке, сжатие побуревших мертвых клеток и появление плотных гомогенных структур, которые внешне проявляются в виде бурых пятен на поверхности плода.

3.1.2. Изменения при охлаждении и хранении овощных культур

Овощи представляют собой вегетативные органы двулетних растений с накопленными питательными веществами: клубни — картофеля, корнеплоды — моркови, свеклы, репы и брюквы, луковицы — лука репчатого и чеснока, кочаны — белокочанной капусты. Биологическая роль вегетативных органов заключается в сохранении зимующих почек и снабжении последних необходимыми веществами при прорастании.

Изменение углеводов

Основной составной частью сухого вещества овощей являются углеводы: из моносахаридов — глюкоза и фруктоза, олигосахаридов — сахароза и мальтоза и полисахаридов — крахмал, пектиновые вещества, гемицеллюлозы и клетчатка. Общее содержание сахаров в овощах колеблется от 0,1% в салате и шпинате до 11,2% в репчатом луке (на сырую массу

съедобной части). Достаточно много их содержится в моркови (6,5%) и свекле (8%); в белых кореньях (петрушка, пастернак, сельдерей) количество сахаров не превышает 2,5%, в капустных овощах — 1,5–2,0%. В белокочанной капусте содержатся в основном глюкоза и фруктоза и очень мало сахарозы. В моркови фруктоза почти отсутствует, а сахароза и глюкоза содержатся примерно в одинаковых количествах. Сахара в свободном состоянии или в виде гликозидов являются составной частью клеточного сока. Крахмал содержится в основном в картофеле, его количество в среднем составляет от 12 до 20%. Из других овощей относительно высоким содержанием крахмала (5–6%) отличаются только бобовые и артишоки. В остальных овощах его практически нет. Крахмальные зерна находятся в вакуолях, где они плавают в клеточном соке.

Клетчатка и гемицеллюлозы входят в основном в состав клеточных оболочек в количестве 0,5–1,7% к массе сырых овощей. Повышенным содержанием этих веществ отличаются пастернак (3,6%) и артишоки (3,0%). Гемицеллюлозы представлены гомополисахаридами (арабан, глюкан, галактан) и гетерополисахаридами (галактоарабан, арабаноксилан). Клетчатка и гемицеллюлозы концентрируются, как правило, в покровных тканях.

Пектиновые вещества в виде протопектина входят в основном в состав срединных пластинок, а также клеточных оболочек; растворимый пектин находится в клеточном соке. Содержание пектиновых веществ в овощах колеблется в пределах от десятых долей процента до 1%. Пектиновые вещества корнеплодов сахарной свеклы находятся в виде водонерастворимого протопектина, содержание которого равно 1,5–2,5% массы корнеплода. Содержание и соотношение растворимой и нерастворимой фракций пектиновых веществ определяют прочность ткани овощей: чем больше в ткани протопектина, тем она прочнее.

На начальных этапах хранения, когда еще имеет место протекание синтетических процессов, в овощах происходит накопление сахаров. Так, увеличивается содержание сахарозы в сахарной и столовой свекле, крахмала в картофеле. Динамику накопления сахарозы корнеплодами сахарной свеклы можно охарактеризовать такими данными (в %): июнь — 6, июль — 12, сентябрь — 17 и октябрь — 18–20. Изучение ферментативной активности сахарной свеклы показало, что до тех пор, пока корень функционирует как орган поглощения воды и минеральных веществ, высока активность инвертазы. Но с началом функционирования корня в качестве корнеплода — органа запаса сахарозы — исчезновение инвертазной активности компенсируется появлением активности фермента сахаросинтетазы.

В дальнейшем для поддержания необходимого и достаточного уровня энергетических веществ, используемых на дыхание, в овощах протекают гидролитические процессы, вызывающие распад полисахаридов (крахмала и гемицеллюлоз) до простых сахаров. Следствием этого являются накопление сахаров и повышение сладости овощей, например, корнеплодов моркови. При дальнейшем хранении по мере распада и уменьшения количества олиго- и полисахаридов темпы накопления сахаров снижаются, в результате преобладания расхода сахаров на дыхание общее количество их уменьшается, причем потери сахарозы наибольшие. Исключение составляют овощной горох, фасоль, сахарная кукуруза и некоторые другие овощи, при хранении которых наблюдается не расщепление, а синтез крахмала из сахаров. У пряных корнеплодов (петрушки, сельдерея), хранящихся с зеленью, потери воды и сахаров возникают вследствие оттока их из корнеплодов в листья.

Снижается содержание пектиновых веществ. Потери общего количества сопровождаются потерями протопектина, который гидролизуетс до пектина, вызывая размягчение тканей овощей.

Изменение красящих веществ

Овощные культуры являются ценными источниками каротина, однако число их невелико. Наиболее богаты каротином (мг/100 г съедобной части) батат — 0,3; бобы овощные — 0,5; капуста брюссельская — 0,5; спаржа — 0,6; зеленый горошек — 1,0; томаты — 2,0; спаржа — 2,5; шпинат — 5,0; лук зеленый (перо) — 6,0; шавель — 8,0; морковь — 9,0; перец сладкий (красный) — 10,0; петрушка (зелень) — 10,0. Высокое содержание каротина в шпинате, петрушке, щавеле замаскировано хлорофиллом.

Важнейшим источником каротина является морковь. При содержании каротина в мякоти моркови (без сердцевины и кожицы) в количестве 9,9 мг на 100 г продукта на долю β -каротина приходилось 7,7 мг и 2,2 — на долю α -каротина, активность которого по витамину А в два раза ниже, чем β -каротина. В верхней, связанной с листьями, части корнеплода содержание каротина выше, чем в нижней, а в периферических тканях (флоэме) больше, чем во внутренних (ксилеме) (табл. 8).

Таблица 8. Содержание каротина в корнеплодах моркови (мг/100 г съедобной части)

Часть корнеплода	Флоэма	Ксилема
Верхушка	13,7	4,2
Середина	10,2	3,5
Основание	5,3	2,6

Разные сорта моркови отличаются по содержанию каротина: чем меньше в корнеплоде доля сердцевинки, тем выше общее количество каротина. Содержание каротина коррелирует с окраской корнеплодов. В сортах с ярко-оранжевой окраской каротина больше, чем в сортах с более бледной окраской.

Во время роста корнеплодов моркови увеличивается количество обоих изомеров каротина, но на последних этапах созревания количество β -каротина продолжает сильно возрастать, тогда как содержание α -каротина практически не изменяется.

По сравнению с витамином С каротин более устойчив при хранении. В начальный период хранения наблюдается увеличение содержания каротина за счет продолжающегося биосинтеза. Причем чем моложе корнеплоды моркови к моменту уборки, тем сильнее увеличивается концентрация каротина. При хорошей аэрации корнеплодов количество каротина возросло в два раза больше, чем при плохой.

В дальнейшем при длительном хранении корнеплодов моркови количество каротина снижается, потери его могут достигать 22% от исходного содержания.

В процессе хранения овощной продукции имеет место уменьшение количества фенольных соединений, входящих в их состав. Так, содержание полифенолов при хранении моркови сокращается, по-видимому, за счет их гидролиза. Образующиеся при этом оксикоричные кислоты способствуют синтезу веществ, придающих корнеплодам горький вкус. Эти вещества отсутствуют в свежесобранных корнеплодах и появляются в процессе хранения. Особенно много их накапливается в увядших корнеплодах.

При хранении свеклы наряду с аналогичными потерями воды, сахаров, полисахаридов, органических кислот наблюдаются количественные и качественные изменения красящих веществ.

Содержание красящих веществ в корнеплодах столовой свеклы зависит, прежде всего, от сортовых особенностей, а также от зрелости корнеплодов, их размеров, условий и длительности хранения.

По мере роста корнеплодов общее содержание красящих веществ в пересчете на средний вес одного корнеплода равномерно возрастает, качественный состав пигментов не изменяется. Содержание пигментов выше в корнеплодах, которые растут медленно. Чем крупнее корнеплод, тем меньше в нем процентное содержание красящих веществ. В таблице 9 представлено содержание красящих веществ в корнеплодах столовой свеклы сорта Бордо 237 разных размеров.

В процессе хранения, особенно к концу хранения, происходит снижение содержания красящих веществ. Вначале наряду с сокращением

Таблица 9. Содержание красящих веществ в корнеплодах столовой свеклы сорта Бордо 237

Размер корнеплода, см	Средняя масса корнеплода, кг	Содержание красящих веществ, г/кг сырой массы	
		бетаксантин	бетанин
5–14 см (стандарт)	0,22	7,2	9,1
Менее 5 (мелкий)	0,07	5,6	10,2

ем количества бетацианинов наблюдается увеличение содержания бетаксантинов, но затем и содержание бетаксантинов падает. Об усилении процесса распада красящих веществ свидетельствует образование к концу хранения нового оранжево-желтого пигмента с максимумом поглощения при $\lambda = 480$ нм.

Многие овощи в своем составе содержат ароматические вещества и фитонциды. Петрушка, пастернак, сельдерей относятся к пряноароматическим растениям, аромат которых обусловлен наличием в них таких эфирных масел, как пинен, апиол, цеданолид. По мере созревания количество ароматических веществ возрастает до максимального уровня, характерного для каждого вида овощей, а в дальнейшем падает.

Физиологическое состояние, при котором меристематические ткани растения или его органа не переходят к росту, обычно называют периодом покоя. Покой растений или их органов представляет собой эволюционное приспособление к неблагоприятным условиям в разные периоды жизненного цикла или сезона года.

Удобным объектом для изучения состояния покоя являются клубни картофеля.

Способность клубней переходить в состояние покоя, сначала глубокого, а потом вынужденного, играет большую роль в лежкости картофеля. Любая форма лежкости картофеля обусловлена скоростью и направлением превращения веществ и энергии в клубнях, которые, в свою очередь, определяются природой клубней и конкретными условиями хранения.

Началом периода покоя следует считать тот момент, когда клубень прекращает рост в длину за счет растяжения клеток. Глубокий, естественный покой характеризуется тем, что клубни не прорастают даже при наличии благоприятных условий внешней среды, при вынужденном покое рост растений подавляется искусственно. В состоянии покоя все процессы жизнедеятельности замедлены, вследствие чего потери воды и сухого вещества невелики. В связи с этим все способы длительного хранения картофеля направлены на удлинение периода покоя клубней. С возобновлением растяжения клеток период покоя

заканчивается. Окончание периода покоя определяется визуально по увеличению размера глазков.

В паренхиме покоящихся клубней биохимические и физиологические процессы протекают со слабой интенсивностью.

Одним из кардинальных процессов превращения веществ в период покоя является обратимое превращение крахмал \leftrightarrow сахар.

Сухие вещества картофеля главным образом представлены углеводами, и в первую очередь крахмалом, на долю которого приходится 70–80% всех сухих веществ клубня. Крахмал в клубнях находится в виде слоистых зерен. Сахара в клубнях представлены моносахаридами глюкозой (65% от общего содержания сахаров) и фруктозой (5%) и дисахаридом сахарозой (30%). Наряду со свободными сахарами имеются фосфорные эфиры сахаров (глюкозо-1-фосфат, глюкозо-6-фосфат и др.). Часть сахаров входит в состав гликозидов и нуклеопротеидов.

В процессе длительного хранения картофеля наблюдается изменение соотношения в содержании углеводов, решающим фактором которого является температура хранения. При этом наряду с продолжающимся синтезом крахмала происходит его гидролиз. Биологической основой превращения крахмал \leftrightarrow сахар служит различная скорость одновременно протекающих трех основных процессов углеводного обмена:

- осахаривания крахмала;
- синтеза крахмала из сахаров;
- окислительного распада сахаров при дыхании.

Решающим фактором при этом является температура хранения, изменяя которую можно регулировать накопление сахаров. Так, при снижении температуры с 20 до 0 °С скорость реакций:

- крахмал \rightarrow сахар — уменьшается на 1/3;
- сахар \rightarrow крахмал — уменьшается в 20 раз;
- скорость потребления сахара в акте дыхания (сахар \rightarrow CO₂ + H₂O) — уменьшается в 3 раза.

При температуре 9–10 °С интенсивность этих процессов примерно одинакова. При более низких температурах замедляются и процессы гидролиза и процессы синтеза, но с разной скоростью. Процесс гидролиза замедляется в 3 раза, а процесс ресинтеза крахмала из моносахаридов — в 20 раз. Таким образом, преобладает процесс гидролиза крахмала. Следствием этого является накопление сахаров в клубнях до 7–8%, клубни становятся сладкими. Причиной снижения активности синтетических процессов при температурах, близких к 0 °С, является понижение рН клеточного сока ввиду увеличения растворимости углекислого газа при низких температурах.

При температурах выше 10 °С преобладает ресинтез крахмала над его гидролизом. Это явление используется для снижения количества сахара в клубнях, хранящихся при пониженной температуре, в результате чего исчезает неприятный сладкий вкус.

Ресинтезированный крахмал отличается от исходного уменьшением среднего размера зерна, что обусловлено, главным образом, увеличением доли мелких зерен. Если в исходном крахмале на долю мелких зерен (до 10 мк) приходится 20% всех зерен, то в ресинтезированном — 35%.

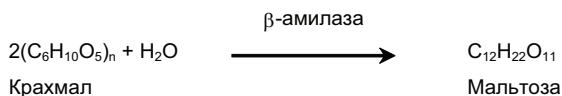
При нарушении температурного режима хранения возможно возникновение физиологического расстройства клубней, при котором не происходит исчезновения сахаров с повышением температуры. В результате наблюдается потемнение мякоти клубней, подавляется образование ростков.

Из основного периода хранения выделяют период прорастания, сопровождающийся значительными биохимическими и физиологическими изменениями в клубнях.

Совершенно очевидно, что выход из состояния покоя определяется изменениями как в резервной, так и в меристематической ткани, хотя доминирующее значение, безусловно, имеют процессы, происходящие в почках глазков.

Существует взаимосвязь между началом прорастания картофельных клубней и появлением сахара в них. Установлено, что отношение синтез/распад крахмала в клубнях при постоянных условиях хранения снижается по мере прохождения периода покоя. Молодые клубни обладают наибольшей способностью синтезировать крахмал из сахаров, но эта способность ослабляется тем больше, чем дольше хранятся клубни. Таким образом, любые воздействия на клубни, в результате которых сокращается или прерывается период покоя, сопровождается увеличением содержания в клубнях сахаров. Физиологическое значение этой связи довольно очевидно: почки двигаются в рост лишь тогда, когда углеводные запасы клубня переходят в усвояемую форму.

При выходе из состояния покоя резко возрастает ферментативная активность таких ферментов, как α и β -амилазы, сахараза. Это объясняется тем, что прорастание сопровождается глубоким гидролизом запасных высокомолекулярных полисахаридов, в первую очередь крахмала, с образованием растворимых углеводов: декстринов и мальтозы. α и β -амилазы по-разному действуют на компоненты крахмала — амилозу и амилопектин. При действии на крахмал β -амилазы образуется, главным образом, мальтоза и незначительное количество высокомолекулярных декстринов. Реакция гидролитического расщепления крахмала β -амилазой приведена ниже:



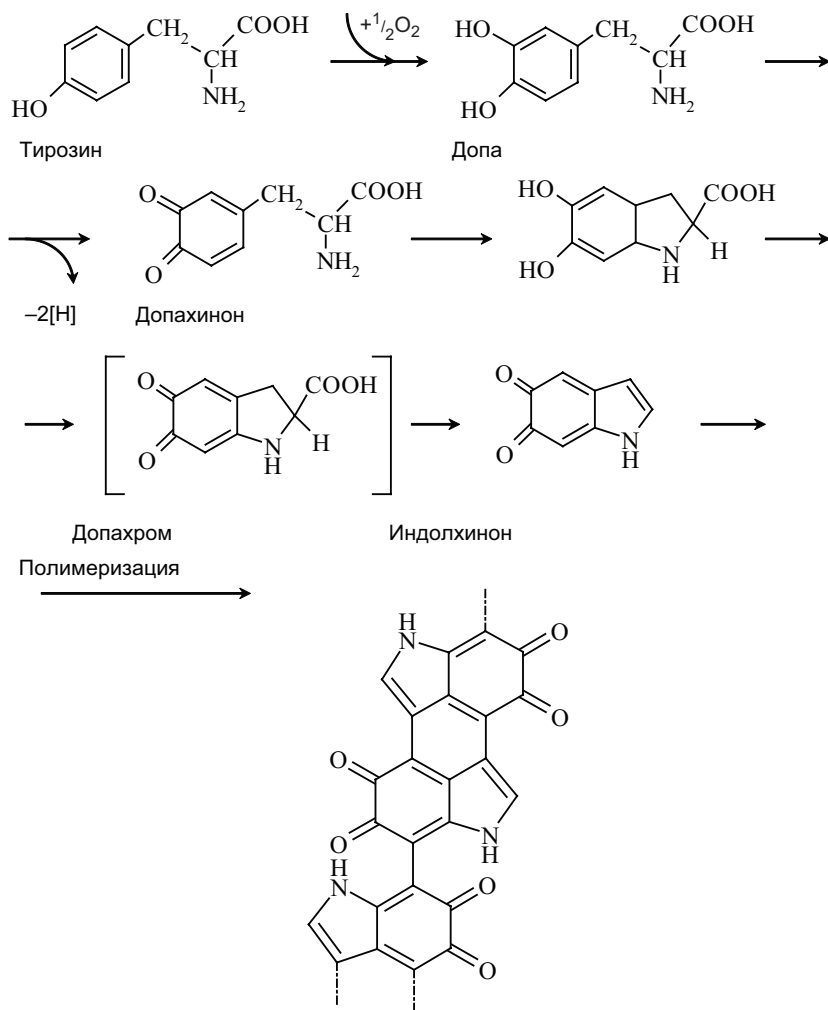
При действии α -амилазы образуются в основном декстрины меньшей молекулярной массы и незначительное количество мальтозы. Только одновременное действие обеих амилаз обеспечивает полный гидролиз крахмала (около 95%) с образованием мальтозы. Сахараза катализирует расщепление образующейся в конце периода покоя сахарозы на глюкозу и фруктозу.

Клубни картофеля содержат разнообразные азотистые соединения, которые играют большую роль в процессах созревания, глубокого покоя и прорастания. К ним относятся отдельные аминокислоты, амиды, разнообразные азотистые основания, сложные белковые молекулы, входящие в состав ферментов. В количественном отношении при выходе из состояния покоя наиболее существенно изменяется содержание небелковых соединений — аминокислот и амидов. В клубнях картофеля наблюдается высокое содержание аминного и амидного азота, причем существенную роль играют превращения амидов аспарагина и глутамина.

В паренхиме клубней при хранении содержание общего азота почти не меняется, но существенно варьирует соотношение белковый азот/небелковый азот в зависимости от сорта, условий выращивания и хранения. По всей вероятности, изменение содержания белкового азота во внутренних тканях клубня связано с подготовкой к прорастанию. В момент окончания периода покоя во внутренних тканях клубня обнаружено максимальное содержание белка, что может быть связано с синтезом новых веществ, например, некоторых ферментов, от времени появления и активности которых зависит выход из состояния покоя. С началом активного прорастания происходит интенсивный гидролиз белка, и образующиеся аминокислоты передвигаются к точкам роста. Таким образом, при прорастании в паренхиме повышается содержание небелкового азота и уменьшается белкового.

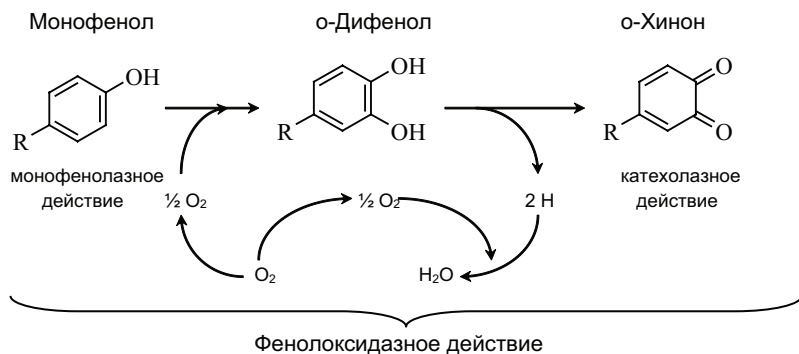
Увеличение количества моносахаридов в конце периода покоя наряду с увеличением количества свободных аминокислот создает условия для интенсивного мелаидинообразования, вызывающего потемнение мякоти картофеля. На уровень потемнения влияет также качественный состав аминокислот. Так, предрасположенность к ферментативному потемнению мякоти картофеля связывают с наличием тирозина, а также с уровнем содержания лизина, триптофана и аргинина.

Молекула тирозина (α -амино- β -оксифенолпропионовая кислота) сочетает в себе свойства фенола и аминокислоты и является субстратом для фермента полифенолоксидазы. Конечными продуктами окисления являются темноокрашенные соединения (флобафены и меланины), образование которых из тирозина протекает по следующей схеме:



Наряду с тирозином темноокрашенные соединения при окислении полифенолоксидазой дает и хлорогеновая кислота, которая содержится в клубнях в больших количествах, чем тирозин. Однако многочисленные данные говорят о том, что хлорогеновая кислота хотя и быстро окисляется полифенолоксидазой, но не дает такой темной окраски, которую приобретают ткани картофеля за счет окисления тирозина. Тирозин окисляется гораздо медленнее, но обуславливает появление характерной черной окраски сердцевины клубня.

Кроме того, в качестве субстрата для полифенолоксидазы могут выступать монофенолы. При окислении монофенола фермент действует бифункционально. Во-первых, происходит связывание атома кислорода с ароматическим кольцом с образованием *o*-дифенола (монофенолазное действие); кроме того, от *o*-дифенола отнимаются два атома водорода, которые переносятся на кислород с образованием воды (катехолазное действие, поскольку окисляются производные пирокатехина). Большинство фенолоксидаз способны окислять дифенолы без сопряжения с окислением монофенолов. Темноокрашенные продукты (флорафены, меланины), возникающие как следствие действия фермента, образуются в результате чисто химической реакции конденсации двух образовавшихся хинонов:



3.1.3. Изменения в растительном сырье при подготовке к замораживанию

Все растительное сырье перед проведением замораживания подвергается предварительной обработке, которая включает: инспекцию, сортировку, калибровку, мойку, при необходимости очистку и измельчение.

Одним из видов предварительной обработки перед замораживанием является бланширование — кратковременное воздействие (5–15 мин) на растительное сырье горячей воды (с температурой 80–100 °С) или пара. Предварительная тепловая обработка преследует следующие цели:

- размягчение сырья;
- увеличение клеточной проницаемости;
- гидролиз протопектина;
- снижение микробальной обсемененности сырья;
- инактивацию ферментов.

Размягчение сырья облегчает удаление несъедобных частей — кожицы, косточек, семян. Для размягчения достаточно нагреть растительную ткань до температуры 80–85 °С в течение 3–4 мин. Разрыхление структуры при бланшировании сокращает время варки замороженной продукции наполовину или на 1/3 привычного времени варки свежих плодов и овощей

Увеличение клеточной проницаемости предупреждает сморщивание плодов и способствует диффузионному проникновению сахара внутрь плодовой ткани через поврежденную цитоплазматическую мембрану при изготовлении замороженных плодов в сахарном сиропе.

Гидролиз протопектина особенно важен при производстве фруктовой продукции, имеющей желеобразную консистенцию (повидло, джемы, мармелад, желе и др.).

После бланширования сильно уменьшается число спор микроорганизмов. Если применять достаточно высокие температуры и длительные выдержки, то можно добиться практически полной стерилизации продукта. Так, если шпинат бланшировать горячим паром в течение 3 мин, то число спор сокращается на 99%.

Особое внимание уделяется предварительной тепловой обработке плодов и овощей, имеющих зеленую окраску, обусловленную наличием хлорофилла.

В процессе тепловой обработки происходит изменение ярко-зеленой окраски растительного сырья на оливковую. В частности, такое явление наблюдается при обработке зеленого горошка. Это связано с тем, что при бланшировании часть молекул хлорофилла превращается в молекулы феофитина в результате потери хлорофиллом атомов магния. С другой стороны, образование небольшого количества феофитина замедляет последующий переход хлорофилла в феофитин во время тепловой обработки замороженного зеленого горошка, поэтому

цвет замороженного горошка остается зеленым. Кроме того, это явление объясняется еще и тем, что бланширование удаляет большую часть тех растворимых в воде или летучих компонентов, которые, взаимодействуя с хлорофиллом во время варки, вызывают изменение цвета.

3.2. МЯСО И РЫБА, МЯСНЫЕ И РЫБНЫЕ ПРОДУКТЫ

Исследованию веществ, создающих определенный вкус и запах мясных изделий, посвящено большое количество работ. Интерес к этой теме вызван разнообразием органолептических свойств мясных изделий, приготовленных из одного и того же вида сырого мяса, в зависимости от способа его обработки. Вареная и жареная говядина существенно различаются по вкусу и запаху, поскольку вещества вкуса и аромата мясных изделий образуются из компонентов сырого мяса (белков, жиров, углеводов и др.) и продуктов их деструкции, возникающих при обработке мяса.

Предшественниками веществ аромата и вкуса являются водорастворимые низкомолекулярные соединения, которые при кулинарной обработке мяса претерпевают дальнейшие превращения. Так, в различных фракциях водного экстракта сырой говядины после лиофилизации и диализа обнаруживаются 32 аминокислоты, небольшие количества пептидов и сахаров (глюкозы, глюкозамина, фруктозы и рибозы). Во фракциях диализата водного экстракта белой и темной мышц цыпленка, которые после нагрева приобретали аромат и вкус приготовленного куриного мяса, содержались глюкоза, фруктоза, рибоза, молочная кислота, амины, инозинмонофосфат, инозины, карбонильные и серосодержащие соединения, а также значительные количества аминокислот.

В экстрактах сырого мяса идентифицированы следующие предшественники веществ аромата и вкуса: аминокислоты (аланин, глутаминовая кислота, глицин, гистидин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, пролин, серин, цистеин, цистин, аргинин, аспарагиновая кислота, лизин, метионин, треонин, тирозин, валин, метилгистидин), аммиак, мочевины, амины (глицерофосфоэтанолламин, фосфоэтанолламин, орнитин), амиды (глутамин, аспарагин), фосфорсодержащие вещества (глюкозо-6-фосфат, инозин-5-монофосфат, рибозо-5-фосфат, фруктозо-6-фосфат, фосфосерин), глутатион, гликопротеины, гидроксипролин, гипоксан-

тин, никотинамидадениндинуклеотид (НАД), таурин, ансерин, карнитин, карнозин, креатин, креатинин, пуриинуклеотиды, пуриинуклеозиды, фруктоза, глюкоза, рибоза.

Количественные изменения аминокислот и сахаров в образцах говядины, свинины и баранины до и после нагрева их в воде в течение 1 часа показаны в табл. 10. Количественно и качественно аминокислотные составы указанных видов мяса весьма близки. Исключение составили цистеин и орнитин, которые обнаружены лишь в свинине и говядине, и глутатион, присутствующий лишь в баранине. Свинина и баранина различаются по содержанию пролина, орнитина и γ -аминомасляной кислоты. Во всех трех случаях таурин, ансерин-карнозин и аланин преобладают в сыром мясе, и при нагревании их содержание довольно быстро понижается. Убыль этих компонентов при нагревании говядины, свинины и баранины составила соответственно 69, 72 и 45% общего их количества. Содержание таких аминокислот как глутаминовая, глицин, лизин, серин, цистин, метионин, лейцин, изолейцин и метилгистидин уменьшалось при нагревании образцов свиного и говяжьего мяса до 20 и 55% соответственно.

Цвет — один из важнейших показателей качества мяса и изделий из него. Цвет используется для контроля правильного проведения технологических процессов переработки мяса.

Таблица 10. Содержание (г/100 г мяса) различных аминосоединений и сахаров в говядине, свинине и баранине до и после нагрева

Вещество	Говядина		Свинина		Баранина	
	до нагрева	после нагрева	до нагрева	после нагрева	до нагрева	после нагрева
Сумма аминосоединений	161,53	71,45	109,86	88,10	130,01	81,46
Фосфосерин	0,36	0,29	0,35	0,23	0,30	0,22
Глицерофосфозэтанолламин		0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
фосфозэтанолламин	0,66	0,82	0,45	1,89	1,15	1,90
Таурин	9,05	4,02	12,58	7,94	26,25	16,47
Мочевина		0,01	—	—	—	следы
Аспарагиновая кислота	0,82	0,32	1,37	0,45	1,52	1,36
Серин+аспарагин	1,11	0,74	0,48	0,35	3,14	1,36
Глутаминовая кислота	7,53	1,35	2,95	0,53	4,74	2,26
Аланин	4,63	2,22	1,95	1,19	6,08	2,85

Окончание табл. 10

Вещество	Говядина		Свинина		Баранина	
	до на- грева	после нагрева	до на- грева	после нагрева	до нагрева	после нагрева
Глицин	11,28	6,22	4,19	2,80	9,18	6,53
Цистин	2,40	1,35	2,78	0,89	6,46	5,24
Валин	4,37	—	2,11	0,20	0,44	0,18
Метионин	2,01	0,75	0,69	1,00	2,37	1,53
Изолейцин	2,04	0,87	1,03	0,83	2,79	1,87
Лейцин	3,81	2,34	1,68	1,00	5,62	3,06
Тирозин	1,85	0,80	0,58	0,37	2,98	1,67
Фенилаланин	1,36	0,97	0,51	0,39	1,85	1,12
Лизин	6,19	4,11	4,27	4,06	10,51	5,59
Гистидин	4,10	4,17	2,55	3,11	9,70	7,16
Ансерин+карнозин	90,14	38,17	67,94	58,38	25,55	16,28
Метилгистидин	4,80	0,49	0,49	следы	2,77	1,08
Сумма сахаров	48,66	28,46	45,90	30,04	36,42	23,94
Глюкоза	43,86	25,25	43,56	28,02	32,87	21,33
Фруктоза	3,56	3,21	2,08	2,02	2,68	2,61
Рибоза	1,09	следы	0,20	следы	0,52	следы
Неизвестные нуклеозиды	0,15	—	0,06	—	0,35	—
Пролин	—	—	0,64	0,24	3,05	0,83
Орнитин	—	—	следы	0,56	0,95	0,65

Мясо содержит два основных класса пигментов.

Первую группу пигментов составляют окрашенные в красный цвет гемсодержащие железопорфириновые белки и ферменты. К гемсодержащим белкам относятся миоглобин и гемоглобин (последний содержится в крови и при обескровливании удаляется не полностью) и все их производные. Группа гемсодержащих ферментов включает полный комплекс ферментов цитохромной системы, а также ферменты каталазу и пероксидазу. Чередование большого числа двойных и одинарных связей в порфириновом кольце вызывает появление множества делокализованных π -электронов, активно участвующих в поглощении света. На рис. 11 представлено строение гема.

К гемсодержащим пигментам близок витамин B_{12} , который также окрашен в красный цвет, но содержит не железо, а кобальт и модифицированное порфириновое кольцо (отличие от порфирина, прежде всего, в меньшем количестве сопряженных двойных связей).

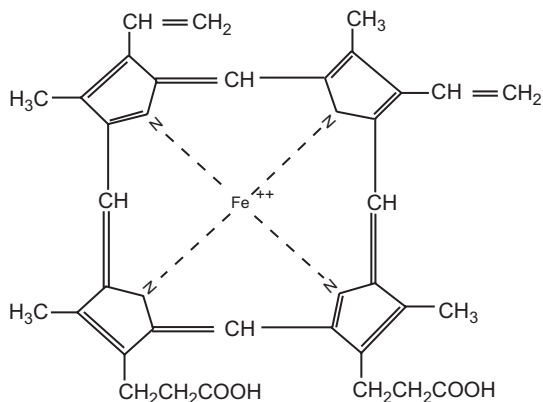


Рис. 11. Строение гема

Вторую большую группу пигментов мяса составляют ферменты флавопротеины, имеющие желтую окраску.

Существуют и другие пигменты с иной окраской. Большинство перечисленных пигментов не оказывают существенного влияния на цвет мяса. В основном естественный цвет мяса зависит от миоглобина.

Цвет свежего мяса

Цвет мяса животных определяется содержанием в мышечной ткани основного естественного пигмента миоглобина и соотношением его форм. **Миоглобин (Mb)** — это сложный белок, хромопротеид, растворимый в воде и содержащийся в саркоплазме мышечных волокон (рис. 12). Он состоит из простетической группы, связанной с белком. Простетическая группа представляет собой гемовую группу — комплекс порфирина с ионом железа. Ион железа четырьмя связями соединен с порфириновым кольцом, и еще одной связью — с имидазольной группой аминокислоты гистидина, принадлежащей белку, а шестая связь может быть использована на присоединение различных лигандов, имеющих неподеленную пару электронов. В качестве лигандов могут выступать O_2 , CO , H_2S , NO , имидазол и другие вещества. Присоединение лигандов не вызывает окисления Fe^{2+} . В тоже время гем, отщепленный от белка, легко окисляется, превращаясь в гемин. Отщепление быстро происходит в кислой среде.

Миоглобин, как и гемоглобин, существует в трех формах, отличающихся друг от друга по цвету: оксигенированной, восстановленной, но

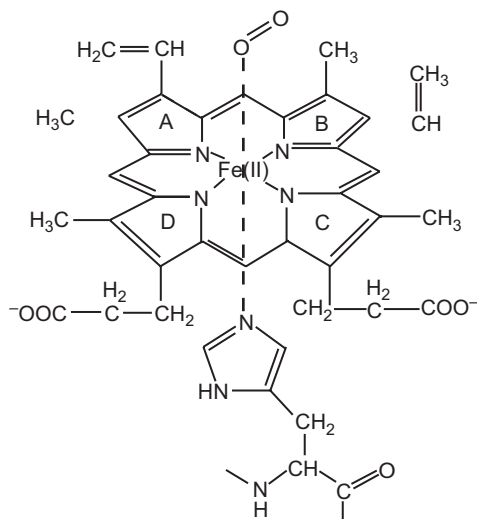


Рис. 12. Строение молекулы миоглобина

не оксигенированной и окисленной (рис. 13). Поэтому важную роль в окраске мяса играет соотношение форм миоглобина в мышечной ткани. Оксимиоглобин (MbO_2) имеет ярко красный цвет. В нем содержится железо со степенью окисления +2, которое соединено с кислородом. Оксимиоглобин неустойчив и способен распадаться на кислород и миоглобин (Mb) или окисляться в метмиоглобин (MetMb). Миоглобин, не связанный с кислородом, имеет темно-красный цвет, железо в нем сохраняет степень окисления +2. Метмиоглобин содержит

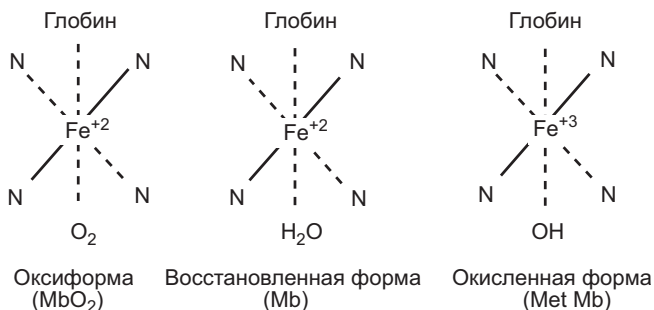


Рис. 13. Формы миоглобина

железо со степенью окисления +3 и имеет коричневый цвет. Окисление миоглобина и образование метмиоглобина происходит под действием различных окисляющих агентов. Возможен и обратный процесс восстановления — превращение метмиоглобина в миоглобин.

Миоглобин более прочно связывает кислород, чем гемоглобин. Благодаря этому при жизни животных миоглобин выполняет две важные функции: накопителя кислорода и переносчика кислорода от гемоглобина к митохондриям. Накопление кислорода необходимо в случае резкого увеличения потребности в кислороде, когда отсутствует возможность быстрой доставки кислорода в ткани.

Если сравнивать различные виды мяса свинину, баранину и говядину, то максимальное количество миоглобина содержится в говядине, а минимальное — в свинине. Содержание миоглобина в мясе зависит также от пола животных (у быков его содержится значительно больше, чем у коров), возраста животных (в телятине, мясе молодых и старых коров количество миоглобина составляет 0,1–0,3, 0,4–1,0 и 1,6–2,0 мг/г соответственно) и условий содержания животных (у стойловых животных миоглобина значительно меньше, чем у пастбищных).

Влияние вида животного на состав и цвет мышцы обусловлено одновременным действием многих внутренних и внешних факторов. Содержание воды, общего азота и общего растворимого фосфора в мышцах часто не зависит от вида животного. В тоже время по другим показателям наблюдаются существенные видовые различия в мышцах. Например, особенностью китового мяса является высокое содержание буферных веществ — карнозина и ансерина, а также миоглобина, количество которого достигает 5–8% от чистой массы мышц, что придает им темный цвет. По этим причинам мускулатура кита может анаэробно работать во время длительного пребывания под водой. Низкое содержание миоглобина в мышцах кроликов и свиней обуславливает бледность поверхности мяса. Миоглобин свиных мышц отличается качественно и от миоглобина мышц крупного рогатого скота.

Порода оказывает большое влияние на биохимию и строение мышц. Особенно ярко это заметно на примере мышц лошадей. Содержание миоглобина в определенных мышцах лошадей, способных к быстрому бегу, гораздо выше, чем у рабочих лошадей.

Облучение ультрафиолетовыми и видимыми лучами отрицательно влияет на цвет мяса. Присутствие соли увеличивает чувствительность цвета к облучению. Видимый свет, который не влияет на пигмент свежего мяса более трех дней, разлагает окись азота пигмента соленого

мяса, окраска которого может измениться в течение одного часа под действием видимого света. Сваренные соленые продукты отличаются особой чувствительностью к свету. Освещение лампами накаливания вызывает изменение окраски при определенной длительности воздействия и интенсивности света. Воздействие видимого света вызывает побурение свежего мяса, возможно, в результате денатурации глобина. Замораживание мяса не защищает его от изменения окраски под влиянием света.

Кормление животных влияет на развитие и цвет мышц. Влияние кормления на рост животных мясного направления отражается на строении отдельных мышц. Помимо изменений в содержании внутримышечного жира и влаги наблюдается прогрессивное уменьшение содержания миоглобина с 0,08 до 0,05% в определенных мышцах свиней по мере того, как кормление становится все более обильным.

Мышечные волокна можно классифицировать на красные и белые. Эта дифференциация отражает как гистологические, так и биохимические различия. Мышцы содержат одновременно белые и красные волокна. Соотношение двух типов волокон зависит от функционального предназначения мышц. Красные мышцы содержат больше узких волокон, богатых миоглобином, а белые имеют больше широких волокон, бедных миоглобином. Красные мышцы могут долго работать без отдыха. Обнаружено, что в них в большом количестве присутствуют митохондрии, дыхательные ферменты и миоглобин. Белые мышцы работают короткими быстрыми рывками с частым чередованием отдыха и работы. Дыхательные ферменты и миоглобин присутствуют в белых мышцах в относительно небольшом количестве, но активность молочнокислой дегидрогеназы высокая. Концентрация дипептидов и ансерина, которые действуют в мышце в качестве буферов, обратно пропорциональна дыхательной активности.

3.2.1. Изменения при термической обработке и посоле

Тепловая обработка

Тепловая обработка наиболее часто используемый технологический процесс в мясном производстве, основная цель которого — доведение продукта до состояния кулинарной готовности. Тепловая обработка продуктов осуществляется разными способами: погружением в жидкую среду, воздействием паровоздушной смеси, острым паром, элек-

троконттактным нагревом, энергией СВЧ, инфракрасным нагревом и комбинированием разных способов.

Тепловая обработка мяса и мясopодуlтов вызывает в них структурные, физико-химические и другие изменения, глубина которых зависит от температуры.

Мясо обычно нагревают до 60–180 °С. Действие высоких температур (выше 100 °С) является надежным методом консервирования, при этом повышается устойчивость к микробиологической порче. При более низких температурах барьерный эффект тепловой обработки снижается, и сроки хранения уменьшаются (вареное мясо быстро портится).

Белки животного происхождения термолабильны. Белковые молекулы мяса и рыбы при нагревании денатурируют, коагулируют. В основном денатурация мышечных белков завершается при температуре 70–80 °С. Мышечные волокна уплотняются, уменьшаются в диаметре. Коллагеновые волокна становятся прозрачными, уменьшается их извитость, увеличивается толщина. Появляются участки с разрушенным коллагеном, заполненные глютином, а затем разрушенная ткань приобретает зернистое строение.

Скорость тепловой денатурации животных белков зависит от температуры, влажности, способа нагрева, кислотности среды, добавления каких-либо веществ. Например, денатурация фибриногена мочевиной ускоряется при увеличении концентрации мочевины и при понижении рН ниже 7, а в интервале рН 7,0–8,6 скорость реакции почти постоянна. Денатурацию тормозит добавление пирофосфата, многоатомных спиртов, сахара, хотя механизмы торможения различны.

Установлено, что белки, входящие в состав мяса, денатурируют при определенных температурах (табл. 11).

Таблица 11. Температура денатурации белков мяса

Белок	Температура денатурации, °С
Миозин	45–55
Актин	50–55
Актомиозин	42–48
Миоген	55–56
Миоальбумин	45–47
Глобулин Х	50–80
Миоглобин	60–70
Коллаген	58–65
Эластин	125

В процессе тепловой денатурации и последующей коагуляции происходят структурные изменения белков, разрыв прежних и образование новых водородных, сульфгидрильных, дисульфидных связей, кислых и основных групп белков и гидрофобных взаимодействий.

Р. Гамм показал, что при температуре 20–70 °С идет ступенчатое уменьшение числа карбоксильных групп в белках миофибрилл при существенно не меняющемся количестве основных групп. Изменения кислых групп начинаются при температуре 40 °С. В интервале 40–50 °С количество их снижается, а при 50–55 °С — остается постоянным. При температуре выше 55 °С количество кислых групп продолжает уменьшаться, а при 60 °С оно уменьшается очень значительно. Общее снижение числа кислых групп при нагреве до 70 °С составляет 85%. При температуре 70–120 °С наряду с дальнейшим сокращением количества кислых групп, начинается уменьшение числа основных.

Изменение соотношения заряженных групп в результате денатурации и постденатурационных превращений связано с изменением рН. С повышением температуры изоэлектрическая точка фибриллярных белков сдвигается к более высоким значениям рН, и увеличивается число основных групп.

Тепловая обработка сопровождается уменьшением растворимости белков. При межмолекулярных взаимодействиях происходит агрегация частиц. Изменения белков при денатурации захватывают поверхностный слой молекулы, ведут к нарушению соотношения гидрофильных и гидрофобных групп в сторону последних, что и приводит к уменьшению растворимости.

При нагревании выпадение саркоплазматических белков наблюдается при температуре около 40 °С, причем наиболее сильно — при рН 5,5. Основная масса этих белков коагулирует при температуре 55–65 °С. Есть термостабильные белки. Так, аденилкиназа выдерживает температуру около 100 °С.

Изменение коллагена состоит из сваривания и гидролиза. Растворимая часть коллагена — проколлаген — денатурирует при 36,5 °С, образуя гомогенную прозрачную массу, переходящую в раствор. Нерастворимый колластроин переходит в гомогенное состояние при более высокой температуре или при более длительном тепловом воздействии.

При температуре 62–64 °С длина коллагеновых молекул уменьшается в три раза, и образуется резиноподобная масса. При этом трехспиральная структура пептидных цепей отдельных молекул коллагена

приобретает форму клубка. При сваривании коллагена в раствор переходит примерно 60% мукоидов.

Сваривание и гидротермическая дезагрегация коллагена снижают прочностные свойства, и мясо, содержащее много соединительной ткани, становится менее жестким. Если степень разрушения тканей слишком велика, то мясо распадается на отдельные волокна вследствие нарушения связи между пучками мышечных волокон, объединяемых прослойками соединительной ткани. По данным Института питания РАМН, состояние кулинарной готовности достигается, когда распадается 20–45% коллагена соединительной ткани. Для изделий из сырья с малым содержанием соединительной ткани, готовность определяется денатурацией растворимых белков, так как с увеличением времени нагрева их жесткость и обезвоживание тканей увеличиваются.

При тепловой обработке изменяются и липиды пищевых продуктов. Жир плавится, образуя гомогенные капли. Если нагрев происходит в водной среде, то часть жира образует с водой эмульсию. При нагревании жиров происходят химические превращения, которые влияют на органолептические свойства. В табл. 12 показаны изменения некоторых характеристик говяжьего жира при нагревании его с водой и небольшим количеством хлорида натрия при 100 °С в течение 1 часа.

Таблица 12. Влияние влажного нагрева говяжьего жира на изменение некоторых его качественных характеристик

Состояние жира	Качественные характеристики		
	кислотное число	иодное число	ацетильное число
До нагревания	1,01	34	7,2
После нагревания	1,26	32,2	21

Возрастание кислотного числа говорит о гидролитическом распаде жира, уменьшение иодного и увеличение ацетильного числа — о насыщении кратных связей и присоединении гидроксогрупп в радикалах жирных кислот.

При варке мяса и костей в большом объеме воды часть выплавленного жира эмульгируется, что придает бульону неприятный салистый вкус и мутность.

При жарке, в условиях сухого нагрева, основными изменениями становятся окислительные изменения жиров и процессы полимеризации. В результате возрастает число омыления, свидетельствующее о нако-

плении низкомолекулярных кислот. Также увеличивается ацетильное (образование оксикислот) и перекисное число (окислительные процессы). Цвет жира становится более темным, запах ухудшается за счет продуктов высокотемпературного распада жиров и образования акролеина.

Окислению, полимеризации и циклизации подвергаются линолевая и линоленовая кислоты. При этом возможно образование непредельных циклических соединений, окисленных полимеров, том числе вредных для организма человека.

Экстрактивные вещества мяса также претерпевают значительные изменения. Вареное мясо обладает слабым запахом, а бульон — насыщенным. Важную роль в этом процессе играют глутаминовая кислота и продукты распада инозиновой кислоты. Последняя при нагревании при 95 °С распадается с образованием гипоксантина. При этом возрастает количество неорганического фосфора в результате образования фосфорной кислоты. Около трети креатина, обладающего горьковатым вкусом, превращается в креатинин. В результате распада соединений, содержащих слабосвязанную серу (глутатион, цистин), образуются сероводород и меркаптаны. Одновременно с этим при распаде глутамината и глутатионата образуется глутаминовая кислота. В ходе окислительно-восстановительных реакций образуются карбонильные соединения.

Окраска мяса и мясopодуkтов при тепловой обработке зависит от превращений миоглобина. При 60 °С красная окраска сохраняется внутри мясopодуkтов, при 60–70 °С миоглобин денатурирует, не растворяется в воде, окраска становится серо-коричневой.

С оксидом азота (II) миоглобин образует соединение, красная окраска которого не изменяется при нагревании. Этим объясняется устойчивая окраска сосисок, сарделек, в которые добавляют нитраты как стабилизаторы окраски.

Холодильная обработка

Применяют следующие способы холодильного консервирования мясного сыpья:

- охлаждение;
- замораживание;
- подмораживание;
- холодильное хранение охлажденных, замороженных и подмороженных продуктов;
- отепление и размораживание.

Охлаждение — это процесс отвода теплоты в целях понижения температуры продукта до значения, несколько превышающего температуру начала замерзания. Температура, при которой начинается процесс замерзания, называется криоскопической.

Основная цель охлаждения — снижение интенсивности биохимических и микробиологических процессов в продукте. Таким образом, охлаждение обеспечивает холодильное консервирование (ХК) продуктов в «натуральном» виде, при этом следует учитывать сроки хранения охлажденных продуктов. Однако в охлажденных продуктах все же продолжают протекать нежелательные биохимические и микробиологические процессы. Исключение составляет мясо теплокровных животных, в процессе хранения которого происходит его созревание и увеличивается пищевая ценность. Скорость и глубина изменений, происходящих в охлажденных продуктах, определяет допустимые сроки хранения.

Замораживание применяется в тех случаях, когда необходимо сохранить продукты на более длительный срок, чем при охлаждении. Замораживание заключается в понижении температуры пищевых продуктов ниже криоскопической. В процессе замораживания большая часть влаги продукта переходит в кристаллическое состояние, т. е. в лед. Ледообразование оказывает повреждающее действие на продукт, которое полностью ликвидировать не удастся, поэтому процесс замораживания нельзя считать полностью обратимым. Мера обратимости зависит от индивидуальных свойств продукта и технологии замораживания.

Высокая стойкость замороженных пищевых продуктов объясняется двумя факторами: кристаллизацией влаги, существенным понижением температуры. В процессе кристаллизации имеет место превращение воды в лед, что препятствует размножению микроорганизмов, резко замедляет протекание биохимических реакций и практически исключает возможность диффузии реагирующих веществ.

Низкие температуры сами по себе тормозят протекание биологических процессов, угнетают микрофлору и создают неблагоприятные условия для ее размножения.

Но все же главной причиной высокой стойкости продуктов является льдообразование.

Подмораживание является промежуточным способом холодильной обработки между охлаждением и замораживанием и сочетает в себе их достоинства. Процесс подмораживания сопровождается отводом тепла и понижением температуры продукта на 1–2 °С ниже криоскопической

температуры, что приводит к превращению в лед примерно 50% содержащейся в продукте воды и увеличивает продолжительность хранения по сравнению с охлаждением в 2–3 раза. При этом поверхностные слои продукта имеют температуру ниже криоскопической, в то время как температура центральных слоев продолжает оставаться выше криоскопической. Такой способ получил название близкриоскопического консервирования.

Холодильное хранение в отличие от холодильной обработки преследует цель стабильного сохранения качества и пищевых достоинств продуктов в течение длительного времени при минимальных потерях массы.

Наиболее общие требования, определяющие условия и режимы холодильного хранения пищевых продуктов следующие:

- при хранении как охлажденных и замороженных продуктов необходимо обеспечить не меняющиеся во времени и пространстве камеры хранения основные режимные параметры: температуру и относительную влажность воздуха;
- хранение охлажденных продуктов должно сопровождаться вентилированием камеры.

Отепление и размораживание — заключительный этап холодильного консервирования, предшествующий дальнейшему использованию пищевых продуктов, при котором температура продукта повышается до уровня, удобного для практического использования. Это тепление для охлажденных продуктов и размораживания для замороженных.

Отепление и размораживание технологически проводятся таким образом, чтобы привести продукт в состояние, близкое к состоянию, предшествовавшему холодильной обработке и хранению. При теплении стараются избежать конденсации влаги на поверхности продукта, которая может стать средой для развития микроорганизмов. Более сложная задача решается при размораживании, так как необходимо восстановить распределение влаги и растворенных в ней веществ, близкое к первоначальному состоянию, и обеспечить минимальные потери вытекания сока.

В охлажденном мясе образуется некоторое количество метмиоглобина. Длительное хранение в охлажденном состоянии или кратковременное хранение при повышенных температурах вызывают высыхание поверхности, что увеличивает содержание метмиоглобина, ответственного за коричневую окраску мяса. Низкие температуры задерживают образование метмиоглобина. Образование метмиоглоби-

на достигает максимума при давлении кислорода около 4 мм. Таким образом, слой коричневого метмиоглобина образуется на некотором расстоянии от поверхности мяса.

Цвет замороженного мяса зависит от скорости его замораживания, температуры хранения и способа упаковывания. При медленном замораживании мясо темное, при быстром замораживании, например, в жидком азоте, — ненатурально бледное. Наиболее приемлем цвет мяса, замороженного в диапазоне температур от -30 до -40 °С.

Влияние холодильной обработки на цвет мяса обусловлено рассеивающей способностью образующихся кристаллов льда. Крупные кристаллы льда, образующиеся при медленном замораживании, создают ощущение темного цвета и матовой поверхности мяса, напротив, мелкие кристаллы, возникающие при быстром замораживании, интенсивно рассеивают свет, и мясо приобретает неестественно бледный цвет.

Цвет посоленных мясных продуктов. Нитраты и нитриты

Посоленные мясные продукты должны иметь стабильный выраженный красный цвет, так как покупатель принимает решение о покупке мясного изделия, оценивая его внешний вид. Для получения стабильного красного цвета посоленных мясных продуктов обычно используют нитрит натрия (NaNO_2), который диссоциирует на ионы Na^+ и NO_2^- .

Нитрит — хорошо растворимая в воде, довольно токсичная соль азотистой кислоты (HNO_2). Летальная для человека доза нитрита, в данном случае нитрита натрия, составляет около 1,1 г, из-за чего производителям посоленных мясных продуктов обычно поставляют нитритно-посолочную смесь (НПС), в которой содержание нитрита обычно колеблется от 0,5 до 20% в зависимости от действующих в данной стране нормативных актов.

Нитриты — сильные окислители, способные вызывать появление розового цвета в непосоленных мясных изделиях даже в концентрации 3–5 мг/кг продукта. Иногда для изготовления продуктов с пониженным содержанием натрия применяют нитрит калия. В связи с различием молекулярных масс для достижения того же результата, что и при использовании нитрита натрия, нитрит калия следует применять в количестве примерно на 30% больше, чем нитрит натрия.

Нитрат (NO_3^-) — соль азотной кислоты (HNO_3), хорошо растворимая в воде. В производстве мясных изделий чаще всего в качестве источника нитрата применяют нитрат калия (KNO_3), однако при про-

изготовлении большинства изделий, требующих стабилизации красного цвета, выбирают нитриты. Нитрат калия диссоциирует на ионы K^+ и NO_3^- . Его до сих пор иногда добавляют в такие изделия, как ферментированные сыровяленые колбасы длительной сушки, а также используют в рецептурах посоленных изделий воздушной сушки (air-dried). Нитраты не участвуют непосредственно в образовании красного цвета мяса — активным компонентом и в этом случае являются нитриты. При использовании нитрата его необходимо восстановить до нитрита, который затем, соединяясь с миоглобином мяса, дает специфическое окрашивание.

Нитриты в изготовлении мясных изделий используют по следующим причинам:

- придание изделиям красного цвета;
- придание изделиям специфического запаха;
- наличие бактериостатического эффекта;
- антиокислительное действие.

Для посоленных мяса и мясных изделий требуется наличие выраженного и стабильного красного цвета, в связи с чем для посола применяют нитриты. В настоящее время для получения стабильного и привлекательного цвета альтернативы нитритам нет. Для получения насыщенного стабильного цвета термообработанных посоленных мясных изделий требуется внесение нитритов в дозировке 30–50 мг/кг изделия. Для получения розоватого оттенка достаточно 3–5 мг/кг. Такой оттенок обычно нежелателен для таких изделий, как жареная на решетке свинина или других изделий из «белого» мяса типа куриного, поэтому в большинстве стран при их посоле не используют нитрит. Для того чтобы уверенно гарантировать отсутствие даже следов нитритов в таких «белых» изделиях, следует очень внимательно относиться к подбору ингредиентов для них.

Специфический запах нитритсодержащих мясных изделий обусловлен реакцией между оксидом азота (NO) и присутствующими в мясе альдегидами, спиртами и инозином, а также некоторыми серосодержащими соединениями. В результате образуются различные карбонильные комплексы, способствующие появлению «запаха посола», для развития которого требуется около 30–50 мг/кг нитрита.

Антиоксидантное действие нитритов основано на их способности окисляться до нитратов, а также на образовании комплексов с железом миоглобина и гемоглобина, благодаря чему снижается количество

свободных ионов Fe_2^+ . Последние, как и некоторые другие прооксиданты, связываются нитритом, что замедляет развитие окисления. Оксид азота (NO), связываясь с миоглобином и гемоглобином при образовании нитритного пигмента, не позволяет кислороду присоединяться к миоглобину и гемоглобину, так что степень окисления миоглобина и гемоглобина тоже снижается. Для действия нитрита в качестве антиоксиданта его концентрация должна составлять от 20 до 60 мг/кг.

Нитриты действуют и как консерванты (при содержании в изделии 80–140 мг/кг), препятствуя размножению *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* и особенно *Clostridium botulinum*, что имеет большое значение для консервированных и стерилизованных продуктов. Вместе с тем нитриты относительно слабо воздействуют на *Micrococcus spp.*, *Lactobacillus spp.* и *Enterococcus spp.*

Основной причиной, по которой нитриты все еще разрешено применять в качестве пищевой добавки, является их бактерицидное действие. Запрет на применение нитритов может привести к росту числа случаев тяжелых пищевых отравлений. Кроме того, нитриты не накапливаются в организме человека, и в ежедневный рацион большинства людей нитритсодержащие продукты не входят. Однако бактерицидное действие нитритов в посоленных термообработанных мясных изделиях зачастую переоценивают. После тепловой обработки их содержание в изделии будет намного меньше 80–140 мг/кг, особенно с учетом того факта, что большинство действующих стандартов не допускают такого высокого содержания нитритов в термообработанных изделиях. Гораздо более существенное влияние на срок годности мясных изделий оказывают другие факторы, в частности низкая изначальная численность бактерий в мясе, правильные режимы тепловой обработки и хранение готового изделия при низких температурах. Присутствие нитритов в термообработанном изделии играет положительную роль, но его не следует рассматривать как способ обеспечения микробиологической безопасности продукта. Нормируемое содержание нитритов в термообработанном изделии ориентировано на поддержание выраженного цвета посоленного мяса, а не как средство борьбы с микробиологической порчей.

Легкий розоватый оттенок непосоленных мясных продуктов может быть вызван присутствием нитритов и (чаще) нитратов в специях, приправах или воде, используемых в ходе приготовления изделий. Например, их содержание в воде может достигать 70 мг/л. В изделиях, не подвергавшихся тепловой обработке, нитраты восстанавливаются до ни-

тригов, в результате чего образуется красный цвет, аналогичный цвету посоленного мяса. Кроме того, нежелательный розоватый оттенок непосоленных мясных изделий может быть обусловлен продуктами сжигания угля или природного газа. Некоторые продукты сгорания из газовых печей с прямым обогревом (особенно водорастворимый диоксид азота, NO_2) могут проникать во внешние слои непосоленных изделий, вызывая розоватое окрашивание. Кроме того, на мясоперерабатывающих предприятиях следует избегать перенесения нитритов с посоленных изделий на непосоленные — это позволит исключить риск розового окрашивания последних.

Слишком большое содержание нитритов в продукте ведет к изменению цвета мясных изделий, известному как нитритный ожог, в результате чего возникает позеленение мяса. Нитритный ожог обычно возникает при содержании нитрита более 600 мг/кг мяса. Образование этого дефекта обусловлено образованием нитригемина — пигмента зеленовато-коричневого цвета. Нитритный ожог также отчасти зависит от значения рН мясных изделий — при низких значениях рН содержание нитрит-ионов, вызывающих нитритный ожог, снижается. Высокие концентрации нитритов приводят к образованию больших количеств азотистой кислоты в ходе превращения NO_2 в NO , и эта нестойкая кислота вызывает денатурацию миоглобина, что способствует образованию зеленовато-желтого окрашивания, характерного для нитритного ожога.

Механизм цветообразования в мясном сырье представлен на рис. 14.

Присутствие нитрита в мясных изделиях может приводить к образованию нитрозаминов, являющихся одной из причин онкологических заболеваний. Вместе с тем нитрозамины образуются лишь в тех случаях, когда в изделии присутствуют одновременно и нитриты, и вторичные амины. Последние очень редко встречаются в мясных изделиях, поэтому содержание нитрозаминов в посоленных продуктах очень невелико. При образовании нитрозаминанитрозные группы ($-\text{N}=\text{O}$) нитрита при нагревании вступают в реакцию со вторичными аминами. В таких посоленных мясных изделиях, как вареные колбасы и ветчины, содержание вторичных аминов практически равно нулю, и нитрозамины не образуются. Кроме того, для образования нитрозаминов значение рН не должно превышать 5,6, а у готовых мясных изделий такая кислотность свойственна лишь ферментированным салями. Наконец, для образования нитрозаминов требуются температуры выше 140°C , характерные лишь для тепловой обработки на гриле. Из этого следует, что риск образования нитрозаминов в таких изделиях, как жареный бекон, возможен, но

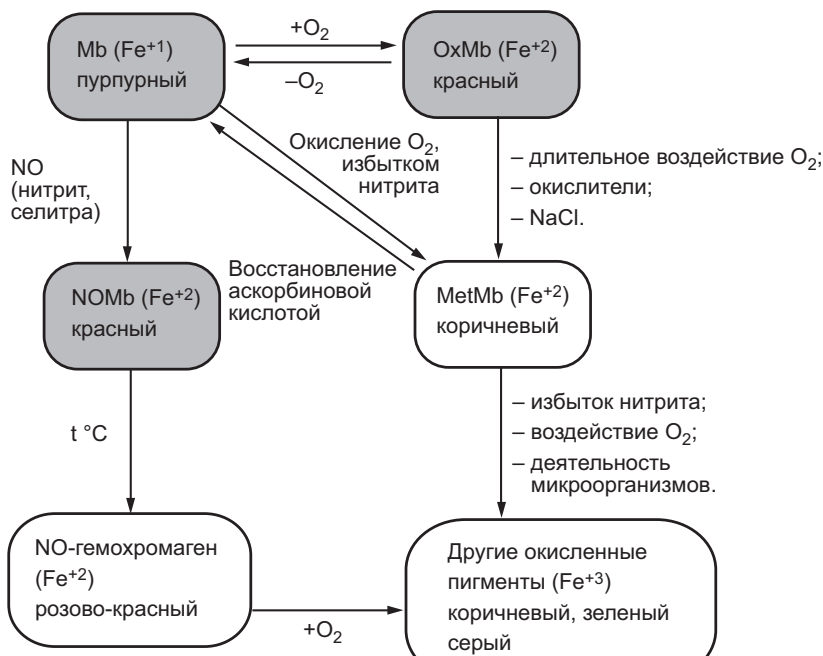


Рис. 14. Механизм цветообразования в мясном сыре

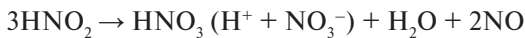
очень невелик и появляется только в тех случаях, когда бекон поджаривают при очень высоких температурах до отделения практически всего жира и образования сухого хрустящего продукта. В таком не содержащем ни жира, ни влаги материале нитрозамины будут образовываться только при длительном нагревании при температурах выше 140 °C. Небольшой риск образования нитрозаминов возможен и в сырой ферментированной (подкисленной) салями для пиццы (значение рН около 4,6–4,8), но только при ее длительном нагревании при высоких температурах с получением сухого, не содержащего жира продукта (как и в случае с беконом), что очень маловероятно.

Механизм цветообразования в посоленных изделиях. В настоящее время чаще всего применяют нитрит натрия, нитрат используют очень редко, поскольку нитрит не только участвует в формировании цвета, но и обладает бактерицидным действием. Из солей калия, наоборот, нитрит применяют довольно редко, гораздо чаще используют нитрат. При добавлении в мясной продукт нитрата он сначала должен восста-

новиться до нитрита, и уже затем принимает участие в развитии красного цвета и подавлении роста микроорганизмов. Восстановление нитрата до нитрита ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$) происходит под действием ферментов и бактерий, причем для этого процесса очень важны температура и значение pH. Нитрат восстанавливается до нитрита под воздействием фермента нитратредуктазы, продуцируемого бактериями рода *Micrococcus*. Нитратредуктаза активна только при значениях pH выше 5,5 и температурах выше 8 °С. Такое повышение температуры ускоряет процесс восстановления нитрата, но не может широко применяться в производстве мясных изделий, поскольку при этом повышается риск микробиологической порчи. Именно поэтому нитрат не восстанавливается до нитрита в термообработанных и посоленных нитратом мясных изделиях в ходе их хранения при температурах 0–4 °С и не влияет на цветообразование. В таких изделиях активность нитратредуктазы уже утрачена, поскольку при тепловой обработке этот фермент подвергается денатурации, а остаточного количества нитрита в изделии недостаточно для стабилизации цвета.

После восстановления нитрата до нитрита или при внесении нитритов непосредственно в изделие, восстановление нитрита до NO ($\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$) обусловлено величиной pH, временем, температурой и наличием веществ, способствующих сохранению окраски. Более длительное время реакции и повышенные температуры способствуют образованию NO (эти факторы, как правило, ускоряют любые химические реакции), но в производстве мясных изделий использование этих приемов ограничено риском микробиологической порчи. Образование NO ускоряется также усилителями цвета. Оксид азота представляет собой газ с высокой реакционной и окислительной способностью. Восстановление нитрита до NO в слабокислой среде, свойственной мясным изделиям, — процесс чисто химический, протекающий без участия ферментов и представляющий самопроизвольную химическую реакцию с участием в качестве промежуточного продукта HNO_2 . Азотистая кислота HNO_2 — сопряженная нитриту промежуточная, нестабильная в растворе кислота. При значениях pH выше 6,5 она полностью диссоциирует на ионы H^+ и NO_2^- . При таких высоких значениях pH оксид азота (NO) не может образовываться из диссоциированных молекул, поскольку на NO, HNO_3 и воду могут распадаться только недиссоциированные молекулы HNO_2 . Реакция диссоциации HNO_2 на NO происходит по схеме:





$\text{NO} + \text{миоглобин} \rightarrow \text{нитрозомиоглобин}$.

Эта реакция протекает при значениях pH ниже 6,5, а у готовых мясных изделий pH составляет примерно от 4,7 (у салями) до 6,0, то есть имеют место условия для образования NO в слабокислой среде. Обычно оптимальным считается значение pH 5,3, поскольку в этом случае все молекулы HNO_2 находятся в недиссоциированном состоянии, и образуется оптимальное количество NO (рис. 15).

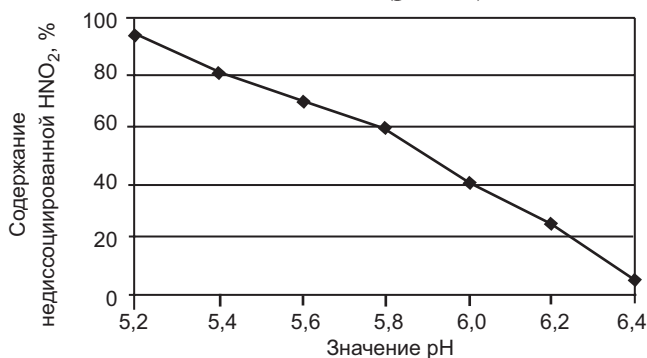


Рис. 15. Содержание недиссоциированной HNO_2 в зависимости от значения pH

Поскольку значение рН 5,2 является изоэлектрической точкой актомиозинового комплекса, это неблагоприятно сказывается на ВУС, для которой желательны более высокие значения рН (около 6,0–6,4). Таким образом, формирование цвета мясных посоленных изделий и высокая влагоудерживающая способность (ВУС) требуют разных условий, поэтому у мясных изделий эти параметры не могут быть оптимальными одновременно. «Компромисс» между ВУС и цветообразованием достигается при значении рН готового мясного изделия; например, вареных ветчины или колбасы — около 5,6–5,8. Фактически же у посоленных вареных колбас или ветчины значение рН никогда не достигает оптимального для формирования цвета значения рН, равного 5,2, и поэтому цвет этих изделий «идеальным» не бывает.

На практике формирование цвета посоленных продуктов происходит при быстром окислении миоглобина нитритом до метмиоглобина, для которого характерен коричневатый-серый цвет. В то же время из нитрита на промежуточной стадии с участием HNO_2 образуется оксид азота, который и присоединяется к метмиоглобину в качестве ше-

стого лиганда с образованием нитрозометмиоглобина. Для этого соединения характерен красный цвет и присутствие железа в виде трехзарядного иона (Fe_3^+). Нитрозометмиоглобин затем восстанавливается до не очень стабильного нитрозомиоглобина, и только в ходе последующей денатурации нитрозомиоглобин распадается на глобин и нитрозомиохромоген — розовый стабильный пигмент, который и обуславливает цвет посоленных изделий (рис. 16).

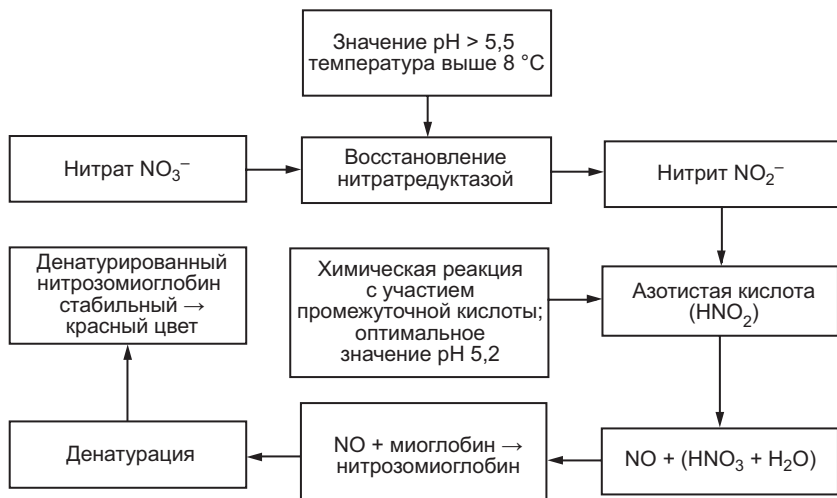
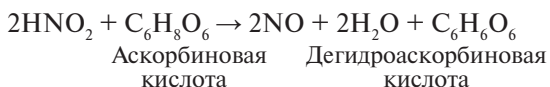


Рис. 16. Механизм формирования цвета посоленных мясных изделий

В других продуктах типа сырокопченой ферментированной салями денатурация нитрозомиоглобина происходит под воздействием окисления при значениях pH 5,2 (изоэлектрическая точка) и ниже. В медленно ферментируемых и неподкисленных колбасах, а также в посоленных и вяленых мясных изделиях к денатурации нитрозомиоглобина приводит также сочетание низкого значения активности воды (ан) и высокой концентрации соли.

Оксид азота (NO) образуется двумя способами:

- в слегка кислой среде, свойственной мясным изделиям, NO продуцируется в ходе химической реакции при образовании HNO_2 из нитрита;
- при непосредственном восстановлении остаточного нитрита аскорбиновой кислотой с промежуточным образованием HNO_2 по реакции:



Основные причины слабого цветообразования и недостаточной стабильности цвета в мясных изделиях перечислены ниже.

1. В мясе недостаточно миоглобина.
2. Недостаточная дозировка нитрита при его внесении в изделие.
3. Отсутствие или нехватка усилителя цвета (аскорбиновой кислоты или аскорбата).
4. Недостаточно длительная выдержка для развития цвета до тепловой обработки.
5. Избыточное содержание кислорода в изделии (на некоторых технологических стадиях желательно применять вакуумирование).

В посоленных мясных изделиях всегда содержится некоторое количество метмиоглобина и оксимиоглобина, но их цвет определяется главным образом нитрозомиоглобином. Весь миоглобин никогда полностью не преобразуется в нитрозомиоглобин, так что в изделии всегда присутствует или метмиоглобин, или оксимиоглобин. Позеленение некоторых посоленных мясных изделий, в частности вареных ветчин, иногда бывает обусловлено присутствием сильных окислителей (например, H_2O_2), продуцируемых гетероферментативными *Lactobacillus* spp. Сильное окисление приводит в конечном итоге к образованию темного комплекса (холеглобина) зеленого цвета, а последующее окисление вызывает развитие желтоватого оттенка. Достаточно интенсивная тепловая обработка вареных мясных изделий обычно уничтожает гетероферментативные *Lactobacillus* spp. (при температуре в центре изделия 70–72 °С). Позеленение и другие виды изменения цвета посоленных мясных изделий обычно свидетельствуют о плохом санитарно-гигиеническом состоянии предприятия. Все технологическое оборудование и инструменты, в том числе слайсеры, должны быть чистыми, без остатков моющих и дезинфицирующих средств, которые по своей природе бывают сильнощелочными или сильнокислыми.

Обесцвечивание посоленных мясных изделий существенно усугубляется на свету. Содержащие NO комплексы подвержены фотодиссоциации (фотолизу), и в результате на свету ухудшается стабильность цвета. В вареных посоленных мясных изделиях значительное количество внесенных нитритов окисляется оксидазами до нитрата, из-за чего они не могут участвовать в цветообразовании. Изделия из мяса птицы и другие продукты, приготовленные без использования нитри-

тов, в результате случайной контаминации этими солями могут приобретать нежелательный розоватый цвет.

В результате применения нитритсодержащих специй, воды и других ингредиентов иногда образуется нитрозомиоглобин. Кроме того, СО, образующийся в печах прямого обогрева, может образовывать СО-гемохром, который приводит к изменению цвета непосоленных мясных изделий в результате образования нежелательной розовой окраски их поверхности.

3.2.2. Изменения, происходящие при копчении

Копчение — способ консервирования веществами неполного сгорания древесины, содержащимися в дыме или копильных препаратах.

Современная классификация относит копченые продукты к закусочным. Копчение позволяет улучшить товарные свойства мяса и рыбы, получить стойкую при хранении продукцию или полуфабрикат для пресервного, консервного или кулинарного производства.

В зависимости от температуры копчение бывает холодное, горячее и полугорячее. Холодное копчение ведут при температуре не выше 40 °С, горячее — при температуре 80–100 °С, а полугорячее — при 50–80 °С.

В зависимости от способа применения продуктов разложения древесины различают дымовое, бездымное (мокрое) и смешанное копчение. При дымовом копчении полуфабрикаты пропитываются веществами, выделяющимися при неполном сгорании древесины, находящимися в состоянии аэрозоля (дым). В капельно-жидкой фазе находятся достаточно крупные частицы смолы, сажи и летучей золы. Бездымное копчение осуществляется копильными препаратами — экстрактами продуктов термического разложения древесины, подвергнутых специальной обработке, в виде растворов (копильная жидкость).

Смешанное копчение — сочетание дымового и бездымного, т. е. последовательную обработку полуфабриката продуктами разложения древесины, находящимися в жидком или газообразном состоянии.

Дымовой способ копчения является основным для мяса и рыбы. Эффект копчения достигается за счет попадания на поверхность мяса или рыбы под действием центробежных сил, седиментации, броуновского движения, конденсации паров, абсорбции в поверхностном слое влаги и компонентов копильного дыма, специфическими реакциями взаимодействия с химическими составляющими продукта. При этом достигается интенсивная окраска поверхности, приятные дымовые вкус и аромат копчености.

Предположительно в этих процессах принимают участие около 10% из 5000 компонентов дыма. К ним относятся фенольные и карбонильные соединения, кислоты, производные фурана, лактоны, полициклические ароматические углеводороды, спирты и эфиры. Выразительность аромата копчености на 65% связана с фенолами, на 15% с карбонильными соединениями. Из фенольных веществ «активными компонентами» являются гваякол, 4-метилгваякол и 2,6-диметоксилол (сирингол), эвгенол, крезолы, ксиленолы и др.

Карбонильные и другие вещества способствуют усилению и большей выразительности аромата. Альдегиды и кетоны добавляют пряного аромата, а сочетание фенолов, карбонильных и некарбонильных соединений — оттенки жженого сахара.

Бездымное копчение осуществляется путем погружения мяса или рыбы в раствор коптильной жидкости с последующей термической обработкой или в процессе термической обработки средой из мелко диспергированной или парообразной коптильной жидкости. Для производства коптильных жидкостей преимущественно используют древесину лиственных пород деревьев. В отдельных случаях может быть использована специально обработанная хвойная древесина, лигнин или целлюлоза. В качестве ингредиентов синтетических коптильных препаратов могут применяться отдельные фракции и соединения натурального коптильного дыма, чистые реактивы при соблюдении гигиенических требований и отсутствии токсических свойств.

Все коптильные препараты можно разделить на следующие группы:

- препараты, изготавливаемые из конденсатов древесного дыма, предназначенные для обработки пищевых продуктов с поверхности и пригодные для производства рыбы холодного и горячего копчения, шпотов, свинокопченостей, сырокопченых и лукопченых колбас;
- препараты, изготавливаемые из конденсатов дыма и используемые для целей копчения путем введения их в продукт на разных стадиях технологического процесса изготовления формованных и структурированных изделий из мяса и рыбы, консервов разных видов, пастеризованной ветчины в банках;
- препараты, изготовленные из сырья, полученного иным способом, нежели при образовании коптильного дыма при пиролизе древесины, а также путем неполного горения (из составных частей древесины — лигнина, целлюлозы и другого материала);

- прочие коптильные средства — добавки, придающие продуктам аромат и привкус копчения.

В основе образования копченого колера лежат процессы осаждения окрашенных компонентов на поверхность продукта за счет конденсации, сорбции, адгезии и когезии, окисления, полимеризации, поликонденсации, реакции компонентов дыма с белковыми веществами продуктов, фиксирование цвета кислотами. При горячем и полугорячем способах высокие температуры способствуют более глубокому протеканию цветообразующих реакций и формированию темно-коричневой окраски продуктов.

Цвет готовых копченых изделий и продуктов во многом определяется их химическим составом и структурой. Так, повышенное содержание жира улучшает блеск поверхности, а повышение содержания соли, влаги, смещение рН в кислую или щелочную стороны — ухудшает. При хранении копченой продукции окраска поверхности усиливается.

Оттенок цвета зависит от вида используемой древесины. Бук, клен, липа придают золотисто-желтые оттенки; акация — лимонные; дуб, ольха — желтовато-коричневые; груша — красноватые. Повышенная влажность придает продуктам нежелательные серые оттенки.

Основные процессы, влияющие на окрашивание поверхности при копчении, — реакции взаимодействия аминокрупп белковых веществ с соединениями дыма, имеющими карбонильные группы. При этом в результате реакции меланоидинообразования образуются азотсодержащие полимеры коричневого цвета. В цветообразовании участвуют формальдегид, гликолевый альдегид, глиоксаль, метилглиоксаль, ацетон, диацетил, фурфурол. Из фенолов наиболее активное участие принимают фенолальдегиды (кониферилловый, синаповый и др.), полифенолы (пирокатехин, гидрохинон, пирогаллол и их производные). Окрашивание продуктов также усиливается в результате реакций карамелизации углеводов, образующихся при распаде целлюлозы и гемицеллюлоз.

Окрашивающий эффект копчения фиксируется органолептически — с применением специальной стандартизированной терминологии или балловых шкал и инструментально — с использованием объективных цветовых характеристик (коэффициента отражения, показателей яркости, чистоты, доминирующей длины волны цвета и др.).

При копчении поверхность мяса или рыбы уплотняется, происходит дубление под воздействием формальдегида, что благоприятно сказывается на устойчивости продукта при хранении. Фенольные веще-

ства, пирогаллол и пирокатехин обладают антиоксидантными свойствами и предохраняют жир от порчи.

При анализе образования специфических аромата и вкуса копчености следует различать понятия: аромат копильного дыма и аромат и вкус копченого продукта.

Аромат копильного дыма зависит от вида древесины, температуры тления, типа дымогенератора, степени дисперсности и химического состава дыма и, в основном определяется среднемолекулярные фенольные соединения, карбонильные вещества и лактоны с высокой температурой кипения.

Аромат и вкус копченого продукта — результат совокупного воздействия компонентов дыма, продукта и веществ, образующихся при их взаимодействии. Также оказывают влияние кислотные копильные компоненты, придающие продукту различные специфичные оттенки.

Физико-химические изменения в процессе копчения связаны с тепловым воздействием, влиянием посолочных веществ, значительным обезвоживанием, насыщением тканей компонентами копильной среды. Кислоты, содержащиеся в дыме, подкисляют продукт, снижая рН до 5,7–5,2. Альдегиды и кетоны дыма взаимодействуют со свободными аминогруппами полипептидов. Формальдегид образует моно- и диметильные соединения $R-NHCH_2-OH$ или $RN(CH_2-OH)_2$. Взаимодействуя с двумя аминогруппами двух пептидных цепей, формальдегид связывает их метиленовыми мостиками $R-NH-CH_2-NH-R$. Это приводит к упрочнению тканей. Дубящее действие на ткани также оказывают фенолы, реагирующие с аминокислотными остатками и функциональными группами белков.

Копчение при высокой температуре (горячее и полугорячее) сопровождается разной степенью денатурации белков и освобождением скрытых функциональных групп (сульфидных, карбоксильных, аминных и др.), которые взаимодействуют с копильными компонентами. При этом происходит необратимая дегидратация, коагуляция части саркоплазмы и миофибрилл мышечных тканей, уменьшается влагоудерживающая способность ткани, продукт лучше обезвоживается и уплотняется.

Наиболее сильные изменения при копчении претерпевает коллаген. Фибриллы мышечных тканей в начале копчения изменяют пространственную упаковку вследствие разрушения водородных связей и освобождением функциональных групп. В конце копчения структура молекул резко меняется, оболочка становится тонкой, кожа подсыхает и легко отделяется от мышечных тканей.

Биохимические изменения связаны с действием поваренной соли, нитритов, тканевых и микробных ферментов, компонентов дыма и температурой процесса. На стадии копчения до 40 °С ускоряются реакции протеолиза, липолиза, денитрификации. При дальнейшем повышении температуры развивается денатурация белков и инактивация ферментов. Под влиянием микроорганизмов и нитритов, добавляемых при посоле мяса и рыбы, освобождаются оксиды азота, что под действием высокой температуры приводит к интенсификации окраски внутренних слоев.

Процесс формирования специфических свойств продукции холодного копчения состоит из трех этапов:

- посол: «стартовые» протеолитические и липолитические изменения тканевых ферментов и ферментов микрофлоры (биотехнологическая фаза);
- собственно копчение: физические процессы, связанные с попаданием коптильных компонентов на продукт, протеканием химических реакций на его поверхности, обезвоживанием тканей (физико-химическая фаза);
- хранение: массоперенос коптильных компонентов в глубокие слои тканей, протекание основных химических реакций между составляющими субстрата, ингибирование тканевого ферментолиза и окислительных изменений в липидах, формирование основного микробиологического сообщества (собственно созревание).

Биологическая оценка копченых продуктов, т. е. степени вредного воздействия их на организм человека, может быть проведена как по содержанию в копченостях отдельных вредных веществ (ПАУ, ацетон, формальдегид, фенол, метанол и др.), так и по результатам биологических опытов на животных.

Накопление формальдегида нежелательно, так как под его воздействием снижается активность пищеварительных и тиоловых ферментов. Некоторые органические кислоты также ингибируют пепсин (бензойная) и повышают кислотность желудочно-кишечного тракта (уксусная). Некоторые фенолы являются ядовитыми для человека веществами.

3.3. ХЛЕБ И ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

Вкус хлеба зависит от помола и типа муки, количества клейковины, способа тестоведения, способа и времени выпечки, количества и ка-

чества вспомогательного сырья (сахара, молока, жира, соли, солода, тмина, аниса и др.), от веществ, которые образуются в процессе брожения и выпечки (органические кислоты, продукты реакций карамелизации и меланоидинообразования).

Степень сладости хлеба обусловлена содержанием остаточных сахаров, количество которых зависит от сахарообразующей способности муки, количества и активности бродильной микрофлоры в тесте, количества сахара, вносимого по рецептуре. Природа сахара также имеет значение. Сладость повышается при применении амилолитических ферментов и β -галактозидазы, расщепляющей лактозу на глюкозу и галактозу (для сырья с высоким содержанием лактозы, например, при внесении сухого молока).

Степень кислотности хлеба обусловлена количеством и составом кислот, преимущественно молочной (нелетучей) и уксусной (летучей). Чем больше уксусной кислоты при том же уровне общей кислотности, тем сильнее ощущается кислый вкус хлеба. Также в хлебе могут присутствовать муравьиная, пропионовая, масляная, изомаляновая и другие кислоты. Наличие этих кислот придает хлебу специфический вкус и аромат. Кислотность хлеба из ржаной обойной муки намного выше, чем у хлеба из пшеничной муки.

Соленый вкус хлеба и хлебобулочных изделий обусловлен в основном количеством соли, вносимой по рецептуре.

Горький вкус у хлеба ощущаться не должен. Причиной его появления является использование дефектного сырья (плесневого, затхлого зерна, прогоркших жировых продуктов), а также горелой корки при нарушении технологии выпечки. Вкус горелой корки определяется горькими высокомолекулярными соединениями, образующимися при пиролизе веществ корки, и продуктами глубоко протекающих при высоких температурах реакций карамелизации и меланоидинообразования.

При дегустационной оценке хлеба все виды вкусов воспринимаются вместе. В соответствии с ГОСТами на хлебобулочную продукцию, каждый ее вид должен иметь вкус, свойственный данному виду изделий, без признаков горечи и постороннего привкуса.

Аромат и вкус хлеба и хлебобулочных изделий наиболее интенсивен у горячих, только что выпеченных изделий, по мере остывания он заметно снижается, а при хранении утрачивается.

Основным способом определения аромата хлеба является вдыхание через нос воздуха непосредственно над поверхностью целого хлеба или свежесрезанного ломтя. Аромат хлеба определяют, сжимая отре-

занный кусок и выдавливая воздух из мякиша. Аромат частично улавливается и при съедании хлеба. При разжевывании и смешивании хлеба со слюной масс прогревается, часть содержащихся в ней ароматных веществ улетучивается и из полости рта поступает в верхнюю часть носовой полости, где воспринимается рецепторами аромата.

При исследовании аромата хлеба уделяют внимание веществам, содержащимся в исходном сырье, и процессам, и факторам, обуславливающим формирование аромата.

В 1961 году Р. Р. Токарева и В. Л. Кретович предложили метод определения аромата хлеба по количеству карбонильных соединений (альдегидов и кетонов), связываемых бисульфитом натрия. В 1967 году М. Роте и др. предложили определять в качестве показателя интенсивности аромата хлеба пумперникельфурфурол и 5-оксиметилфурфурол, в 1972–1974 годах в пшеничном хлебе — изопентанол.

В настоящее время идентифицировано более 350 веществ, участвующих в образовании аромата хлеба и хлебобулочных продуктов. Многие из них присутствуют в ничтожных количествах, их присутствие не воспринимается органами чувств человека. Поэтому было введено понятие коэффициента ароматичности отдельных ароматообразующих веществ. Это отношение фактического содержания оцениваемого вещества (мг/кг) на его пороговую концентрацию (мг/кг). Численные значения пороговых концентраций различных веществ определяли в растворах. Но та же концентрация вещества в мякише или в корке может ощущаться с разной интенсивностью.

Вещества, обуславливающие аромат и вкус хлеба, их предшественники начинают образовываться в процессе приготовления теста и расстойки тестовых заготовок. На этих стадиях в результате спиртового и молочнокислого брожения образуются промежуточные, конечные и побочные продукты брожения, частично продукты их взаимодействия (спирты, органические кислоты, карбонильные соединения, эфиры).

При спиртовом брожении в результате деятельности дрожжей, в отсутствии кислорода, основными продуктами являются углекислый газ и этанол, в незначительных количествах образуются кислоты (уксусная, лимонная, янтарная и др.), альдегиды, смесь спиртов, которые определяют специфический вкус и аромат хлеба.

При производстве ржаного и ржано-пшеничного хлеба в результате молочнокислого брожения образуется молочная кислота, а как побочные продукты — уксусная, винная, муравьиная кислоты, этанол и др. Молочная кислота придает хлебу яркий аромат закваски, ощущение

ние кислотности, уксусная кислота является усилителем вкуса. Соотношение уксусной и молочной кислот зависит от зольности муки: чем она выше (больше частиц отрубей), тем больше уксусной кислоты образуется при сбраживании ксилоты. При увеличении количества воды активизируются гомоферментативные бактерии, и образуется больше молочной кислоты.

Более длительный процесс брожения теста приводит к более выраженному аромату хлеба. Чрезмерная степень выброженности теста отрицательно влияет на вкус и аромат хлеба: он будет слишком кислым и бледно окрашенным, так как не хватает сахаров для нормального протекания реакции меланоидинообразования в процессе выпечки.

В результате гидролиза крахмала муки в процессе приготовления теста образуются восстанавливающие сахара, при протеолизе — свободные аминокислоты. Эти вещества вступают в реакцию меланоидинообразования, формируя цвет, вкус и аромат корки. Общее содержание карбонильных соединений и аминов в корке в несколько раз больше, чем в мякише. Объясняется это более высокой температурой в корке хлеба. Следовательно, процесс выпечки хлеба также влияет на формирование его вкуса, цвета и аромата. Чем дольше выпекается хлеб, тем толще его корка, интенсивнее аромат, более выражен вкус.

Учеными установлено, что основное накопление ароматических веществ происходит в корке при температурах более 100 °С. Улучшение аромата и вкуса ржаного и ржано-пшеничного хлеба наблюдается при более низких температурах и большей длительности выпечки (происходит более полный распад углеводов), а оптимальный аромат пшеничного хлеба создается при более высоких температурах (240 °С) и меньшей длительности выпечки. Повышение температуры пекарной камеры и уменьшение плотности посадки на поду приводят к увеличению толщины корки, усилению ее окраски и формированию более выраженного аромата. На образование аромата корки положительно влияет увлажнение пекарной камеры. При выпечке во влажной камере образующаяся глянцевая корочка имеет меньшую паропроницаемость и более полный приятный аромат по сравнению с изделиями, выпеченными без увлажнения. Хотя толщина корки при этом уменьшается, но благодаря ее большей пленкообразующей способности она задерживает влагу и аромат, что замедляет процесс черствения хлеба.

При хранении хлеба общее содержание карбонильных соединений в хлебе непрерывно снижается. Особенно в первые часы после выпечки снижается содержание карбонильных соединений в корке, вслед-

ствие их улетучивания и перемещения во внутренние слои мякиша. При дальнейшем хранении содержание карбониллов снижается как в корке, так и в мякише. Через 5 суток сенсорно ощутить аромат хлеба практически невозможно.

Термическое освежение черствого хлеба в значительной мере восстанавливает аромат хлеба.

Запах хлеба может иметь неприятные оттенки в результате распада жиров и белков, в результате деятельности бактерий и плесеней, использования некачественного сырья, наличия примесей. Также в процессе хранения мука и хлеб могут впитывать посторонние запахи, особенно если температура хлеба не соответствует температуре окружающей среды. При дегустационной оценке обязательно отмечают присутствие посторонних запахов. Так, в хлебе, пораженном картофельной болезнью, содержание диацетила и ацетоина может превышать нормальные значения в 100–200 раз.

3.4. ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ

Российский стандарт органолептические показатели молока характеризует следующим образом: молоко должно быть однородной жидкостью, без осадка и хлопьев, белого или слабо-кремового цвета с запахом и вкусом, свойственным для молока, без посторонних запахов и привкусов. Белый цвет и непрозрачность молока обуславливают рассеивающие свет коллоидные частицы белков и жировые шарики, кремовый оттенок — растворимые в жире каротиноиды. Охарактеризовать вкус нормального молока очень трудно, это ровный и приятный вкус, в котором отдельные вкусовые и ароматические вещества не выделяются, но ощущаются некоторые оттенки вкуса, например слабовыраженный сладковато-солончатый, присущий только молоку. Сладковато-солончатый привкус обусловлен наличием в молоке лактозы и хлоридов. При повышенном содержании хлоридов в конце лактации или при инфицировании вымени молоко безвкусно, или солончатое на вкус.

К числу ароматических и вкусовых веществ сырого молока относят альдегиды, кетоны, жирные кислоты, сернистые и карбонильные соединения и др. В молоке обнаружены ацетон, ацетальдегид, масляная, капроновая и другие летучие жирные кислоты, пировиноградная

и молочная кислоты, азотистые соединения: свободные аминокислоты, пептиды, амины, аммиак. Особое значение в образовании аромата молока приписывают диметилсульфиду и другим сернистым соединениям.

Специфический кисломолочный **вкус и аромат молочных продуктов** обусловлен образованием ароматических веществ при тепловой обработке молока, а также их накоплением в процессе жизнедеятельности микроорганизмов заквасок, формирование типичного вкуса и запаха кисломолочных продуктов и заквасок, проходит, главным образом, в период сквашивания, созревания и хранения готовых продуктов. Таким образом, выраженность их запаха определяется составом и количеством бактериальных заквасок, режимом технологического процесса и хранения. Молочная кислота и летучие кислоты, среди которых преобладает уксусная, придают продуктам выраженный кислый вкус; диацетил, ацетальдегид — специфический кисломолочный аромат; спирт и углекислый газ — приятный освежающий вкус. Различные вкусовые оттенки кисломолочных продуктов ощущаются главным образом благодаря разнице в содержании ацетальдегида и этанола, а также соотношению летучих кислот. Для формирования приятного типичного кисломолочного **вкуса и аромата молочных продуктов** и заквасок особенно важно соотношение диацетил и ацетальдегида.

Специфический кисломолочный **вкус и аромат молочных продуктов** обусловлен образованием ароматических веществ при тепловой обработке молока, а также их накоплением в процессе жизнедеятельности микроорганизмов заквасок, формирование типичного вкуса и запаха кисломолочных продуктов и заквасок, проходит, главным образом, в период сквашивания, созревания и хранения готовых продуктов. Дестабилизация коллоидного состояния золя, в котором находится белковая фаза в свежем молоке, положена в основу производства различных групп молочных продуктов и осуществляется путем воздействия на факторы ее устойчивости. В практических условиях осуществляют переход системы из коллоидного состояния золя в коллоидное состояние геля при кислотной, сычужной или кислотной-сычужной коагуляциях белков. Способы кислотной коагуляции используют в производстве кисломолочных диетических напитков, сметаны, творога (кислотным способом), казеина (кислотным способом).

Гели — это коллоидные системы с особыми свойствами, в которых коллоидные частицы теряют подвижность и формируют структуры, пронизанные капиллярными промежутками, заполненными диспер-

сионной средой. Заполнение всего пространства с образованием геля происходит в результате ориентировки казеиновых частиц в трехмерный, напоминающий соты каркас геля с полостями, заполненными молочной сывороткой. Образование геля происходит под действием накапливающейся вследствие молочнокислого брожения молочной кислоты, либо под действием сычужного фермента, или при совместном воздействии молочной кислоты и сычужного фермента. Гели образуются только при нахождении системы в покое. Характерным свойством гелей является синерезис — самопроизвольное снижение водоудерживающей способности. При синерезисе быстрее выделяется вода, заполняющая пустоты, затем капиллярная вода, а гидратная, связанная с казеином, остается. Повышение температуры способствует отдаче гидратной воды.

В процессе нагревания происходит частичная дегитратация мицелл казеина и денатурация сывороточных белков, которые в денатурированном состоянии взаимодействуют с поверхностной фракцией мицелл казеина — κ -казеином. При повышенном их содержании в молоке, поверхность мицелл казеина не в состоянии полностью принять на себя все денатурированные сывороточные белки, их избыток выпадает в осадок. При этом степень дисперсности мицелл казеина возрастает, а устойчивость к нагреванию понижается.

При нагревании молока происходит тепловая денатурация его белков. При этом снижается окислительно-восстановительный потенциал при одновременном усилении антиокислительных свойств; возникает привкус кипячения; снижается способность к свертыванию под действием сычужного фермента и прочности сгустка, что отрицательно сказывается на отделении сыворотки и последующем процессе созревания сыра; усиливаются гидратационные свойства кислотных сгустков в производстве кисломолочных диетических напитков.

При высокотемпературной пастеризации и особенно при стерилизации происходит частичная изомеризация лактозы в лактулозу и взаимодействие с аминокруппами белков. Конечным продуктом взаимодействия являются темноокрашенные соединения — меланоидины. В ходе реакций образуются промежуточные продукты: альдегиды и кетоны (ацетальдегид, глицеральдегид, фурфурол, ацетон, ацетоин, ди-ацетил и др.), органические кислоты (пировиноградная, уксусная, муравьиная, молочная) и др. Некоторые из этих соединений обладают выраженным вкусом и запахом и могут в зависимости от концентрации и соотношения положительно или отрицательно влиять на вкус

молочных продуктов. Интенсивность окраски молока зависит от температуры и продолжительности ее воздействия.

При сгущении и сушке молока происходят аналогичные процессы. Кроме того, идет частичный гидролиз молочного жира с накоплением летучих жирных кислот, образованием лактонов, карбонильных соединений, участвующих в формировании свойственных пастеризованному молоку вкуса и аромата продуктов. При такой обработке снижается содержание в молочном жире ненасыщенных жирных кислот.

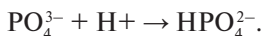
При тепловой обработке молока возможно неполное инактивирование термостабильных ферментов, которые могут вызвать в молоке и молочных продуктах нежелательные биохимические процессы, ведущие к накоплению продуктов расщепления составных компонентов молока, снижающих вкусовые свойства продуктов. Наибольшую опасность представляют липазы и протеиназа бактериального происхождения: липазы способствуют прогорканию молочных продуктов, протеиназы вызывают свертывание молока.

Кисломолочные продукты получают путем сквашивания, или ферментации, разных видов молока. Ферментирование молока осуществляют путём внесения закваски, содержащей специально подобранные культуры микроорганизмов, превращающие лактозу в молочную кислоту. При этом происходит коагуляция белковой фазы под действием молочной кислоты, образующейся при сбраживании продуктов гидролиза лактозы ферментными системами заквасочных культур молочнокислых бактерий. Следовательно, способность к коагуляции зависит от общего содержания белков и лактозы и активности молочнокислых бактерий.

Кислотная коагуляция происходит под воздействием кислотообразования в молоке (как результат молочнокислого брожения) или при непосредственном добавлении минеральной или органических кислот.

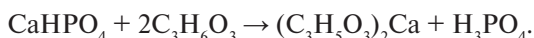
Процесс основан на осаждении казеина в изoeлектрической точке (рН 4,6–4,7), когда силы электростатического отталкивания между частицами белка ослабевают и начинают преобладать силы межмолекулярного взаимодействия.

Повышение концентрации ионов водорода в молоке сдвигает равновесие между диссоциированными карбоксильными и фосфатными группами на поверхности мицелл казеина и ионами водорода в сторону недиссоциированных карбоксильных и фосфатных групп

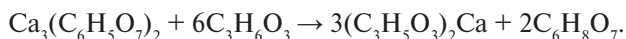


При этом происходит снижение отрицательного заряда белковых частиц. Кроме отрицательно заряженных групп на поверхности белковых частиц находятся положительно заряженные аминокруппы ($-\text{NH}_3^+$). При определенной концентрации ионов водорода (рН 4,6–4,7), происходит выравнивание отрицательных и положительных зарядов, то есть наступает изоэлектрическое состояние, в котором происходят конформационные изменения макромолекул белка, они теряют растворимость и соединяются между собой, формируя сетчатую трехмерную структуру сгустка или выпадают в виде хлопьев (при непосредственном внесении кислоты).

Под действием молочной кислоты нарушается структура казеинат-кальцийфосфатного комплекса (ККФК): от него отщепляются фосфат и органический кальций в виде лактата кальция и переходит в плазму



Цитрат кальция тоже переходит в более растворимый лактат кальция



Структурно-механические свойства кислотного сгустка и процесс синерезиса зависят от режимов предварительной тепловой обработки молока и механической (гомогенизации).

Процесс коагуляции казеина под действием сычужного фермента (или его заменителя) носит необратимый характер и объясняется с позиции гидролитической теории. Механизм его заключается в следующем. Под действием внесенного сычужного фермента происходит гидролиз полипептидных цепей κ -казеина ККФК (разрыв пептидных связей). Гидролиз цепей κ -казеина происходит по чувствительной к сычужному ферменту пептидной связи между фенилаланином (остаток 105) и метионином (остаток 106). Схематично процесс представлен на рис. 17.

Кисломолочные продукты усваиваются легче по сравнению с молоком за счет частичного распада основных компонентов (белков, лактозы) при молочнокислом брожении, а также активного воздействия молочной кислоты на секреторную деятельность пищеварительного тракта.

Молочной кислоте принадлежит главенствующая роль в формировании белкового сгустка и придании кисломолочным продуктам приятного кисломолочного вкуса. Содержание молочной кислоты в продукте зависит от химического состава молока, применяемой бактериальной закваски и технологических режимов производства.

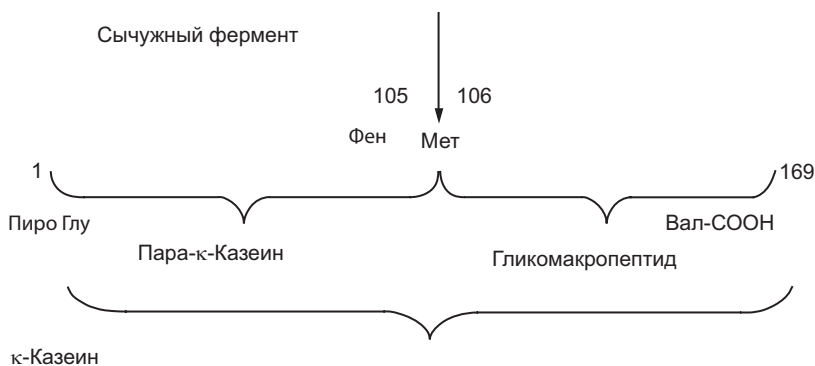


Рис. 17. Схема ферментативного гидролиза к-казеина

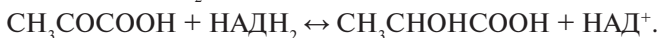
Молочная кислота и летучие жирные кислоты (среди которых преобладает уксусная) придают продуктам выраженный кислый вкус; диацетил, ацетальдегид — специфический кисломолочный аромат; спирт и углекислый газ — приятный освежающий вкус. Различные вкусовые оттенки кисломолочных продуктов ощущаются главным образом благодаря разнице в содержании ацетальдегида и этанола, а также соотношению летучих жирных кислот. Для формирования приятного типичного кисломолочного **вкуса и аромата молочных продуктов** и заквасок особенно важно соотношение диацетил и ацетальдегида. Содержание спирта и углекислоты в кисломолочных продуктах обусловлено количеством молочного сахара в сырье, видом используемых дрожжей, температуры и рН среды, режимом созревания.

В зависимости от характера биохимических процессов, происходящих при брожении, кисломолочные продукты подразделяют на:

- продукты гомоферментативного брожения, при изготовлении которых протекает только молочнокислое брожение: простокваши, йогурты, ацидофильные продукты, сметана, творог и творожные изделия;
- продукты гетероферментативного (смешанного) брожения, при изготовлении которых протекают одновременно молочнокислое и спиртовое брожение: кефир, кумыс.

При брожении на первом этапе под действием фермента β-галактозидазы (лактазы) происходит гидролиз лактозы на глюкозу и галактозу. Галактоза непосредственно не сбраживается, она переходит последовательно в глюкозо-1-фосфат, затем изомеризуется в глюкозо-6-фосфат, который включается в схему ферментативных превращений глюкозы

до пировиноградной кислоты. На заключительной стадии пировиноградная кислота восстанавливается до молочной кислоты под действием фермента лактатдегидрогеназы. Роль восстановительного агента при этом выполняет НАДН₂:



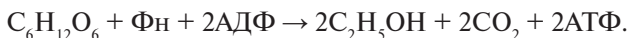
Процесс молочнокислого брожения гексоз молочного сахара выражается суммарным уравнением



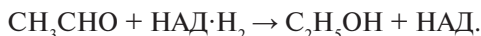
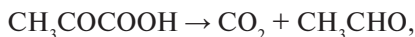
Расщепление глюкозы под действием ферментных систем гетероферментных бактерий происходит пентозофосфатным путем. В ходе реакций по пентозофосфатному пути из каждого моля глюкозы образуется моль молочной кислоты, моль этанола и углекислого газа



Спиртовое брожение имеет место при выработке кефира, кумыса, курунги и других кисломолочных продуктов. Возбудителями спиртового брожения являются дрожжи родов *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Fabospora*, *Torulopsis* и др. Они сбраживают глюкозу с образованием этанола и диоксида углерода



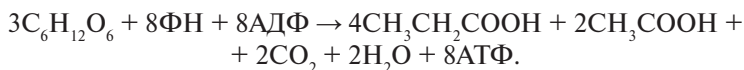
Превращение глюкозы в пировиноградную кислоту в первой стадии спиртового брожения идет по гликолитическому пути аналогично гомоферментативному молочнокислому брожению. Затем пировиноградная кислота подвергается декарбоксилированию с образованием уксусного альдегида и углекислого газа при участии фермента пируватдекарбоксилазы. Уксусный альдегид при участии НАДН₂ восстанавливается в этанол



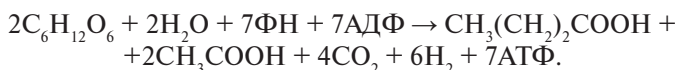
Кроме этанола и углекислоты дрожжи могут образовывать в небольшом количестве другие спирты (изобутиловый, пропиловый, глицерин), уксусную, пропионовую и янтарную кислоты, а также ацетон и диацетил.

Пропионовокислое брожение играет важную роль в процессе созревания твердых сычужных сыров с высокой температурой второго нагревания. Продукты этого брожения обуславливают специфический вкус и аромат сыров, а также участвуют в формировании их рисунка.

Суммарное уравнение пропионовокислого брожения глюкозы (если одна треть молекул глюкозы превращается в уксусную кислоту, а две трети — в пропионовую) имеет следующий вид



В молочных продуктах также идет и маслянокислое брожение. Конечными продуктами одного из типов этого брожения являются масляная и уксусная кислоты, углекислый газ и водород



При другом типе маслянокислого брожения происходит образование бутилового и изопропилового спиртов или этанола и ацетона.

Маслянокислое брожение — нежелательный процесс в производстве кисломолочных продуктов и особенно сыров. Продукты жизнедеятельности маслянокислых бактерий являются причиной появления в кисломолочных продуктах неприятного вкуса и запаха или вспучивания сыров.

Накопление вкусовых и ароматических веществ в кисломолочных продуктах регулируют составом заквасок, использованием многоштаммовых заквасок, уровнем рН и температурными режимами.

Помимо изменения углеводов при производстве кисломолочных продуктов идет протеолиз и липолиз. Интенсивность протеолиза обусловлена протеолитической активностью заквасочных микроорганизмов, уровнем рН, температурными режимами, влажностью продукта и др. Продуктами гидролиза белков являются пептиды с различной молекулярной массой и аминокислоты. Например, глицин, аланин, серин, пролин имеют сладкий вкус; аргинин, гистидин, лейцин и триптофан — горький; валин, треонин, фенилаланин — сладко-горький; глутаминовая и аспарагиновая кислоты — кислый; цистин и метионин — сернистый.

Под действием различных ферментных систем аминокислоты могут подвергаться изменениям с образованием органических кислот, альдегидов, аминов и других соединений, многие из которых обладают выраженными вкусовыми свойствами и вместе с продуктами биохимических превращений лактозы участвуют в формировании органолептических свойств продуктов. При производстве молочных продуктов и особенно при созревании сыров свободные аминокислоты подвергаются дезаминированию, переаминированию, декарбоксилированию и др.

Процесс дезаминирования аминокислот в зависимости от условий среды может идти окислительным путем с образованием кетокислот; гидролитическим — с образованием оксикислот и восстановительным — с образованием карбоновых кислот (пировиноградной, пропионовой, янтарной, изомасляной, яблочной и др.).

Декарбоксилированию подвергаются и свободные аминокислоты, особенно при созревании сыров, в результате которого образуются амины и диоксид углерода (углекислый газ). Амины обладают ярко выраженными вкусовыми свойствами и в зависимости от концентрации могут участвовать в формировании вкусовой композиции продукта, либо обуславливать пороки вкуса и запаха (аммиачный, рыбный и др.).

Ферментативный гидролиз молочного жира в сыром молоке обуславливает накопление свободных жирных кислот, в том числе низкомолекулярных и, как следствие, проявление порока — «прогорклый вкус». Появление этого порока в молоке приводит к ухудшению вкуса и запаха вырабатываемых из него продуктов, особенно масла. Степень ферментативного гидролиза молочного жира зависит от стабильности жировой фазы в молоке, концентрации и активности нативных липаз в молоке, интенсивности механических воздействий, продолжительности и температурных режимов хранения молока, качественного состава его микрофлоры и др.

Однако гидролитическое расщепление ацилглицеринов молочного жира, накопление свободных жирных кислот, особенно летучих: муравьиной, уксусной, пропионовой, масляной, изомасляной, капроновой и каприловой имеет большое значение в формировании органолептических свойств многих сыров. Поскольку основными источниками липолитических ферментов при выработке сыров являются микроорганизмы заквасок, то при их подборе в состав заквасок учитывают липолитическую активность.

Гидролиз фосфолипидов имеет место при выработке и хранении масла, сыров и кисломолочных продуктов. Процесс проходит под действием фосфолипаз молочнокислых и пропионовокислых бактерий с образованием высокомолекулярных насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, фосфатидных кислот, азотистых и других соединений.

Образовавшиеся продукты гидролиза, например насыщенные жирные кислоты, подвергаются ферментативному окислению, которое протекает по типу β -окисления. Образующиеся при этом различные метилкетоны придают сырам определенные вкусовые качества мягким сырам, а в масле являются причиной появления прогорклого и окисленного вкуса. По этой причине для большинства молочных про-

дуктов (масло, кисломолочные продукты, некоторые сыры) гидролиз фосфолипидов нежелателен.

Наряду с гидролитическим расщеплением липидные компоненты подвержены окислительным воздействиям: ферментативному окислению при участии окислительно-восстановительных ферментов и окислению под действием кислорода воздуха и света — перекисному окислению. Продукты окисления — альдегиды, кетоны, кетокислоты, гидроперекиси, оксикислоты обуславливают появление в продуктах нежелательных окисленных привкусов и запахов, которые в зависимости от интенсивности окислительных процессов могут сопровождаться выраженными металлическим, рыбным и салыстым привкусом.

Относительно легко окисляются кислородом воздуха фосфолипиды, особенно в присутствии в молоке или продуктах солей тяжелых металлов. Активное окисление фосфолипидов обусловлено высоким содержанием в их молекулах полиненасыщенных жирных кислот, которые легко окисляются с образованием перекисей и карбонильных соединений, ухудшающих вкус и запах молочных продуктов.

При развитии посторонней микрофлоры, а также при недостаточной активности заквасок и развитием остаточной микрофлоры пастеризованного молока, возникают пороки кисломолочных продуктов. При этом кисломолочные продукты изменяют вкус, консистенцию, цвет и запах за счет образования нехарактерных продуктов брожения. Так, при нарушении молочнокислого брожения, разложении белков может появляться запах сероводорода, ослизлость продукта, излишнее газообразование и нарастание кислотности.

Желтый цвет молока наблюдается при скармливании коровам большого количества моркови и кукурузы. Красноватым молоко становится при скармливании коровам большого количества некоторых растений из семейства лютиковых, молочайных и хвощей, при заболевании коров пироплазмозом, пастереллезом, сибирской язвой и геморрагическим маститом, при развитии в молоке пигментных бактерий, а также при нарушении правил машинного доения.

Молоко приобретает посторонние запахи при хранении его с пахучими веществами (керосином, рыбой, кислой капустой, креолином и др.). Навозный (хлевный) запах молоко приобретает при фильтрации его не в молочной, а в грязном коровнике, а также при попадании в молоко частичек навоза. Затхлый запах появляется при хранении свежесвыдоенного молока в плотно закрытой посуде. В таких случаях обильно размножаются гнилостные анаэробные микроорганизмы, гидролизующие белки. Силосный запах имеет молоко при скармлива-

нии коровам недоброкачественного силоса, при хранении силоса на скотном дворе, а также при скармливании силоса во время дойки.

Отрицательное влияние на вкус молока могут оказывать корма, поедаемые коровами. Например, редечный привкус молоку придают редька, репа, брюква, турнепс, сурепка, полевая горчица, скармливаемые в больших количествах. Солоноватый привкус молоко имеет в конце лактации, при смешивании его с молозивом, при туберкулезе вымени и мастите. Горький вкус вызывается поеданием коровами большого количества горьких растений: полыни, люпина, лютиков, лопуха, свекольной ботвы, турнепса, заплесневелой яровой соломы, прогорклых жмыхов. При длительном хранении молока или молочных продуктов при низких температурах в них развиваются холодоустойчивые (психрофильные) микроорганизмы, придающие молоку, сливкам, сметане и маслу прогорклый привкус. При этом происходит разложение молочного жира с образованием масляной кислоты, альдегидов, кетонов и других веществ, обуславливающих этот вкус. Мыльный (щелочной) привкус молоко приобретает при длительном хранении молока, загрязненного гнилостными бактериями, при температуре ниже 10 °С. Металлический привкус характерен для молока при хранении его в ржавой или плохо вылуженной посуде.

Для увеличения срока годности кисломолочных продуктов в РФ разрешено использовать сорбиновую кислоту и её соли E200–E203, бензойную кислоту и её соли E210–E213 и антибиотик низин E234.

3.5. Кофе

Около четверти массы кофейного зерна приходится на кофеин, тригонеллин, хлорогеновую кислоту, белки и минеральные соли, остальное — на клетчатку, кофейное масло и воду.

Кофеин (2,6-диокси-1,3,7-триметилпурин; 1,3,7-триметилксантин) — важнейший алкалоид кофейных зерен. Эмпирическая формула — $(C_8H_{10}O_2N_4)$. В растениях он выполняет защитную функцию, поскольку это вещество — природный инсектицид. Кофеин — вещество без цвета и запаха, растворяется в воде и органических растворителях; в растворе дает горький вкус, из раствора кристаллизуется в виде кристаллогидрата в виде хрупких шелковистых игл. Безводный кофеин плавится при 236,5 °С, при осторожном нагревании возгоняется. В сыром кофе кофеин находится в свободном и связанном с хлорогеновокислым калием виде.

Различные виды кофе характеризуются разным содержанием кофеина (% на сухое вещество): Арабика — 0,6–1,2; Робуста — 1,8–3,0; Либерика — 1,2–1,5.

В готовом напитке кофеин присутствует в виде димера и гидрата. Они по-разному влияют на восприятие горечи. Гидраты обладают большей горечью. В нормальных растворах количество двух вариантов приблизительно равное. Присутствие в больших концентрациях (>15%) сахарозы способствует образованию димеров и снижению ощущения горечи.

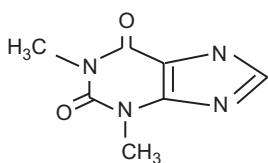
Высокая температура не влияет на содержание кофеина. Поэтому при обжарке с уменьшением массы кофейного зерна содержание кофеина в нем увеличивается.

Тригонеллин ($C_7H_7O_2N$) — алкалоид метилбетаинникотиновая кислота. Образуется в растениях путем метилирования никотиновой кислоты. Самое высокое содержание этого алкалоида в сорте Арабика (1–1,2%). Тригонеллин хорошо растворяется в воде, но термически нестабилен, при обжарке превращается в никотиновую кислоту.

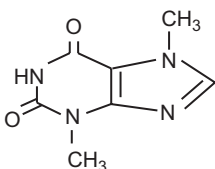
Теобромин ($C_7H_8O_2N_4$) — 1,5-диметилксантин. Это бесцветный мелкокристаллический порошок, трудно растворимый в воде, хорошо — в щелочах, образуя соли; способен возгораться. Содержание теобромин в сырых зернах кофе 1,5–2,5 мг%. При окислении теобромин образует монометилдаллоксан и монометилмочевину.

Кофеин при употреблении начинает действовать сразу и действует 25 минут. Он возбуждает нервную систему, сужает сосуды всех органов, кроме почек. Теобромин начинает действовать через 25 минут. Эффект действия противоположный кофеину: усыпляет, расширяет все сосуды, а почечные сужает.

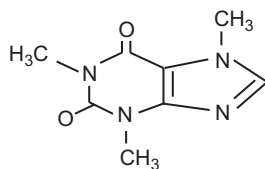
Теофиллин ($C_7H_8O_2N_4$) — 1,3-диметилксантин, бесцветные шелковистые игольчатые кристаллы, трудно растворимые в воде, плавятся при температуре 269–272°C. Общее содержание в зернах дикорастущих кофейных растений 1–4 мг%. Теофиллин расслабляет гладкую мускулатуру внутренних органов, снижает уровень медиаторов аллергии в крови, тормозит агрегацию тромбоцитов, повышает устойчивость эритроцитов к деформации, уменьшает тромбообразование, расширяет коронарные артерии.



Теофиллин



Теобромин



Кофеин

Из сырых зерен выделены и идентифицированы полиамины (путресцин, спермин, спермидин), образующие при дезаминировании или окислении гетероциклические алкалоиды.

Фенольные соединения представлены хлорогеновыми кислотами (около 10 соединений), которые являются эфирами хинной кислоты с кофейной и феруловой (табл. 13).

Таблица 13. Названия хлорогеновых кислот

Тривиальное название кислот	Химическая номенклатура кислот
Хлорогеновая	Кофеил-3-хинная
Неохлорогеновая	Кофеил-3-хинная
Криптохлорогеновая	Кофеил-4-хинная
Изохлорогеновая кислота А	4,5-дикофеилхинная
Изохлорогеновая кислота Б	3,4-дикофеилхинная
Изохлорогеновая кислота С	3,5-дикофеилхинная
Псевдохлорогеновая	Смесь кофеила и дикофеилхинной кислоты

Содержание хлорогеновых кислот в зернах сырого кофе составляет 4–10% в зависимости от сорта. Производные хлорогеновой кислоты придают горечь кофе. Они улучшают пищеварение. Основную долю хлорогеновых кислот составляют кофеилхинные кислоты (хлорогеновая и неохлорогеновая), затем идут дикофеилхинные (изохлорогеновые) кислоты.

Во время обжарки зерен кофе содержание хлорогеновых кислот значительно снижается (разрушается до 70%) за счет теплового разрушения и участия вместе с аминокислотами в реакции меланоидинообразования. При светлой и средней обжарке хлорогеновые кислоты разрушаются до лактонов, при темной — до фенилинданов.

Таннины в сырых зернах кофе содержатся в количестве 3,6–7,7%. При обжарке их количество значительно уменьшается до 0,5–1,0%. За 5–8 минут тепловой обработки при температуре 80–125 °С таннины активно окисляются под действием полифенолоксидазы. Затем протекает неферментативное превращение таннинов с образованием темноокрашенных пигментов. При долгом нагреве таннины полностью разрушаются, что приводит к пустому или плоскому вкусу кофе.

Углеводы составляют 50–60% общей массы кофейных зерен. В состав углеводов кофе входят сахароза (6–10%), целлюлоза (5–12%), пектиновые вещества (2–3%), клетчатка, лигнин. Основным водорастворимым компонентом высокомолекулярных полисахаридов сырого

кофе является арабиногалакта. Кроме него выделены глюкогалактоманнан, галактоза, манноза и арабиноза.

Именно углеводы способствуют за создание так называемого тела напитка, а также за качество пенки.

При обжаривании кофе сахара практически полностью исчезает (остается 0,56%). Количество моносахаридов резко падает в начале обжаривания, что объясняется расходом некоторой части углеводов на процессы карамелизации и меланоидинообразования, а затем, при температуре 205–220 °С, возрастает, так как идет гидролиз клетчатки, пентозанов и других полисахаридов.

Во всех разновидностях кофе общее содержание белка составляет 9,7–10,2%, в которых отмечается высокое содержание глутаминовой, аспарагиновой кислот, глицина и лейцина. В сырых зернах обнаружено высокое содержание свободных аминокислот — фенилаланина и глутаминовой кислоты. Также в зернах кофе обнаружена γ -аминоасляная кислота — нейромедиатор, участвующий в процессах центрального торможения.

При обжаривании содержание белков уменьшается примерно на 15%, и, скорее всего, это уже не белки, а белковоподобные вещества — продукты взаимодействия белков с углеводами и фенольными соединениями. Свободные аминокислоты после обжарки также не обнаруживаются, так как вступают в сахароаминные превращения, способствующие формированию вкуса, цвета и аромата готового напитка.

Зерна кофе богаты липидами (их 9–18%), в которых содержание непредельных жирных кислот составляет 50,1–59,9% от общего количества жирных кислот. Содержание свободных жирных кислот невелико — 0,5–3,0%. При хранении сырого кофе незначительно возрастают кислотное и перекисное числа, что свидетельствует о медленном протекании гидролитических и окислительных процессов, а также влияет на вкус кофе.

Органические кислоты кофе представлены лимонной, яблочной, малеиновой, уксусной и шавелевой. Кислотность сырого кофе колеблется от 2,4 до 4,0 °Т, при длительном хранении (3–5 лет) кислотность возрастает незначительно.

Из минеральных элементов в кофе обнаружены калий, магний, кальций, натрий, железо, марганец, цинк, рубидий, медь, стронций. Данных об их влиянии на качество напитка нет. Во время обжаривания количество минеральных веществ увеличивается с 3–4 до 5–7% за счет уменьшения влажности.

В эфирном масле кофе найдено много летучих серосодержащих соединений типа фурфурилмеркаптана, фурфурилметилсульфида, фурфурилметилдисульфида. Эти компоненты образуются в качестве побочных продуктов в результате реакции Майяра и сильно влияют на аромат кофе. Фураны придают напитку сладкий карамельный аромат, пиазины — цветочные ноты, кетоны — маслянистый оттенок с привкусом ириса.

Из других ароматических веществ в зернах кофе обнаружены терпены — лимонен, картофиллен, гумулен, α -пинен, изопентанол, 2-гептанол. При тепловой обработке концентрация этих соединений снижается, появляются продукты их окисления.

Потенциальными ароматическими веществами необжаренного кофе могут быть 3-изобутил-2-метоксипиразин, 3-изопропил-2-метоксипиразин, 2-метокси-3,5-диметилпиразин. Наиболее сильным запахом с гороховым оттенком обладает 3-изобутил-2-метоксипиразин. При нагревании его количество не изменяется, а таких веществ, как метиональ, 3-гидрокси-4,5-диметил-2-фуранон, ванилин, β -дамасцеол, 4-винилгваякол, 4-этилгваякол, увеличивается.

Таким образом, в создании вкуса, цвета и аромата кофе участвуют многочисленные соединения разной химической природы, продукты их взаимодействий, происходящих при обжаривании кофейных зерен.

3.6. ЧАЙ

Чай является одним из любимых напитков для жителей разных стран мира. Известно много сортов чая, которые классифицируют по нескольким признакам:

- этап подготовки чайного листа (фабричный, торговый);
- исходное сырье (нежные или грубые листья);
- степень ферментированности (черный, красный, желтый, зеленый, белый);
- внешний вид (листовые или ломаные, рассыпные или прессованные, быстрорастворимые).

Качество готового чая во многом зависит от химического состава зеленого чайного листа. При переработке чайного листа происходят глубокие качественные и значительные количественные изменения.

Зеленый чайный лист состоит из воды (73–81%) и сухого вещества (19–27%). Вода является средой, в которой происходят взаимодействия

растворенных веществ, участвует в гидролитических и окислительно-восстановительных реакциях. Содержание свободной воды — 20–22%, связано — 78–80%. Связанная вода соединена с сухими веществами чая, ее содержание зависит от количества коллоидных веществ (фенолы, белки, пектин и др.), и оно уменьшается с возрастом чайного листа. В готовом чае доля воды уменьшается до 3–7%, а сухих веществ возрастает до 93–97%.

Сухие вещества чайного листа делят на растворимые и нерастворимые. Водорастворимую фракцию сухих веществ называют экстрактивными, или экстрактом, а нерастворимую (балластные вещества), составляющую осадок, — разваркой. Чем больше экстрактивных веществ содержится в чайном листе, тем выше его качество. Наибольшее содержание экстрактивных веществ отмечается в почке и первом листе (рис. 18), с увеличением возраста чайного листа оно уменьшается.

Состав сухого вещества зеленого чайного листа представлен в табл. 14.

Наиболее ценные свойства чая обеспечивают фенольные соединения. Для них используют такие термины, как полифенолы, дубильные вещества, танин, танино-катехиновый комплекс. На содержание фенольных соединений в чайном листе оказывают влияние сорт, возраст листа, время сбора, солнечное освещение и температура, высота расположения плантации над уровнем моря.



Рис. 18. Содержание экстрактивных веществ в чайном листе

Истинных дубильных веществ (танинов) в чайных флешах почти нет, так как чайный лист, в основном, содержит низкомолекулярные простые катехины. Но во время технологической переработки фенольные соединения зеленого листа претерпевают значительные изменения, их молекулярная масса увеличивается, и они приобретают свойства дубильных веществ. Образование дубильных веществ происходит за счет превращения сахаров в полифенолы через ряд промежуточных соединений. Затем полифенолы вступают в реакции поликонденсации и присоединения.

Таблица 14. Состав сухого вещества зеленого чайного листа

Экстрактивные вещества 41–58, %		Балластные вещества 42–59%	
Фенольные соединения (катехины, теогаллин, хлорогеновая кислота, антоцианы и др.) Углеводы (моно- и дисахариды, пентозы) Производные пурина (кофеин, гуанин, аденин, теофиллин, теобромин) Гидроаскорбиновая кислота Пектиновые вещества (гидропектин) Минеральные вещества: K, Ca, Mg, Fe, Si, Na, Al, Mn, Sr, Ni, Cu, Zn, Ba, Rb, Ti, Cr, Sn, Ag, V, I и др. Аминокислоты Органические кислоты (щавелевая, яблочная, янтарная, лимонная, молочная, шикимовая, фенолкерболовые, п-кумаровая и др.) Прочие растворимые вещества: водорастворимые витамины (B ₁ , B ₂ , B ₃ , C, PP, K, P, U); азотистые вещества (белки и аминокислоты); ферменты; ароматические вещества; пигменты (хлорофилл, каротин, ксантофилл, флавоноиды)	14–26	Белки Нерастворимые углеводы (целлюлоза, крахмал, гемицеллюлоза)	20–22
	4–5	Пектиновые вещества (протопектин)	5–18
	2–4	Лигнин	8–9
	2–3	Смолы	6–7
	2–3	Прочие нерастворимые вещества:	2–3
	2–3	соединенные с белками; дубильные вещества; жирорастворимые витамины (A, E, K);	1–2
	3–4	минеральные вещества; органические кислоты (хинная и др.);	
	1–2	ферменты, соединенные с нерастворимой частью клетки;	
	1	хлорофилл	
	10–12		

Выделяют две разновидности дубильных веществ — катехиновую и танинную. При старении и переработки чайного листа катехиновая фракция постепенно переходит в танинную, а затем в связанный танин за счет окисления и уплотнения катехинов и их галловых эфиров. В лучших сортах чая содержание танина может достигать 18%. Го-

речь чайного настоя связана с катехиновой фракцией, а полнота вкуса, терпкость, цвет — с танинной.

Азотистые соединения чайного листа представлены аминокислотами, белками, азотистыми основаниями, алкалоидами. Содержание общего азота в разных типах и сортах чая может варьировать: в индийском чае 4,42% от количества сухих веществ, в китайском — 4,52%, в японском — 5,08%.

Белковые вещества участвуют в формировании аромата чая, зависящего от аминокислот, которые образуются при распаде белков в процессе производства чая. В чайном листе обнаружены аспарагиновая, глутаминовая кислоты, серин, аланин, лизин, аргинин, валин. Во время ферментации и сушки чайного листа в результате взаимодействия аминокислот с сахарами образуются альдегиды, участвующие в формировании аромата чая. Также в процессе переработки белковые вещества соединяются с танином, образуя нерастворимые соединения, что уменьшает количество экстрактивных веществ и снижает качество чая.

Из группы алкалоидов в чайном листе основными являются кофеин, теofilлин и теобромин. Содержание кофеина достигает 3–5%, теofilлина и теобромина — не более 0,6–0,8%. При переработке чайного листа количество кофеина меняется незначительно, немного уменьшаясь за счет связывания с другими веществами чая (например, с белками). Поэтому в зеленом слабоферментированном чае кофеина больше, чем в черном. В готовом чае кофеин находится в соединении с танином (танат кофеина), что придает настою характерный аромат и цвет, а также вызывает помутнение чая при остывании. При температуре 100 °С кофеин претерпевает сублимацию, поэтому для максимального его сохранения необходимо заваривать чай при температуре несколько ниже 100 °С.

Эфирные масла придают характерный специфический аромат зеленому чайному листу и вкус готовому настою, усиливают выделение пищеварительных ферментов, повышая усвоение пищи. В зеленом листе содержание эфирных масел очень мало — 0,007–0,009% сухого вещества, в процессе переработки оно увеличивается до 0,02%. Несмотря на это, в составе эфирных масел обнаружено более 130 летучих соединений: альдегиды (уксусный, изомасляный, изовалериановый, капроновый и др.); свободные кислоты (уксусная, масляная, валериановая, капроновая, каприловая и др.); терпеновые и ароматические спирты (коричный, бензиловый, фенилэтиловый, гераниол, линалоол, цитро-неллол и др.); фенолы и другие соединения.

На аромат чая также влияют и смолистые вещества. Они обладают приятным ароматом и являются растворителями и фиксаторами ароматических веществ. При переработке чайного листа содержание смолистых веществ (резенов, смоляных спиртов, эфиров) уменьшается вследствие окисления.

В чайном листе содержатся растворимые (глюкоза, фруктоза, сахароза, рафиоза, стахиоза, мальтоза) и нерастворимые (целлюлоза, гемицеллюлоза, крахмал) углеводы. Содержание растворимых углеводов достигает 4%, нерастворимых — 7,5–9%, зависит от возраста чайного листа, времени сбора, географического расположения плантаций. С увеличением возраста чайного листа увеличивается количество нерастворимых углеводов, что отрицательно влияет на качество чая, так как при термической обработке чайного листа растворимые углеводы вступают в реакцию с аминокислотами и фенольными соединениями, образуя ароматические альдегиды.

Пектиновые вещества определяют клейкость фиксированного листа, а в готовом чае — сладковатый вкус и его гигроскопичность. Растворимый в воде гидропектин находится в нежных частях флеша (почке и первом листе), с увеличением возраста листа его содержание уменьшается. Нерастворимые пектиновые вещества представлены протопектином. В процессе переработки чайного листа общее содержание пектиновых веществ уменьшается.

Среди пигментов чайного листа выделяют хлорофилл, каротин, ксантофилл. Содержание хлорофилла составляет 0,6–0,8% и увеличивается при огрубении листа. При фиксации, выдержке, сушке чайного листа хлорофилл разрушается, причем при недостаточном его разрушении получается продукция низкого качества с зеленоватым цветом, травянистым привкусом и горечью.

Содержание каротина, в отличие от хлорофилла, содержание каротина в начале сезона выше (до 0,018–0,064%), чем в конце.

Кроме названных пигментов, в чайном листе обнаружено более 10 флавоноидов, имеющих желтую окраску и представленных гликозидами.

Физиологическую ценность чая во многом определяет содержание витаминов (В₁, В₂, В₃, С, РР, К, Р, U, А, Е, К). Большинство из них содержится в нежной части флеша. Но содержание витамина С увеличивается от почки к третьему листу. При переработке чайного листа разные витамины сами претерпевают различные превращения и влияют на биохимические преобразования других веществ чайного листа. Так,

витамин Е, являясь сильным антиоксидантом, препятствует окислению ряда соединений, участвующих в формировании вкуса и аромата чая. Содержание витамина С при переработке значительно снижается в результате влияния повышенной температуры и окислительных процессов во время скручивания и ферментации. Поэтому в зеленом чае содержание аскорбиновой кислоты в два раза больше, чем в черном.

Чайный танин обладает Р-витаминным действием. При производстве зеленого чая катехины и их галловые эфиры претерпевают слабое окисление, и поэтому Р-витаминная активность зеленого чая выше, чем черного.

В чайном листе содержится большое количество ферментов, принадлежащих к классу оксидоредуктаз (фенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, цитохромоксидаза) и гидролаз (инвертаза, амилаза, протопектиназа, протоиназа, протоилаза). При производстве черного чая окислительно-восстановительные ферменты участвуют в процессе ферментации и формируют аромат, вкус и цвет чая. При производстве неферментированного чая оксидоредуктазы оказывают отрицательное влияние на готовый продукт, поэтому их инактивируют, повышая температуру.

Влияние минеральных веществ на процесс производства чая до конца не изучен. Известно, что некоторые элементы (Mn, Fe) участвуют в процессах ферментации.

ГЛАВА 4

ДЕГУСТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

4.1. ОСНОВЫ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Методы определения качества продукции делятся на органолептические и лабораторные. Оценку качества пищевых продуктов начинают с определения органолептических (сенсорных) показателей, по которым устанавливают степень их доброкачественности и пригодность к употреблению в пищу.

Органолептический, или сенсорный анализ — исследование качества продукции с помощью органов чувств (зрения, обоняния, вкуса, осязания). Термин «органолептический» происходит от греческих слов *organon* (орудие, инструмент, орган) и *leptikos* (склонный брать, принимать) и означает «выявляемый с помощью органов чувств». Термин «сенсорный» означает «чувствующий» и происходит от латинского слова «*sensus*» (чувство, ощущение). В отечественной и зарубежной литературе эти термины употребляются как равнозначные.

Согласно мировым и национальным стандартам, под качеством продукции понимают совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с целевым назначением.

Хотя органолептические методы являются субъективными, но при соблюдении научно-обоснованных правил результаты органолептической оценки по точности и воспроизводимости равноценны результатам, полученным при использовании инструментальных методов контроля. Воспроизводимость, точность и возможность сравнения результатов зависит от порядка и условий проведения анализа, квалификации и навыка специалистов, системы оценки результатов анализа.

Для наиболее полной и объективной характеристики пищевых продуктов, выявления их биологической и энергетической ценности необходимо применять лабораторные, или измерительные, методы анализа, осуществляемые по стандартным методикам с использованием стандартного инструментального лабораторного оборудования. С помощью этих методов определяют химический состав, калорийность и другие показатели пищевых продуктов.

Методика проведения органолептического анализа продукции является обязательной и единой для использования на предприятиях общественного питания, в том числе службой контроля качества для специалистов пищевых лабораторий, а также для других организаций, в том числе территориальных органов Госстандарта, Госсаннадзора и правоохранительных органов.

Для любого продукта выбор показателей качества зависит от вида продукции и ее особенностей. Показатель качества — количественная характеристика свойств продукции. От качества зависит степень удовлетворенности потребителей какой-то продукцией. Различают единичные и комплексные показатели качества. Единичный показатель характеризует какое-то одно простое свойство продукции, комплексный — несколько простых свойств или одно сложное.

Любой единичный показатель качества имеет наименование, по которому определяется оцениваемое свойство продукта, и конкретное числовое значение, по которому получают представление об уровне качества, сравнивая с нормами стандарта.

Комплексными показателями качества являются сорт или товарный класс продукции. Чтобы отнести продукцию к тому или иному товарному сорту или классу, необходимо определить все единичные показатели качества, нормируемые стандартом. Если хотя бы по одному показателю продукция не отвечает требованиям данного сорта (класса), то она переводится в более низкий товарный сорт (класс) или признается нестандартной.

Основными показателями органолептического анализа являются: внешний вид, цвет, запах, консистенция, вкус.

Внешний вид — комплексный показатель, характеризующий общее зрительное впечатление от изделия и включающий в себя ряд единичных показателей (форма, состояние поверхности, однородность по размеру и т. д.).

Цвет (окраска) — показатель внешнего вида, характеризующий впечатление, вызванное отраженными световыми лучами видимого света.

Запах — показатель качества, определяемый с помощью органов обоняния. Кроме того, существуют термины «аромат» и «букет». Аромат для пищевых продуктов обозначает типичный для данного продукта запах. Букет формируется в результате целенаправленного видоизменения запаха в процессе созревания, брожения, ферментации (сыры, вина, чай).

Консистенция — показатель качества продуктов питания, который характеризует сумму свойств продукта, воспроизводимых зрительно и осязательно. При оценке консистенции определяют агрегатное состояние (жидкое, твердое и др.), степень однородности (однородная, хлопьевидная, творожистая и т. д.), механические свойства (хрупкость, вязкость, упругость, пластичность, эластичность, липкость, сочность).

Консистенция продуктов определяется прикосновением, легким надавливанием пальцами (хлеб, мясо, рыба) или разжевыванием (плоды, овощи, конфеты, сухари и др.). В зависимости от структуры продуктов различают консистенцию жидкую, твердую, кристаллическую, аморфную, желеобразную, пенообразную, пористую, волокнистую. Продукты жидкой консистенции имеют определенный объем, но не имеют упругой формы. Продукты твердой консистенции имеют постоянный объем и форму. Твердые кристаллические вещества (соль, сахар) состоят из отдельных кристаллов. Аморфные вещества не имеют кристаллического строения, при определенных условиях (нагревании) приобретают стеклообразную консистенцию (карамель). Продукты желеобразной консистенции состоят из гидратированных полимеров углеводов или белков (мармелад, кремы, джемы и др.). Желеобразная консистенция определяется структурой, разветвленностью молекул, молекулярной массой вещества, а также способностью к гидратации. Пенообразная консистенция характеризуется наличием двухфазной системы, состоящей из непрерывной твердой и прерывистой воздушной фазы, занимающей большую часть объема (пастила, зефир, пиво и др.). Пористая консистенция свойственна хлебобулочным, сахарным и бараночным изделиям, сырам. Она также имеет твердую и воздушную фазы, но

первая затвердевает в процессе производства продукта. Пористая консистенция характеризуется упругостью или эластичностью стенок, поэтому при разжевывании может ощущаться рассыпчатость, мягкость, крошливость. Волокнистая структура обусловлена наличием животных и растительных волокон, состоящих из коллагена, эластина, протопектина, клетчатки, гемицеллюлозы (мясо, рыба, плоды).

Вкус — важнейший показатель качества продукции, оказывающий решающее влияние на оценку ее качества. При оценке вкуса характеризуют его качественные признаки (горький, кислый, соленый, сладкий вкус) и интенсивность.

Важным условием получения объективных показателей сенсорного анализа является установление взаимосвязи между органолептическими показателями и химическим составом компонентов, формирующих вкус, цвет, запах, а также структурно-механическими свойствами продукта.

При выборе пищевых продуктов потребитель в большинстве случаев руководствуется зрительной оценкой. Подавляющее большинство покупателей выбирают продукты по внешнему виду, некоторые — согласно мнению других покупателей и очень немногие — по запаху, осязательным ощущениям.

4.2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Основная сложность органолептических (сенсорных) методов оценки, выполняемых с помощью зрительных, обонятельных, вкусовых сенсоров человека и выражающихся количественной величиной, заключается в том, что точность такого анализа зависит от квалификации дегустатора, порядка и проведения дегустации и системы оценки, которая должна обеспечивать сходимость и воспроизводимость результатов анализа.

Нормативная база органолептических методов в РФ недостаточна. Не существует методологии органолептического анализа в целом. Существуют методики органолептического анализа конкретных видов продукции.

За рубежом разработаны более 20 международных стандартов в области сенсорного анализа, включая метрологические стандарты на проведение испытаний, лабораторную посуду для проведения сенсорных испытаний, обучение и проверку качества работы экспертов.

Органолептические методы можно разделить на:

- различительные методы, которые используют для определения органолептических различий, возникающих между двумя продуктами: метод парного сравнения, треугольный метод, метод «дуо-трио», метод два из пяти, метод «А не А»;
- методы с использованием шкал и категорий, применяемые для оценки порядка или размера, или категории, или класса представленных продуктов; ранговый метод; метод классифицирования; метод шкалирования; балльный метод; метод категорий;
- описательные методы: количественно-описательный и профильный.

4.2.1. Различительные методы

Метод парного сравнения применяется для выявления различий между двумя тестируемыми образцами при определении интенсивности или предпочтения аромата. Согласно методике, представляются парные образцы, составленные в произвольной последовательности для одновременной или последовательной оценки. Дегустатор указывает образцы, обладающие наиболее выраженными свойствами или более предпочтительные, чем другие.

Треугольный метод используется в случае выявления слабо выраженных различий между образцами. Дегустаторам представляются три образца, два из которых одинаковые. Пробы кодируются и комплектуются в виде блоков (АББ, АБА, БАБ и т. д.). Дегустаторам необходимо различить, какой из трех образцов отличается.

Метод «дуо-трио» используется для определения различий между двумя образцами. Эти различия могут быть связаны с одной или целым комплексом органолептических характеристик. Существуют две формы этого метода: с изменяющимся контрольным образцом и постоянным контрольным образцом. Методика с постоянным контрольным образцом используется как инструмент для контроля качества продуктов хорошо обученной дегустационной комиссией, когда контрольные образцы хорошо известны испытателям.

Формируют четыре серии из четырех блоков в следующих комбинациях: АкАБ, АкБА, БкАБ, БкБА. Ак и Бк являются контрольными образцами. Приготовленные блоки распределяются между дегустаторами в произвольном порядке, а также одновременно или последовательно. Дегустаторам предлагается выбрать образец, отличающийся от контрольного.

Метод «А не А» используется для определения различий образцов, имеющих различный внешний вид или оставляющих различные послевкусы, что затрудняет непосредственное сравнение. Дегустатор предварительно знакомится со стандартным образцом, а затем идентифицирует стандартный и отличающийся от него образец в серии закодированных проб.

4.2.2. Методы с использованием шкал и категорий

Ранговый метод основан на сортировании образцов в порядке возрастания интенсивности аромата или его оттенка. Метод отличается быстротой и простотой исполнения. Недостатком является невозможность учета степени различий образцов. Результаты можно анализировать средствами непараметрической статистики.

Метод классифицирования используется для оценки серии образцов в целях распределения их в необходимом порядке в соответствии с заданными критериями. Затем полученные данные обрабатывают при помощи статистических методов. Классифицирование применяется для тестирования большого количества различных образцов. Данный метод рекомендуется для первичного отбора образцов и последующих испытаний с использованием других методик. Кроме того, этот метод позволяет определить влияние на продукт различных факторов, таких, как исходное сырье, технология производства, обработки, упаковки и хранения. Метод полезен при отборе, подготовке и контроле испытаний.

Метод с использованием шкал основан на составлении воспринимаемой интенсивности ощущений с некоторой шкалой. Она может быть числовой, нечисловой, структурированной и неструктурированной и иметь достаточное количество интервалов. После предварительного обсуждения руководителем тестирования и испытателями вопроса присвоения баллов контрольному образцу дегустаторы приступают к оценке характеристик образца с использованием предложенной шкалы. Результаты обрабатываются для получения среднестатистических данных. Метод надежен и воспроизводим.

Гедоническое шкалирование применяется для измерения относительной степени предпочтения: от «крайне не нравится» до «очень нравится». Метод прост и не требует обучения, однако очень субъективен. Применяется для маркетинговых исследований и ориентирован на оценку потребителей.

4.2.3. Описательные методы

Описательные методы (методы профильного анализа) можно разделить на методы, приводящие к единому описанию аромата продукта («метод согласия»), и методы, не требующие согласия («независимые методы»). Эти методы требуют идентификации воспринимаемых дескрипторов, определения их восприятия, оценки степени интенсивности дескрипторов, исследования послевкусия и оценки общего впечатления.

Методы профильного анализа являются наиболее сложными, особенно в сочетании с измерениями интенсивности во времени. Для их применения нужны дегустаторы, прошедшие предварительные квалификационные испытания.

Выбор методов зависит от цели исследования. Предварительный отбор проб осуществляют экспресс-методами. Выбор образцов, в наибольшей степени отвечающих поставленной задаче, проводят методами с использованием шкал и категорий, аналитическими и описательными методами с использованием статистической обработки результатов. Для проведения качественного органолептического анализа необходимо сочетание эффективной системы органолептического контроля, научно обоснованных количественных критериев оценки органолептических характеристик и подготовленных дегустаторов-экспертов.

4.3. ВИДЫ ДЕГУСТАЦИЙ

Перед проведением органолептической оценки продуктов проверяют их упаковку, маркировку, внешний вид. Правила и порядок проведения дегустационной оценки определяются соответствующими нормативными документами Системы ГОСТ Р, других ведомств и организаций.

В зависимости от целей и задач выделяют следующие виды дегустаций.

1. Рабочая дегустация осуществляется непосредственно в производственных помещениях технологами и работниками лабораторий технологического контроля. Такая дегустация проводится систематически на протяжении всего технологического цикла производства пищевых продуктов, позволяет заранее обнаружить и предупредить нарушения технологических параметров производства, предусмотреть возможность появления дефектов и пороков, правильно определить сроки технологической обработки продукта.

2. Производственная дегустация проводится группой специалистов данного предприятия при решении вопросов, связанных с оценкой пищевых продуктов (подготовка к утверждению новых видов, утверждение рецептур, отбор образцов на конкурс и т. п.). С этой целью на каждом предприятии создается производственная дегустационная комиссия из квалифицированных специалистов.

3. Экспертная, или арбитражная, дегустация проводится при решении спорных вопросов о качестве пищевых продуктов, а также специальных задач — определение соответствия того или иного образца конкретному виду продукта, его оценка по просьбе контролирующих организаций, при отборе образцов на международные конкурсы и т. д.

4. Конкурсная дегустация проводится на международных, государственных, тематических выставках и конкурсах с целью выявления лучших образцов пищевой продукции.

5. Коммерческая дегустация проводится при оптовых закупках, международных поставках, купле-продаже пищевой продукции. Основными оценщиками в данном случае являются покупатели.

6. Учебная дегустация проводится при обучении специалистов основам органолептического анализа в условиях переподготовки или повышения квалификации.

7. Показательная дегустация проводится для широкого круга людей, интересующихся качеством пищевых продуктов и их ассортиментом. На таких дегустациях участники имеют возможность не только попробовать пищевые продукты, но и узнать об их истории и производстве.

Все виды дегустаций, кроме рабочей, проводятся в специально оборудованных помещениях.

Органолептические методы делят на следующие группы.

1. **Визуальный метод.** С помощью зрения человек получает 70–80% информации. Этот метод основан на восприятии внешнего вида и/или цвета объекта с помощью зрения. Следует помнить, что есть люди с частичной или полной неспособностью различать цвета. Также важными являются острота зрения, зрительная память, наблюдательность, опыт.

Условия зрительной оценки существенно влияют на получаемые результаты. Освещенность должна быть умеренной. Очень яркий свет вызывает утомление глаз. При недостаточном освещении наблюдается изменение чувствительности глаз и восприятие цветов.

Органолептическую оценку цвета в ряде случаев можно заменить более точными и объективными методами: фотоколориметрическим и спектрофотометрическим.

2. **Осязательный метод.** Этот метод основан на восприятии с помощью тактильных ощущений. Особенно чувствительные рецепторы находятся на подушечках пальцев и в полости рта. Рецепторы осязания воспринимают различные ощущения: прикосновение, глубокое осязание мышц при сильном надавливании на продукт, давления, движения, тепла или холода.

Оценку консистенции проводят органолептически или с помощью различных приборов — вискозиметров, пенетрометров и др.

3. **Обонятельный метод.** Метод основан на восприятии запахов с помощью рецепторов обоняния. Применяется при оценке запаха или аромата продукта, или блюда. Восприятие запаха субъективно в отношении приятных и неприятных запахов. Чувствительность обоняния быстро притупляется. Есть люди, совершенно лишенные обоняния, другие — распознают не все запахи.

Учитывая сложность комплекса ароматообразующих веществ часто невозможно дать определенную характеристику запаха пищевых продуктов, и при органолептической оценке говорят о «запахе соответствующем продукту».

4. **Вкусовой метод.** Метод основан на восприятии вкуса с помощью вкусовых рецепторов. Так как вкус воспринимается вместе с запахом и осязанием, то для оценки этого комплекса введено понятие «вкусоности пищевого продукта».

5. **Аудиометод (акустический) метод.** Это метод, основанный на восприятии звуков органом слуха. Аудиометод в оценке пищевых продуктов имеет второстепенное значение и лишь дополняет ощущения от того или иного продукта. Так, у огурцов, капусты, яблок оценивают хруст, подчеркивающий упругость и твердость консистенции.

4.4. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЕРТАМ-ДЕГУСТАТОРАМ

Органолептическая оценка пищевых продуктов осуществляется комиссией экспертов-дегустаторов. Дегустационную комиссию формируют из числа лиц, прошедших проверку на сенсорную чувствительность. К экспертам предъявляют ряд требований: информированность, заинтересованность в результатах, деловитость, объективность, обладание сенсорными способностями.

Информированность эксперта должна распространяться на объект оценки качества (профессиональная информированность) и методологию оценки (квалиметрическая информированность).

Профессиональная информированность включает знание: истории развития оцениваемой продукции; изменения свойств и показателей качества; производства продукции; значений показателей качества различных ее модификаций, выпускаемых в Российской Федерации и за рубежом; перспектив развития продукции; научно-исследовательских работ и патентов; требований потребителей, условий и характера потребления.

Квалиметрическая информированность обеспечивает четкое понимание экспертом: подхода к оценке качества продукции; методов оценки качества, особенно экспертных методов; вопросов построения оценочных шкал.

Заинтересованность эксперта в результатах экспертизы зависит от: степени загруженности на основной работе; целей экспертизы; характера выводов; возможности использования результатов экспертизы; индивидуальных особенностей эксперта.

Деловитость эксперта — понятие, включающее: собранность, подвижное внимание, которое позволяет переключаться с оценки одного показателя на оценку другого; контактность — умение работать с людьми при решении задач в конфликтной ситуации; неконформизм — способность противостоять мнению большинства при уверенности в своей правоте; мотивированность выносимых оценок.

Объективность эксперта — способность учитывать только ту информацию, которая определяет удовлетворение данной продукцией. Необъективность заключается в занижении или завышении оценок по причинам, не имеющим отношения к оценке качества.

Сенсорные способности эксперта включают восприятие оттенков основных цветов, специфических запахов и вкусов. Пороговая чувствительность может меняться в зависимости от состояния здоровья, настроения, усталости, внимательности.

В экспертную группу включают высококвалифицированных специалистов по оцениваемой продукции. Желательно, чтобы эксперты занимались различными вопросами: разработкой, производством, продажей и т. п. Экспертная группа может быть сформирована из работников одного предприятия или разных. Количество экспертов определяется в зависимости от необходимой точности средних оценок, трудоемкости процедуры, возможностей организации. В группе должно быть не

менее 7–12 человек, при необходимости количество экспертов может быть увеличено до 15–20.

Для организационного оформления деятельности экспертной группы издается приказ или распоряжение. В нем прописывают цели проводимой работы, состав экспертной группы и указывают ее руководителя, сроки работы комиссии. Желательно, чтобы экспертная группа формировалась на длительный срок, так как в этом случае вырабатывается единый подход к оценке качества продукции, и повышается эффективность экспертизы.

К экспертам-дегустаторам предъявляются специальные требования: сенсорная чувствительность и ее проверка; способность различать основные виды вкуса, цвета, запаха и их оттенки.

К главному эксперту предъявляются те же требования, что и ко всем остальным. Кроме того, руководитель должен иметь опыт работы в качестве аттестованного эксперта не менее трех полных экспертных проверок; уметь организовывать экспертную проверку и руководить ею; обладать глубокими знаниями, необходимыми для проведения экспертных проверок.

Эксперт имеет право: знакомиться с необходимыми нормативными и техническими документами, проводить анализ этих документов; осматривать товарные партии; проводить отбор выборок и проб; направлять отобранные образцы на испытания в лабораторию, аттестованную для экспертной оценки; проводить экспертную оценку органолептически и доступными измерительными методами; проводить оценку состояния предприятия; при необходимости проверять соблюдение установленных требований к технологическим процессам производства, условиям и срокам хранения, транспортировки и реализации; опрашивать обслуживающий персонал торговых организаций и потребителей; проводить анализ результатов испытаний; выдавать заключения о качественном состоянии продуктов.

При проведении экспертизы эксперт обязан: соблюдать действующие законы, нормативные документы в области качества пищевых продуктов, природоохранных мероприятий, стандартизации, метрологии, сертификации, защиты прав потребителей; принимать участие в совместных экспертизах по требованию органов государственного управления; обеспечивать сохранность и целостность отобранных проб при направлении их на испытания; осуществлять компетентную оценку объектов экспертизы; проявлять объективность и независимость при проведении экспертизы; предоставлять аргументированные доказательства пра-

вильности сделанных оценок; соблюдать этические нормы; обеспечивать конфиденциальность полученной в результате анализа информации; противостоять попыткам оказания давления на него.

4.5. ТРЕБОВАНИЯ К ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Лаборатория органолептического анализа предназначена для проведения предварительной подготовки, хранения, кодирования, дегустации проб, статистической обработки результатов, мойки и сушки посуды и инвентаря. Рекомендуемая площадь помещения должна быть не менее 16 м², из которых 15–20 м² отводится для работы дегустаторов, а остальная площадь — для вспомогательных работ.

В лаборатории оборудуют индивидуальные рабочие места дегустаторов. Это могут быть отдельные кабины размером 4,0 × 1,2 м, специальные столы для сенсорных анализов, выполненные в виде трехстенных кабин, или ширмы. При отсутствии перегородок столы размещают один за другим; в дегустационных залах в виде буквы «П». Рабочее место председателя дегустационной комиссии располагается так, чтобы он мог видеть всех членов комиссии. Также в лаборатории должен быть письменный стол для оформления документов.

За рабочими столами дегустаторы сидят лицом к стене, а сзади им подносят исследуемые образцы и убирают использованную посуду.

На стол дегустатора помещают несколько проб продукции, посуду с питьевой водой для ополаскивания ротовой полости, посуду для отходов, бумагу для записей, салфетки, шпатели, оценочные дегустационные листы.

Рядом с помещением для проведения дегустаций должно быть предусмотрено подсобное помещение для предварительной подготовки, кодирования образцов продукта, хранения проб, мойки и хранения посуды и инвентаря. Подсобное помещение оснащают шкафами для хранения посуды, инвентаря и спецодежды, рабочими столами для подготовки проб, холодильниками для хранения продуктов, проб, эталонов цвета, запаха и вкуса, термостатами, посудой соответствующей вместимости и нержавеющей столовыми приборами. Используемая для испытаний посуда должна быть однородна по цвету, форме, изготовлена из фарфора, стекла или нержавеющей стали. Кроме того, в лаборатории должны быть весы с пределом взвешивания до 500 г, тер-

мометры, встряхиватели, дистилляторы, сушилка для сушки посуды и проб, пробоотборники, полотенца, мыло без запаха.

Органолептические исследования пищевых продуктов следует выполнять при дневном освещении, а поскольку оно меняется по сезонам и в течение дня, зависит от погоды, то окна лаборатории должны быть обращены на северную сторону. Площадь окон по отношению к площади пола должна составлять не менее 35%. Горизонтальная освещенность рабочего места дегустаторов должна составлять не менее 500 люкс. При недостаточном естественном освещении используют электрическое освещение лампами дневного света. Освещение лампами накаливания маскирует некоторые недостатки продуктов, например, окисление жиров.

Стены помещения окрашивают в белый или нежные пастельные тона. Это также способствует равномерному освещению.

В лаборатории не должно быть посторонних шумов и того, что может отвлекать внимание дегустаторов. Во время работы комиссии не допускаются посторонние разговоры.

В дегустационной лаборатории запрещается курить, не должно быть посторонних запахов, должно осуществляться кондиционирование воздуха. Оптимальная температура воздуха 18–20°C и влажность 70–80%.

4.6. ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕГУСТАЦИЙ

Оптимальным режимом работы дегустационной комиссии считается следующий:

- формулирование целей, задач и порядка работы комиссии; проводит председатель или организатор испытаний — 15 минут;
- работа дегустаторов — 30 минут;
- обсуждение результатов — 15 минут.

При подготовке образцов, для которых требуется разогрев или варка, следует четко соблюдать способ приготовления и подачи. Все образцы необходимо готовить в одинаковых условиях (тепловой режим, размеры кастрюль, количество воды, время варки, набор и количество добавок и т. п.).

Образцы продуктов и продукции необходимо подавать такой температуры, при которой она обычно употребляется в пищу. Стоит помнить, что пища основных вкусов воспринимается по-разному при разных температурах: сладкий вкус лучше воспринимается при темпе-

ратуре 37 °С, при 50 °С чувствительность к этому вкусу резко падает; для соленых проб оптимальная зона находится около 18 °С; горький вкус лучше всего ощущается при 10 °С; некоторые вкусовые ощущения исчезают при 0 °С.

Отбор проб производится в соответствии с нормативной документацией на каждый вид пищевых продуктов или кулинарной продукции. Проба жидких продуктов, предоставляемая на дегустацию, должна быть около 200 см³, твердых — около 100 г, чтобы обеспечить 2–3-кратное определение органолептических свойств.

Нормы расхода молочных продуктов на одного дегустатора, в граммах: молоко, кисломолочные продукты и напитки — 20; пасты, пудинги, десерты — 30; сливки — 15; сливочные напитки — 20; творог и творожные изделия — 20; полуфабрикаты из творога — 20; мороженое — 30; сгущенные молочные консервы, сметана — 15; сухие молочные продукты, масло из коровьего молока — 10; сыр всех видов — 30.

Пробы молока и молочных продуктов до начала анализа следует хранить при температуре 2–6 °С. Пробы мороженого — не выше –2 °С и анализировать не позднее, чем через 4 часа от отбора.

Отобранный образец перемешивают шпателем или путем 5-кратного переворачивания потребительской упаковки, после вскрытия в чистую и сухую чашку Петри (или стеклянный состав) вносят около ½ их объема. При наличии отстоя жира в пастеризованном (стерилизованном) молоке производят нагрев до температуры 30–34 °С на водяной бане.

Для оценки запаха и вкуса образец продукта предварительно нагревают на водяной бане в колбе с притертой пробкой до 80–90 °С, затем охлаждают до 35–39 °С.

Для определения запаха и вкуса йогурта 40 см³ помещают в пластиковую посуду без запаха и хранят 3–4 часа.

Для восстановления сгущенных (сухих) молочных продуктов навеску 40 г разводят водой с температурой 38–40 °С в стаканчике до 100 см³, тщательно растирая комочки. Полученную смесь оставляют на 10–15 минут для набухания белков. Температура исследуемых образцов должна быть 15–20 °С.

Отбор проб хлеба и хлебобулочных продуктов проводит специалист, который несет ответственность за правильность отбора проб, в соответствии с нормативной документацией. Размер пробы должен быть достаточным для проведения оценки по всем показателям качества. Для оценки внешнего вида продукт берется целиком, затем разрезается и аккуратно выкладывается на общее блюдо или на индивидуаль-

ные тарелки. Как правило, температура хлеба и хлебобулочных продуктов должна быть 18–20 °С.

Отбор проб мясных продуктов также производится в соответствии с нормативной документацией. Нормы расхода продуктов на одного дегустатора (в граммах): колбасы вареные, ливерные, кровяные, паштеты, сосиски, сардельки, хлеб колбасный — 35; зельцы, студни, продукты в желе — 40; колбасы варено-копченые, полукопченые, сырокопченые, сыровяленые, продукты из мяса сырокопченые и сыровяленые — 30; продукты из мяса вареные, копчено-вареные, копчено-запеченные, запеченные, жареные — 40; консервы детского питания — 25; сублимированные продукты, сухие бульоны — 15; консервы, полуфабрикаты — 40; продукты из шпика — 10; быстрозамороженные готовые блюда — с гарниром /без гарнира — 50/40, пирожки — 75; блинчики с различными начинками — 80.

Правила и порядок дегустационной оценки

Время дегустации выбирают исходя из физиологических требований: дегустатор не должен быть голоден, но после последнего приема пищи должно пройти достаточное количество времени, чтобы дегустируемый продукт не вызывал негативной реакции или пресыщение. Оптимальное время для дегустаций — 10–11 или 14–15 часов.

Дегустатор в момент проведения дегустации должен быть здоров, за час до анализа следует воздержаться от крепкого кофе, курения, любых пищевых продуктов, способных повлиять на результаты оценки продукта. Запрещается пользоваться любыми парфюмерными или косметическими средствами.

Регламент проведения дегустации определяет председатель дегустационной комиссии. Каждый дегустатор должен быть осведомлен о целях, методе анализа, балльной шкале, выбранной для дегустации. На дегустации нельзя обмениваться мнениями по поводу оцениваемых продуктов до сдачи дегустационных листов председателю.

При подготовке образцов к дегустации их следует группировать так, чтобы избежать субъективизма. Обстановка во время проведения анализа должна обеспечивать максимальную сосредоточенность экспертов, исключать внешние воздействия.

При проведении испытаний органолептические показатели оценивают в определенной последовательности: внешний вид, цвет, запах, консистенция и вкус.

Образцы продуктов следует подавать дегустаторам под кодами, значение которых известно только организатору испытаний. При кодировании образцов рекомендуется использовать произвольные трехзначные числа, так как первый (1 или буква А) производит впечатление лучшего.

Порядок подачи образцов должен быть произвольным, случайным и различным для всех членов дегустационной комиссии. Нельзя подавать образцы от худшего к лучшему, или лучший перед худшим.

Каждый член дегустационной комиссии индивидуально записывает свою оценку о качестве образца в дегустационный лист установленного образца по соответствующей для каждого продукта балльной системе, который по окончании работы передается председателю или секретарю комиссии. Если расхождения между оценками дегустаторов превышают 1 балл, то пробу анализируют повторно.

Органолептическая оценка молочных продуктов проводится закрытым способом, представляют от продуктов со слабовыраженным запахом и вкусом до наиболее выраженных. Вначале дегустируют молоко и сливки, затем кисломолочные напитки, творог, сметана, мороженое, сгущенное молоко с сахаром. При несоответствии внешнего вида, цвета и консистенции продукта требованиям стандартов дальнейшую оценку проводить нецелесообразно.

Хлеб и хлебобулочные изделия представляют на дегустацию в зависимости от степени выраженности вкуса и аромата. Сначала оценивают изделия с тонким или слабовыраженным ароматом, менее сладкие, с меньшей кислотностью мякиша, затем изделия с умеренными свойствами, после этого — с сильно выраженным ароматом и высокой кислотностью или сладкие. Дегустационную оценку проводят сначала целого, а затем разрезанного изделия.

При оценке целого изделия определяют массу, внешний вид, форму, цвет и степень окрашенности поверхности корки, толщину корки. Для разрезанного изделия оценивают вкус, запах, состояние мякиша по пористости, эластичности, свежести, пропеченности и наличию или отсутствию хруста от минеральных примесей.

Показатели качества мясных продуктов определяют сначала на целом (неразрезанном), а затем на разрезанном продукте. Оценку мясных консервов проводят после получения удовлетворительных результатов микробиологического анализа. Консервы анализируют в разогретом или охлажденном виде, в зависимости от способа употребления продукта. При оценке консервов, употребляемых в горячем виде, после внешнего осмотра закрытую банку погружают в спокойно кипящую

воду на 20–30 минут. Разогретые консервы сразу же подают на органолептическую оценку.

Оценку полуфабрикатов из теста с начинкой замороженных (пельмени, манты, хинкали, чебуреки) проводят в жареном или вареном виде, остывание не допускается.

Допускается применение специальных приборов для проведения объективной сенсорной оценки. Среднюю балльную оценку органолептических характеристик определяют, как среднее арифметическое оценок всех дегустаторов с точностью до десятых. Затем балльные оценки, отличающиеся от среднего арифметического более чем на 0,3, отбрасывают. Из оставшегося количества балльных оценок повторно рассчитывают среднее арифметическое, которое является окончательной средней оценкой данного образца.

Решения дегустационной комиссии оформляются протоколами или другими документами установленного образца и доводятся до членов комиссии и заявителя. В протоколах указывают дату и место проведения дегустации; состав комиссии; цель дегустации; ассортимент и характеристику продукции; качественную характеристику (недостатки и достоинства) и балльную оценку изделий или продуктов; принятое решение, рекомендации, подписи председателя и секретаря комиссии.

В производственной сфере работают дегустационные комиссии нескольких уровней. Систематический контроль над качеством продукции осуществляют комиссии предприятий, назначаемые руководителем. В состав такой комиссии входят, как правило, главный инженер, начальник отдела технического контроля, главный технолог, санитарный врач. Дегустационные комиссии производственных объединений осуществляют выборочный контроль качества продукции, выпускаемой предприятием; оценивают новые виды продукции при внедрении новых технологий; контролируют качество партий продуктов, предназначенных для поставки на экспорт, выставки, конкурсы, а также поступающей по импорту; рассматривают спорные вопросы жалоб потребителей, торговых и других организаций.

В пищевых отраслях при министерствах и ведомствах действуют центральные дегустационные советы, которые осуществляют выборочный контроль качества продукции предприятий отрасли, утверждают продукты нового ассортимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ауэрман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства: учебник для вузов по специальности «Технология хлеба, мучных кондитерских и макаронных изделий» / Л. Я. Ауэрман; под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб.: Профессия, 2005. — 414 с.
2. *Барбой В. А.* Растительные фенольные соединения и здоровье человека. — М.: Наука, 1984. — 160 с.
3. *Богомолов А. В., Перцевой Ф. В.* Переработка продукции растительного и животного происхождения. — СПб.: ГИОРД, 2001. — 336 с.
4. *Бронштейн А. И.* Вкус и обоняние. — Москва—Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1950. — 307 с.
5. *Василинец И. М.* Методы исследования свойств сырья и продуктов питания: Учебное пособие. — СПб., 2002.
6. *Винникова Л. Г.* Технология мяса и мясных продуктов. — «Фирма» Инкос», 2006.
7. *Галстян А. Г.* Каротиноиды: общие положения. — М., 2005.
8. *Грандберг И. И.* Органическая химия: Учеб. для студ. вузов, обучающихся по агроном. спец. — 6-е изд. — М.: Дрофа, 2004. — 672 с.
9. *Запромтов М. Н.* Основы химии фенольных соединений. — М.: Высшая школа, 1974. — 231 с.
10. *Захарова И. Н., Боровик Т. Э., Дмитриева Ю. А., Свинцицкая В. И., Звонкова Н. Г., Гордеева Е. А.* Физиология системы вкуса. Роль продуктов прикорма в формировании вкусовых предпочтений ребенка. Учебное пособие. — М.: ГБОУ ДПО «РМАПО», 2013. — 45 с.
11. *Кайм Г.* Технология переработки мяса. Немецкая практика / Кайм Г.: пер. с нем. Г. В. Соловьевой, А. А. Куреленкова. — СПб.: Профессия, 2006. — 488 с.
12. *Кецелашвили Д. В.* Технология мяса и мясных продуктов. Ч. 2. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004.
13. *Киселева О. А.* Вкус и аромат хлеба: как их правильно определять // Продукты и ингредиенты. — 2009. — С. 26–28.
14. *Курко В. И.* Методы исследования процесса копчения и копченых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 191 с.

15. Куцакова В. Е., Бараненко А. В., Бурова Т. Е., Кременевская М. И. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: в 3 кн. / В. Е. Куцакова [и др.]. — Часть III. Биохимические и физико-химические основы. — СПб.: ГИОРД, 2011. — 272 с.
16. Лебедева Т. С., Сытник К. М. Пигменты растительного мира. — Киев: Наукова думка, 1986. — 88 с.
17. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3 т. — М.: Мир, 1985. — 974 с.
18. Мезенова О. Я. Научные основы и технология производства копченых продуктов. — Калининград: КГТУ, 1997. — 133 с.
19. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. и др. Пищевая химия. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 640 с.
20. Никифорова Т. А., Меледина Т. В., Иванченко О. Б. Пищевые добавки и ароматизаторы. Физико-химические и функционально-технологические свойства: Учебное пособие. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. — 216 с.
21. Плотникова Т. В., Позняковский В. М., Ларина Т. В., Елисеева Л. Г. Экспертиза свежих плодов и овощей: Учебное пособие. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2001. — 302 с.
22. Позняковский В. М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность: Учеб.-справ. пособие. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 526 с.
23. Позняковский В. М., Рязанова О. А., Каленик Т. К., Дацун В. М. Экспертиза рыбы, рыбопродуктов и нерыбных объектов промысла. Качество и безопасность: Учеб.-справ. пособие. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 311 с.
24. Рихтер А. А. Аромат плодов сортов абрикоса контрастно различающихся по содержанию каротиноидов. / Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада — Симферополь: Таврия, 2014. — С. 34–40.
25. Рогов И. А., Забашта А. Г., Ибрагимов Р. М., Забашта Л. Л. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд. — М.: Колос, 1997. — 335 с.
26. Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П. Общая технология мяса и мясопродуктов. — М.: Колос, 2000. — 367 с.
27. Роте М. Аромат хлеба / пер. с нем Н. Г. Еникеевой и Э. Я. Вейцель; под ред. Л. Я. Ауэрмана. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 238 с.
28. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Л. А. Сарафанова. — СПб.: Профессия, 2007. — 256 с.
29. Скрипников Ю. Г. Технология переработки плодов и ягод. — М.: Агропромиздат, 1988. — 287 с.
30. Скурихин И. М., Нечаев А. П. Все о пище с точки зрения химика. — М.: Высшая школа, 1991. — 286 с.

31. *Софронова Т. М., Богданов В. Д.* Технология комплексной переработки гидробионтов. Учебное пособие. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. — 512 с.
32. *Тутельян В. А., Суханов Б. П., Австриевский А. Н., Поздняковский В. М.* Биологически активные добавки в питании человека. — Томск: Изд-во научно-технической литературы, 1999. — 294 с.
33. *Фейнер Г.* Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации / Г. Фейнер. — Пер. с англ. Н. В. Магды, науч. ред. проф. чл.-кор. Международной академии информатизации при ООН В. Г. Проселков, канд. техн. наук Г. И. Проселкова. — СПб.: Профессия, 2010. — 720 с.
34. *Цоциашвили И. И., Бокучава М. А.* Химия и технология чая. — М.: Агропромиздат, 1989. — 391 с.
35. *Щербаков В. Г., Лобанов В. Г., Прудникова Т. Н.* и др. Биохимия растительного сырья / Под ред. В. Г. Щербакова. — М.: Колос, 1999. — 376 с.

Баженова Ирина Анатольевна
Бурова Татьяна Евгеньевна
Баженова Татьяна Сергеевна

ХИМИЯ ВКУСА, ЦВЕТА И АРОМАТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Учебное издание

Руководитель проекта
Художественный редактор
Верстка
Корректор

*В. Лаврова
В. Засеева
Т. Петрова
В. Макосий*

Подписано в печать 25.11.19
Формат 60 × 88/16. Бумага офсетная
Гарнитура «Ньютон». Печать офсетная.
Усл. п. л. 10. Тираж 100. ООО «ИТК Троицкий мост»
E-mail: info@trmost.com Internet: www.trmost.com
Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Лесник-Принт»
199026, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, д. 37.