

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Южно-Уральский государственный университет  
Кафедра «Пищевые и биотехнологии»

И.Ю. Потороко

**СЕНСОРНАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ ВИДОВ  
БИОПРОДУКЦИИ МЕТОДАМИ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА**

**Часть 1 Теоретические основы сенсорного анализа**

Учебное пособие

Челябинск

2021

3

**Потороко, И.Ю.**

П644      Сенсорная оценка новых видов биопродукции методами искусственного интеллекта. Часть 1 Теоретические основы сенсорного анализа / И. Ю. Потороко

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 19.04.01 Биотехнология

## ВВЕДЕНИЕ

Приоритетным направлением развития экономики страны является насыщение внутреннего рынка экологически чистой продукцией, а биотехнологическая промышленность в решении данной проблемы занимает лидирующие позиции в структуре производства.

В ближайшие годы Россия сможет заявить о себе не только как крупный покупатель, но и как перспективный экспортер некоторых видов биопродукции и уже в ближайшее время значительно расширить поставки на внешний рынок новых видов экобиопродукции.

В технологиях получения функциональной продукции существуют проблемы, обусловленные высокой вариативностью исходного сырья, проблемами достаточности квалифицированных кадров в сферах промышленных биотехнологий.

Развитие сенсорных методов новых видов биопродукции с использованием методов искусственного интеллекта станет действенным инструментом для гарантированной производства.

Профессиональные знания в области промышленных экобиотехнологий обеспечивают высокий уровень аналитических методических разработок описательного характера, используя главным образом систему «компьютерного зрения» для оценки эффективности процессов которых очевидна при сенсорных испытаниях продуктов со сложным составом и широкой гаммой свойств.

## 1. СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКЦИИ

### 1.1. КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Сенсорная анализ, проводимый с помощью органов чувств человека, наиболее древний и широко распространенный способ определения качества пищевых продуктов. Современные методы лабораторного анализа более сложны и трудоемки по сравнению с органолептической оценкой и позволяют характеризовать частные признаки качества. Методы сенсорного анализа быстро, объективно и надежно дают общую оценку качества продукции, позволяют оперативно и целенаправленно воздействовать на все стадии производств.

В зарубежной и отечественной литературе термины «сенсорный, или органолептический, анализ» часто применяются как равнозначные. При современном уровне развития науки необходимо разделить эти понятия.

Сенсорный анализ – исследование с целью оценки органолептических характеристик продукта с помощью органов чувств. Термин «сенсорный» также обозначает чувствующий и происходит от латинского слова *sensus* (чувство, ощущение). В зарубежной литературе преимущественно распространен термин «сенсорный». Понятие сенсорный анализ рекомендуется применять относительно органов чувств человека, к опыту человека (сенсорной памяти).

Термин «органолептический» происходит от греческих слов *organon* (орудие, инструмент, орган) и означает выявляемый с помощью органов чувств. Органолептический анализ основан на применении научно обоснованных методов и условий, гарантирующих точность и воспроизводимость результатов.

Развитие науки происходит на стыке психологии, физиологии, математики, биохимии и ряда других наук. Наука оценивания качества биологических объектов по вкусовым свойствам имеет свои традиции и историю.

Впервые школа сенсорики сформировалась в США в 30-е годы прошлого столетия. В 1945 году в Бостоне была открыта частная школа по подготовке дегустаторов для фирм, производящих пищевую продукцию. Во Франции методы сенсорного анализа разрабатываются при Институте биологических проблем питания и пищевой промышленности. В России отбор и обучение дегустаторов начаты в 1933 году при Московском институте народного хозяйства им. Г.В. Плеханова. Необходимость «психотехнического» отбора дегустаторов для оценки качества продовольственных товаров была обоснована профессором кафедры товароведения В.С. Грюнером.

В России первые опыты по улучшению вкусовой чувствительности дегустаторов проведены Е.П. Барышевой в 1924 году, а тренировки обоня-

тельного анализатора дегустаторов – И.М. Кисилевским в 1931 году. Понятие о сенсорном минимуме ввел Д.Е. Тильгнер в 1957 году. В Англии обучать дегустаторов начали со второй половины прошлого века. Эти исследования до сих пор координирует Британский институт стандартов (BSI – British Standards Institution).

Разработана обширная база нормативной документации в области сенсорного анализа, которая позволяет сформировать профессиональные компетенции.

ISO 3591:1977 Сенсорный анализ. Аппаратура. Бокалы стеклянные для дегустации вина.

ISO 3972:2011 Сенсорный анализ. Методология. Метод исследования чувствительности вкуса.

ISO 3972:2011/Cor 1:2012 Сенсорный анализ. Методология. Метод исследования чувствительности вкуса. Техническая поправка 1.

ISO 4120:2004 Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника.

ISO 4121:2003 Органолептический анализ. Руководящие указания по применению шкалы количественных результатов.

ISO 5492:2008 Органолептический анализ. Словарь.

ISO 5495:2005 Сенсорный анализ. Методология. Метод парного сравнения.

ISO 5495:2005/Cor 1:2006 Сенсорный анализ. Методология. Парные сравнения. Техническая поправка 1.

ISO 5496:2006 Анализ сенсорный. Методология. Начальное обучение и тренировки дегустаторов по обнаружению и распознаванию запахов.

ISO 5497:1982 Органолептический анализ. Методология. Руководство по приготовлению проб, для которых невыполним прямой органолептический анализ.

ISO 6658:2005 Сенсорный анализ. Методология. Общее руководство.

ISO/NP 6658 Sensory analysis – Methodology – General guidance.

Сенсорный анализ. Общие руководящие указания по отбору, обучению и контролю за работой отобранных испытателей и экспертов-испытателей в области сенсорного анализа.

ISO 8587:2006 Сенсорный анализ. Методология. Ранжирование.

ISO 8587:2006/Amd 1:2013 Сенсорный анализ. Методология. Ранжирование. Изменение 1.

ISO/WD 8588 Sensory analysis – Methodology – «A» – «not A» test.

ISO 8588:1987 Органолептический анализ. Методология. Испытание А – не А.

ISO 8589:2007 Сенсорный анализ. Руководство по проектированию помещений для исследований.

ISO 10399:2004 Органолептический анализ. Методология. Оценка двух образцов из трех (метод «Дуо-трио»).

ISO 11035:1994 Органолептический анализ. Идентификация и выбор дескрипторов для установления органолептических свойств при многостороннем подходе.

ISO 11036:1994 Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры.

ISO 11037:2011 Сенсорный анализ. Руководящие указания по сенсорной оценке цвета пищевых продуктов.

ISO 11056:1999 Органолептический анализ. Методология. Метод оценки значений.

ISO 11056:1999/Amd 1:2013 Органолептический анализ. Методология. Метод оценки значений. Изменение 1.

ISO 11132:2012 Органолептический анализ. Методология. Руководящие указания по мониторингу результативности работы группы по количественному анализу.

ISO/FDIS 11136 Sensory analysis – Methodology – General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area.

ISO 13299:2003 Сенсорный анализ. Методология. Общее руководство по разработке сенсорного профиля

ISO/CD 13299 Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile.

ISO 13300-1:2006 Сенсорный анализ. Общее руководство для штатного персонала лаборатории сенсорной оценки. Часть 1. Ответственность штатного персонала.

ISO 13300-2:2006 Сенсорный анализ. Общее руководство для штатного персонала лаборатории сенсорной оценки. Часть 2. Набор и обучение руководителей групп.

ISO 13301:2002 Анализ сенсорный. Методология. Общее руководство по измерению порога ощущения запаха, вкуса и аромата методом трехальтернативного принудительного выбора (3-AFC).

ISO 13302:2003 Сенсорный анализ. Методы оценки изменения флейво-ра пищевых продуктов за счет упаковки.

ISO 16657:2006 Сенсорный анализ. Аппаратура. Стекло-ый стакан для дегустации оливкового масла.

ISO/DIS 16779 Sensory analysis – Assessment (determination and verification) of the shelf life of foodstuffs.

ISO 16820:2004 Сенсорный анализ. Методология. Последовательный анализ.

В 1990 году Комиссией при Комитете научно-технической терминологии Академии наук были опубликованы 78 терминов (научно-нормативной терминологии), включающие общие понятия методов сенсорной оценки.

Профессиональные знания в области экспертизы биотехнологических производств обеспечивают высокий уровень аналитических методических разработок описательного характера, используя главным образом систему баллов и профильный анализ, эффективность которых очевидна при сенсорных испытаниях продуктов со сложным составом и широкой гаммой свойств.

Перспективность применения методов искусственного интеллекта в данной области деятельности, минимизирует риски субъективизма, позволит вести технологические процессы нужной направленности с гарантиями для конечного продукта.

## **1.2. НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ПРИ ПОМОЩИ ОРГАНОВ ЧУВСТВ**

«Сенсорно оценивать – значит, внимательно изучать продукт, подвергать его испытанию органами чувств, пытаясь познать, выявить и выразить достоинства и недостатки. Это исследование, анализ, описание, оценка и классификация», – именно так известный ученый-этнолог Жан Риберо-Гейон, охарактеризовал мастерство снятия пробы. Для постижения этого искусства необходимо потратить не один год усердной учебы и работы.

На рис. 1 представлена схема взаимоотношений сенсорных показателей, характеризующих продукт во взаимосвязи с органами чувств, используемых для их определения.

В процессе эволюции у человека сформировались основные одиннадцать видов ощущений, обеспечивающих целостное отражение мира и оптимальную адаптацию – это зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные, осязательные, температурные, двигательные, или кинестетические, вестибулярные, или равновесия, вибрационные, болевые, органические (интероцептивные). Модальность – основная особенность данного вида ощущений, отличающая его от других видов

В каждой модальности отражаются разнообразные качества, так, например, в зрительной представлены такие качества, как яркость, контраст, в слуховой – высота, тембр, громкость звука. Соотношение модальности и качества основных видов ощущений представлено в табл. 1.

С помощью зрения определяют внешний вид – общее зрительное ощущение, производимое продуктом; форму – геометрические свойства (пропорции) продукта; цвет – впечатление, вызванное световым импульсом, определенное доминирующей длиной световой волны и интенсивностью; блеск – способность продукта отражать большую часть лучей, падающих на поверхность, в зависимости от ее гладкости; прозрачность –

свойство жидких продуктов, зависящее от степени пропускания света через слой жидкости определенной толщины.

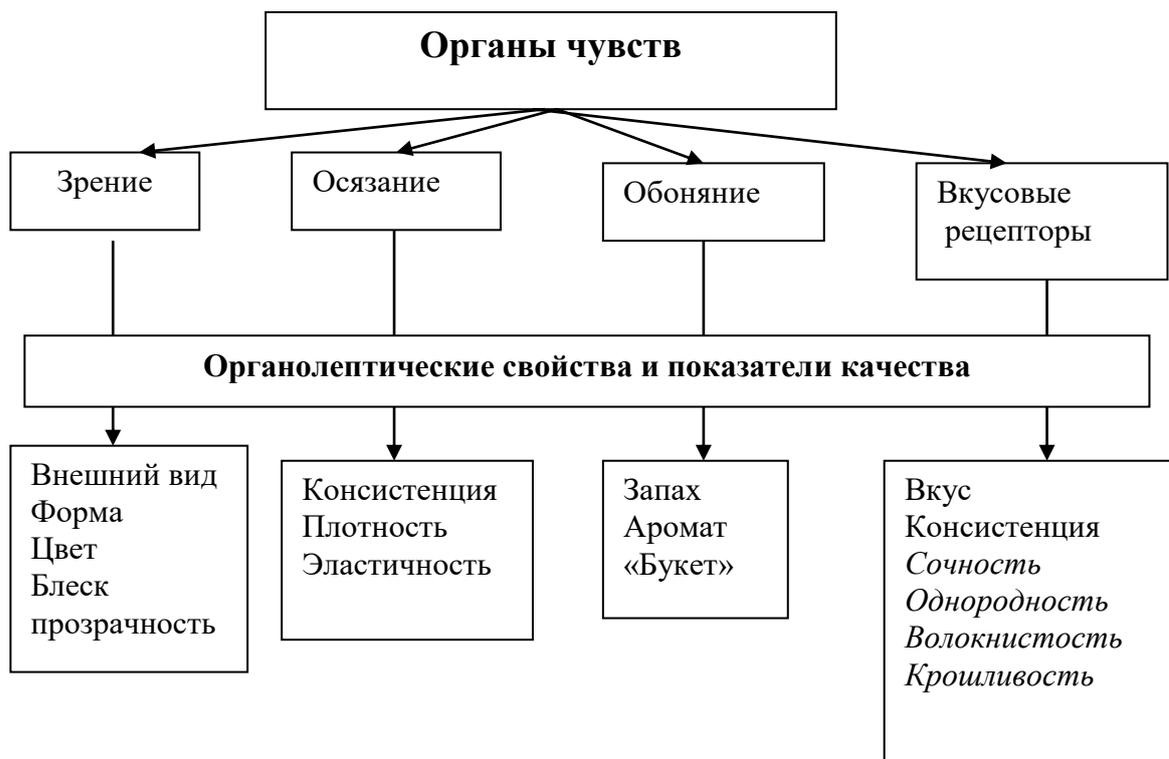


Рис. 1. Органы чувств применяемые в органолептической оценке качества

Таблица 1

Соотношение модальности и качества ощущений

<i><b>Модальность</b></i>	<i><b>Чувствительный орган</b></i>	<i><b>Качество</b></i>	<i><b>Рецепторы</b></i>
Зрение	Сетчатка	Яркость, контрастность, движение, размеры, цвет	Палочки и колбочки
Слух	Улитка	Высота, тембр, громкость	Волосковые клетки
Осязание	Кожа	Давление Вибрация	Окончания Руффини Диски Меркеля Тельца Пачини
Вкус	Язык	Сладкий и кислый вкус Горький и соленый вкус	Вкусовые сосочки на кончике языка Вкусовые сосочки у основания языка
Обоняние	Обонятельные нервы	Цветочный запах Фруктовый запах Мускусный запах Пикантный запах	Обонятельные рецепторы

Показатели качества продукта, оцениваемые с помощью глубокого **осязания** (нажима): консистенция – характеристика текстуры, отражающая совокупность геологических свойств пищевых продуктов; плотность – свойство сопротивления продукта, возникающее при нажиме; эластичность – способность продукта возвращать первоначальную форму после прекращения нажима, не превышающего критической величины (предела эластичности); упругость – характеристика текстуры, обусловленная скоростью и степенью восстановления исходных размеров продукта после прекращения деформирующего воздействия; липкость – способность текстуры, обусловленная усилением, необходимым для преодоления силы притяжения между поверхностью продукта и языком, нёбом, зубами или руками; пластичность – свойство текстуры не разрушаться в процессе, и после прекращения деформирующего воздействия; хрупкость – свойство текстуры разрушаться при небольших резких деформациях.

Показатели качества продукта, определяемые **обонянием**: запах – ощущение, возникающее при возбуждении рецепторов обоняния, определяемое качественно и количественно; аромат – приятный гармонический запах, характерный для данного пищевого продукта (ординарного вина, чая, напитков, фруктов, специй); «букет» – приятный развивающийся запах, формирующийся под влиянием сложных процессов, происходящих во время созревания, брожения и ферментации (например, «букет» выдержанного вина).

С помощью **вкусовых рецепторов** (органов чувств в полости рта) определяют следующие параметры качества товара: сочность – впечатление осязания, производимое соками продукта во время разжевывания (например, продукт сочный, малосочный, суховатый, сухой); однородность – впечатление осязания, производимое размерами частиц продукта (однородность шоколадной массы, конфетных начинок); консистенция – осязание, воспринимающее густоту, клейкость продукта, силу нажима; она чувствуется при распределении продукта на языке (консистенция жидкая, сиропообразная, густая, плотная); волокнистость – впечатление, вызываемое волокнами, оказывающими сопротивление при разжевывании продукта, которое можно ощущать качественно и количественно (например, мясо с тонкими волокнами); крошливость – свойство твердого продукта крошиться при раскусывании и разжевывании, обусловленное слабой степенью сцепления между частицами; нежность – условный термин, оценивается как сопротивление, которое оказывает продукт при разжевывании (например, мягкое яблоко, хрустящий огурец, нежное мясо); терпкость – ощущение осязания, вызванное тем, что внутренняя поверхность полости рта стягивается и при этом появляется сухость во рту; вкус-ощущение, возникающее при возбуждении

рецепторов и определяемое как качественно (сладкий, соленый, кислый, горький), так и количественно (интенсивность вкуса); флевор (флейвор), или вкусность, – комплексное ощущение вкуса, запаха и осязания при распределении продукта в полости рта – определяется качественно и количественно.

### **Контрольные вопросы**

1. Роль сенсорики оценке качества и свойств продукта.
2. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие науки сенсорной оценки.
3. Дайте определение ощущений и укажите, какие компоненты нервной системы принимают участие в сенсорном информационном пространстве?
4. Перечислите основные характеристики ощущений?

## 2. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕНСОРИКИ

Под сенсорной организацией понимается характерный для индивида уровень развития отдельных систем чувствительности и способ их объединения в комплексы. Главная особенность сенсорной организации человека, что она складывается в результате всего его жизненного пути. Чувствительность человека дана ему при рождении, но развитие ее зависит от обстоятельств, желания и усилий самого человека.

Сенсорная организация человека – этот термин впервые был предложен Ананьевым в 1960 г. По мнению ученого, сенсорная организация относится к наиболее важным проявлениям исторической природы человека и к коренным феноменам жизнедеятельности, связанным с глубинными слоями структуры человеческого развития и личности.

Сенсорные системы человека – это его органы чувств, как бы приемники его ощущений, в которых происходит преобразование ощущения в восприятие (рис. 5).

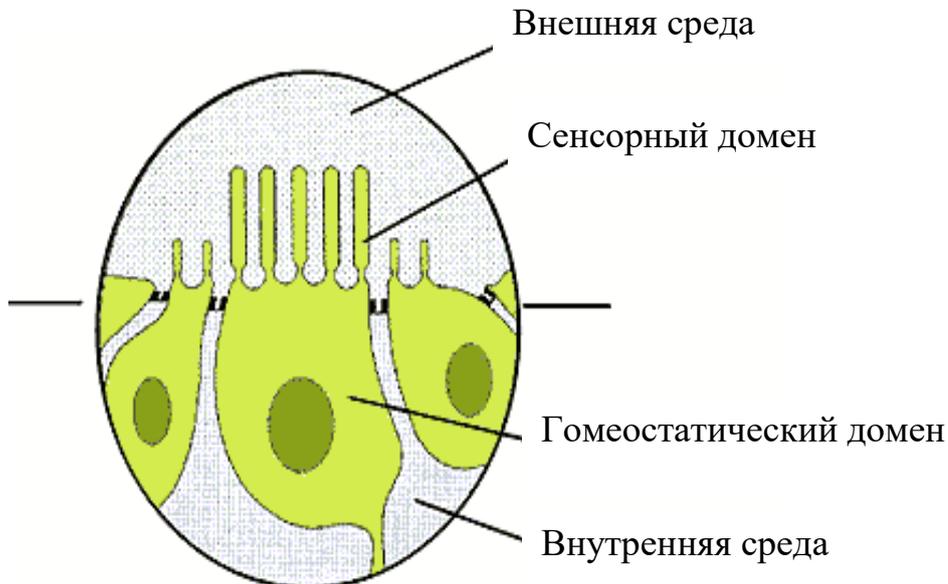


Рис. 5. Сенсорная клетка с двумя доменами  
(сенсорный домен, обращенный во внешнюю среду,  
гомеостатический, погруженный во внутреннюю среду организма)

Очевидно, что в сенсорных системах человека происходит первичный познавательный процесс и уже на его основе возникают более сложные по своей структуре познавательные процессы: восприятие, представление, память, мышление. Психофизиологические сенсорные анализаторы дегустаторов служат объектами исследования психологов и специалистов в области физиологии человека. В структуру сенсорной организации включается система постоянных межанализаторных связей, общий состав чув-

ственного отражения. Определяющими для формирования сенсорной организации являются среда обитания, образ жизни и способ жизнедеятельности. Эти факторы обуславливают соотношение видов рецепции в данной сенсорной организации, определяют ее ядро, то есть группы анализаторов, специфичные для данной среды обитания. У человека – индивидуальными особенностями, прежде всего характеристиками чувствительности, а также особенностями деятельности. В связи с этим, необходимо выделить такое свойство сенсорной организации, как сенситивность – уровень чувствительности анализаторов. Уровень сенситивности и ведущие анализаторные системы определяют индивидуальные особенности человека.

Сенсорные анализаторы человека состоят из:

- приемных органов (глаз, носа, языка, ушей), в которых происходят превращения воздействия света, запаха, вкуса, звука в нервные импульсы;
- нервов, проводящих в кору мозга импульсы, воспринятые чувствительными рецепторами в органах чувств;
- групп нервных клеток в центрах коры мозга, где происходит психологический анализ импульсов, позволяющий различать цвета, запахи, вкус, консистенцию, звуки.

## **2.1. Органы чувств и факторы визуальных ощущений**

Ощущение – это отражение отдельных свойств предметов и явлений при непосредственном действии раздражителей на органы чувств. В ощущениях человеку открываются цвета и звучания, ароматы и вкус, вес, тепло или холод вещей, которые ее окружают. Кроме того, ощущения дают информацию об изменениях в собственном теле: человек чувствует нарушение в функционировании внутренних органов, положение и движение своего тела и отдельных его частей. Ощущение как образы, отражающие отдельные свойства предметов, возникают во время деятельности любых органов

На протяжении последнего столетия неоднократно предпринимались попытки классификации, упорядочения всего многообразия ощущений. Известна, например, классификация ощущений Вундта, который предложил разделить ощущения на 3 группы, в зависимости от того, какие преимущественно характеристики внешней среды отражаются: пространственные, временные, пространственно-временные. Ухтомский предложил разделить все ощущения на 2 группы: высшие и низшие. К высшим он относил те виды ощущений, которые дают наиболее тонкий разнообразный, дифференцированный анализ, например, зрительные, слуховые. К низшим – такие виды ощущений, которые характеризуются более грубой, менее дифференцированной чувствительностью (например, болевая, тактильная).

Однако наиболее общепринятой является в настоящее время классификация Шеррингтона, в основу которой положен «принцип отнесенности

рецепторного органа к рецепторному полю», то есть учитывается место расположения рецептора и местонахождение источника раздражения. В соответствии с этим все ощущения делятся на 3 группы.

Первая группа *экстерорецепторы* – рецепторы внешней среды. Деятельность этих рецепторов направлена на распознавание воздействий внешнего мира, что имеет первостепенное значение для отражения в сознании человека объективной действительности. К этой группе относятся зрение, слух, обоняние, вкус, тактильные, температурные, болевые ощущения.

Вторая группа рецепторов носит название *проприорецепторов* и включает в себя органы чувств, отражающие движение и положение тела в пространстве. Она включает мышечно-суставные, или кинестетические, вибрационные, вестибулярные (ощущения равновесия и ускорения).

Третья группа включает рецепторы, расположенные во внутренних органах, носит название *интерорецепторов*. По характеру стимуляции все рецепторы внутренних органов независимо от их локализации делятся на несколько видов: хеморецепторы, терморецепторы, болевые рецепторы и механорецепторы, отражающие изменение давления во внутренних органах и кровяном русле. Механорецепторы принимают участие в формировании ощущений тяжести и положения тела в пространстве. Пороги органической чувствительности изучены недостаточно, известно лишь, что условием возникновения органических ощущений является переход организма от одного состояния в другое (Ананьев). Ощущения, идущие из внутренних органов, в норме человеком не осознаются, но предстают в сознании в виде общего самочувствия, ощущения здоровья или болезни, «смутного валового чувства» (Сеченов). Этот общий фон самочувствия создает органическую основу настроения человека.

Физиологическим механизмом ощущений является деятельность нервных аппаратов – **анализаторов**, состоящих из 3 частей:

- **рецептор** – воспринимающая часть анализатора (осуществляет преобразование внешней энергии в нервный процесс);
- **центральный отдел анализатора** – афферентные или чувствительные нервы;
- **корковые отделы анализатора**, в которых происходит переработка нервных импульсов.

На рис. 6 показано дифференцирование центров восприятия в коре головного мозга.

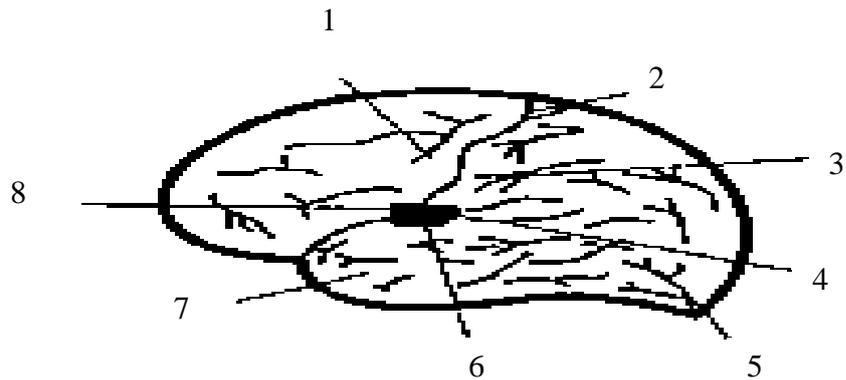


Рис. 6. Дифференцирование главных центров в коре головного мозга человека: 1 – двигательный центр, 2 – центральная бороздка, 3 – центр осязания, 4 – вкусовой центр, 5 – зрительный центр, 6 – слуховой центр, 7 – центр обоняния, 8 – жевательный центр

Определенным рецепторам соответствуют свои участки корковых клеток. Впечатления, воздействующие на рецепторы органов чувств, передаются через чувствительные нервы в головной мозг, который воспринимает получаемую информацию и идентифицирует ее (возникают ощущения).

В этом случае нервные центры вырабатывают ответный сигнал, который поступает по двигательным нервам в различные органы для его исполнения.

С целью оценки правильности функционирования сенсорных анализаторов, например зрения, обоняния, органа вкуса разработаны аналитические методы, позволяющие с высокой точностью определять способность различать цвет, запахи, виды и интенсивность вкуса, дифференцировать сенсорные ощущения.

По данным ученых, сенсорные реакции для отдельных органов чувств человека различаются во времени и составляют в секундах: для зрения 0,013 – 0,045; слуха 0,0127 – 0,0215; осязания 0,0024 – 0,0089; органа вкуса 0,0015 – 0,0040.

Продолжительность времени, в течение которого, сохраняется впечатление от воздействия импульса, также неодинакова для разных органов чувств. Например, зрительные ощущения сохраняются значительно дольше, даже если закрыть глаза или отвернуться от исследуемого объекта, а орган обоняния перестает чувствовать запах, если удалить его источник. При резком охлаждении рецепторов вкуса, запаха или осязания могут не восприниматься соответствующие импульсы. Алкоголь, никотин, наркоти-

ки, одурманивающие мозг человека, отрицательно влияют на впечатлительность сенсорных анализаторов.

Поэтому можно говорить, что ощущение – психический процесс, заключающийся в отражении мозгом свойств предметов и явлений объективного мира, а также состояний организма при непосредственном воздействии раздражителей на соответствующие органы чувств. Ощущение – это проявление общебиологического свойства живой материи чувствительности.

### *2.1.1. Вкусовые и обонятельные ощущения*

Представления о вкусе пищи не исчерпываются указанными свойствами. Многообразие вкусовых ощущений объясняется тем, что вкусовое ощущение сложно; кроме вкусовых, оно включает обонятельные, температурные, тактильные и болевые компоненты.

Большая часть вкусовых ощущений дополняется обонянием. Если обоняние выключено, то пища теряет аромат и остаются элементарные вкусовые ощущения. Так, при насморке; когда «заложен нос» и обоняние не участвует в акте приема пищи, – пища не имеет вкуса («безвкусна, как трава»). Вкусовой анализатор связан с обонятельным, существует предположение, что они имеют общее происхождение.

Вкусовые ощущения возникают в результате раздражения в полости рта особых образований, способных реагировать на вкусовые вещества. Такими вкусовоспринимающими образованиями являются **вкусовые луковички**. Основная масса вкусовых луковичек размещена на языке (на его кончике, основании, боковых поверхностях). Кроме того, вкусовые луковички размещаются на передней и задней поверхности надгортанника, на мягком небе и миндалинных дужках и задней стенке глотки.

Вкусовые луковички в слизистой оболочке полости рта и гортани рассеяны в виде отдельных включений, а на языке они размещены в сосочках, которые по форме бывают: грибовидные, желобовидные и листовидные.

Если рассматривать слизистую языка при помощи лупы, можно хорошо видеть сосочки, которые на общем фоне выделяются своей формой и красным цветом. Наибольшее количество (350 – 400) грибовидных сосочков, которые просты по своему устройству, рассеяно по всей поверхности языка. Было отмечено неравномерное расположение сосочков на языке, а именно на левой половине языка их оказалось больше, чем справа. Поэтому С. Д. Ролле, проверяя пороги вкуса у людей, отметил, что у большинства пороги ниже на левой половине языка.

Желобовидных сосочков всего 6 – 12. Они имеют вид островков на слизистой языка. У основания сосочка и на стенках окружающей его бороздки рядами размещено до 250 вкусовых луковичек.

Листовидные сосочки расположены складками у основания языка, и каждый из них включает до 20 луковиц.

Вкусовая луковица или вкусовая нора имеет вид широкой бутылки, открытой наружу вкусовой норой. Вкусовые луковицы состоят из продолговатых клеток, расположенных в них наподобие долек апельсина и сравнительно плоских базальных клеток, лежащих у основания почек (рис 7).

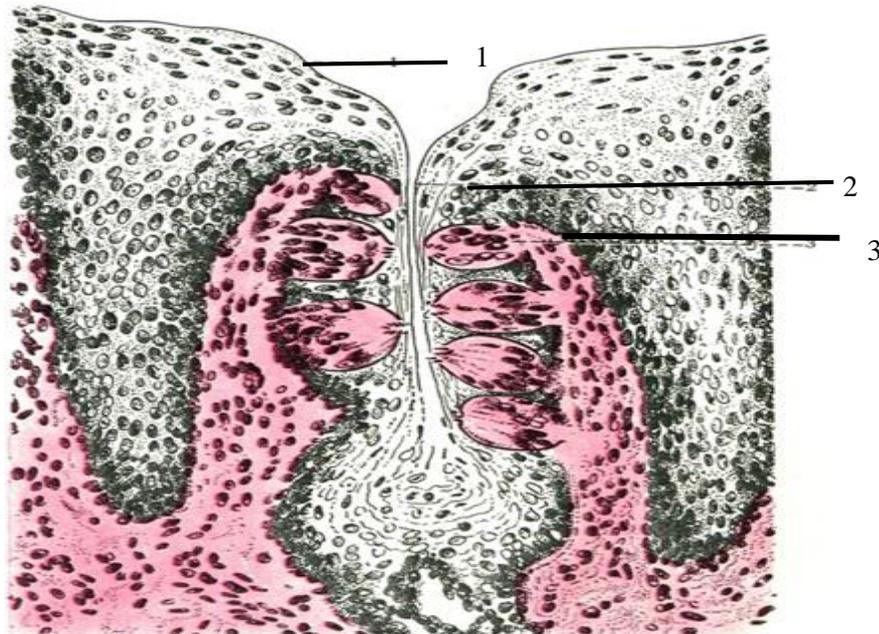


Рис. 7. Вкусовые луковицы листовидных сосочков языка на разрезе (по Я. А. Винникову)

1 – эпителий сосочка; 2 – щель между сосочками языка;  
3 – вкусовая пора с нервными окончаниями.

Количество вкусовых рецепторов во вкусовой луковице составляет от 30 до 80 (хотя в некоторых источниках называют и меньшие и большие числа). Продолговатые клетки делятся на опорные и собственно рецепторные. От опорных клеток они отличаются более плотным содержимым и наличием на свободных концах микроворсинок, выдающихся в полость вкусовой поры.

Вкусовые луковицы располагаются на боковой поверхности вкусовых сосочков. Внутри вкусовой луковицы находятся вкусовые рецепторные клетки. Чувствительные окончания рецепторных клеток - микроворсинки - выходят на поверхность сосочка через вкусовую пору.

Вкусовые клетки замещаются очень быстро, продолжительность их жизни составляет всего 10 дней, после чего из базальных клеток формируются новые рецепторы. Новые вкусовые сенсорные клетки связываются с сенсорными нервными волокнами – специфичность волокон при этом не меняется. Как сказал бы инженер, детали заменяются, но схема остается

той же. Механизм, обеспечивающий такое взаимодействие между рецептором и волокном, пока неизвестен.

До сих пор не ясно, что является специфическим рецептором – вкусовая луковица или вкусовая клетка. Считают, что рецепторные участки вкусовых клеток реагируют на вкусовые стимулы различных типов, причем каждая вкусовая клетка может иметь рецепторные участки нескольких типов.

После того как вещество попало на язык, (рис. 7) сначала возникает ощущение прикосновения (то есть тактильное чувство), и только затем – вкусовые ощущения в следующем порядке: на кончике языка первым проявляется соленый вкус, за ним сладкий, кислый и позднее всех горький, на основании же языка прежде всего горький, затем соленый и позже всех сладкий.



Рис. 7. Дифференцирование вкусовых ощущений, воспринимаемых языком человека

В 1901 году в журнале «Philosophische Studien» впервые была опубликована карта расположения вкусовых рецепторов на языке: кончик чувствителен к сладости, задняя часть – к горечи, кислотность максимально ощущается боковыми точками языка, а соленость воспринимается примерно одинаково во всех точках. Поэтому для вкусового ощущения важно, на какую часть языка попадает вещество.

Некоторыми учеными выделяется еще один вкус, для которого нет русского названия. Его называют «*umami*» и приписывают вкусу глутамата натрия. Впрочем, иногда его называют «сладковатым», а изготовители продуктов считают, что глутамат натрия просто усиливает ощущение других вкусов.

Умами (яп. 旨味) – вкус белковых веществ, «пятый вкус», традиционно используемый в японской культуре, в других странах востока. Ощущение «умами» создают глутамат натрия и другие аминокислоты. Это пищевые добавки группы E600-E699. Из-за того, что человеческий язык имеет L-глутаматовые рецепторы, учёные считают умами отдельным от солёного вкусом.

Умами является важным компонентом вкуса сыров пармезан и рокфор, соевого соуса и других продуктов, а также неферментированных продуктов – грецкого ореха, брокколи, помидоров, грибов (шиитаке), термически обработанного мяса. Первым идентифицировал умами химик Кикинаэ Икэда, профессор Токийского университета, в 1908 году. Профессор Синтаро Кодама, ученик Икэды, обнаружил вещество со вкусом умами в кацу-обуси в 1913 году – это был рибонуклеотидный ИМФ. В 1957 году Акира Кунинака узнал, что рибонуклеотидный ГМФ, который присутствует в сиитакэ, также имеет вкус умами. Одно из наиболее важных открытий Кунинаки – синергическое взаимодействие рибонуклеотидов и глутамата. Когда пища, богатая глутаматом, смешивается с продуктами, содержащими рибонуклеотиды, получившийся вкус оказывается сильнее, чем вкусы составляющих.

В 1985 году, на Первом международном симпозиуме по умами (Гавайи) термин «умами» был официально признан в качестве описания вкуса глутаматов и нуклеотидов. В XXI веке умами повсеместно считается одним из основных вкусов. Умами – вкус глутаминовой кислоты и 5'-рибонуклеотидов, например, монофосфата гуанозина (ГМФ) и инозинмонофосфат (ИМФ). Связь между химическими свойствами веществ и их вкусом довольно слабая, хотя известно, что некоторые химически подобные вещества имеют сходный вкус. Вкусовые вещества вызывают соответствующее ощущение, только если растворены в воде.

Сила вкусового ощущения напрямую не зависит от растворимости вещества. Вкусовые рецепторы имеют разный порог возбуждения по концентрации воздействующего вещества. Все рецепторы, иннервируемые одним волокном, имеют одинаковый спектр вкусовой чувствительности. Но только некоторые волокна реагируют исключительно на единственное химическое вещество. Обычно есть «предпочитаемое» вещество среди нескольких. Частота разрядов в одиночных волокнах зависит от концентрации и качества стимула. Обычно частота разряда повышается в течение первых 50 мс после нанесения раздражения, потом снижается и сохраняется постоянной, пока действует раздражитель.

Чувство вкуса у человека обеспечивает реализацию ряда рефлекторных актов. Так, например, под воздействием вкусовых почек происходит рефлекторно «отмывание» языка секретом из серозных желез. В результате соответствующей стимуляции вкусовых рецепторов осуществляется ре-

флукторная секреция слюны, причем состав последней изменяется в зависимости от характера стимулов, влияющих на сенсорные клетки. Вкусовые стимулы оказывают также влияние на выделение желудочного сока, при участии вкусовой чувствительности возникает рвотный рефлекс. Эти рефлексы замыкаются в области продолговатого мозга.

Всеобъемлющей и общепризнанной теории вкуса пока еще не существует. Попытки раскрыть физико-химические механизмы вкуса были сделаны немецким физиологом Д.Ж. Ренквистом в 1919 году и советским академиком П.П. Лазаревым в 1922 году.

После того как вещество попало на язык, сначала возникает ощущение прикосновения (то есть тактильное чувство), и только затем - вкусовые ощущения в следующем порядке: на кончике языка первым проявляется соленый вкус, за ним сладкий, кислый и позднее всех горький; на основании же языка - прежде всего горький, затем соленый и позже всех сладкий. Эти различия тоже могут как-то влиять на общее ощущение вкуса.

**Смещение вкусов.** Разные вещества могут обладать чистым или смешанным вкусом. Вкус всех чисто горьких веществ совершенно одинаков. Так, растворы опиума, стрихнина, морфия, хинина могут отличаться друг от друга по интенсивности вызванного ими чувства горечи, но не по его качеству.

Растворы соляной, азотной, серной, фосфорной, муравьиной, щавелевой, винной, лимонной и яблочной кислот, взятые в соответствующем разведении, неотличимы на вкус.

Чисто сладким вкусом обладают глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза. Относительно соленого вкуса доказано, что в чисто выраженном виде им обладает только одно-единственное вещество – поваренная соль. Все остальные солоноватые вещества имеют горький или кислый привкус.

Истинными вкусовыми ощущениями можно считать только те, которые возникают при раздражении вкусовых рецепторов. В полости рта имеется большое количество других чувствительных образований, возбуждение которых вызывает ощущение прикосновения и давления (тактильные рецепторы), боли и температурных ощущений. Вещества, находящиеся во рту, могут явиться также источником обонятельных ощущений.

Вкусовые ощущения связаны с обонятельными, осязательными и термическими. Охлаждение и нагрев уменьшают чувствительность к вкусу: язык, охлажденный льдом в течение минуты, перестает ощущать вкус сахара, при нагреве поверхности языка до 50 °С чувствительность тоже падает. Область наибольшей чувствительности – от 20 до 38 °С.

Вкус к известному веществу может усиливаться по контрасту со вкусом другого, предварительно действовавшего вещества. Вкусы легко компенсировать один другим и делать приятными, компенсация вкусов, не сопровождается компенсацией химических свойств вкусовых веществ.

Борьбу вкусовых ощущений легче всего наблюдать, если положить на одну половину языка кислое, а на другую – горькое вещество; при этом в сознании возникает ощущение то кислого, то горького, и человек может произвольно останавливаться то на том, то на другом, но смешивания обоих вкусов в нечто среднее не происходит.

**Наиболее тесно связаны между собой вкусовые и обонятельные ощущения.** Уменьшить влияние обонятельных ощущений на вкусовые можно, зажав плотно нос и воздерживаясь во время дегустации от дыхательных движений. При этом «вкус» многих веществ совершенно меняется. Роль слюны во вкусовых ощущениях нельзя недооценивать:

- во-первых, она является основным растворителем;
- во-вторых, слюна смывает с поверхности языка находящиеся на ней вкусовые вещества, благодаря чему человек может в течение короткого промежутка времени испытать ряд последовательных вкусовых ощущений;
- в-третьих, находящийся в слюне белок обладает способностью связывать кислоты.

Существует **активное и пассивное** восприятие вкуса веществ, попадающих в рот:

В первом случае речь идет о простом соприкосновении этих веществ с поверхностью языка или глотки;

Во втором – об ощущениях, наступающих при размазывании вещества по чувствительной поверхности.

Иногда этот сложный механизм вкусовосприятия нарушается. Полная потеря всех вкусовых ощущений называется *агевзией*, ослабление ощущений – *гипогевзией*, прочие изменения в восприятии вкусовых ощущений – *парагевзией*.

Сигнал от вкусовых рецепторов используется организмом двояко: бессознательно – например, для управления желудочной секрецией, причем как ее количеством, так и составом, и осознанно – для получения удовольствия от еды.

**Химические и биохимические механизмы обоняния.** Человек достаточно тонкий анализатор запахов, у него впечатлительность на импульсы запаха очень высокая, реакция исключительно быстрая. Подсознательно человек более расположен к продукту, обладающему более приятным и выраженным запахом.

Обонятельный анализатор также воспринимает химические раздражения, попадающие в полость носа в виде газов или паров вместе с током воздуха. Обонятельные рецепторы располагаются в слизистой оболочке верхнего отдела полости носа (рис. 8). Они представляют собой особые нервные обонятельные клетки, периферические отростки которых (дендриты) короткие, палочковидные и снабжены чувствительными волосками. Центральные отростки (нейриты) более тонкие, направляются через ре-

щетчатую пластинку и продолжают далее в виде волокон обонятельного нерва.

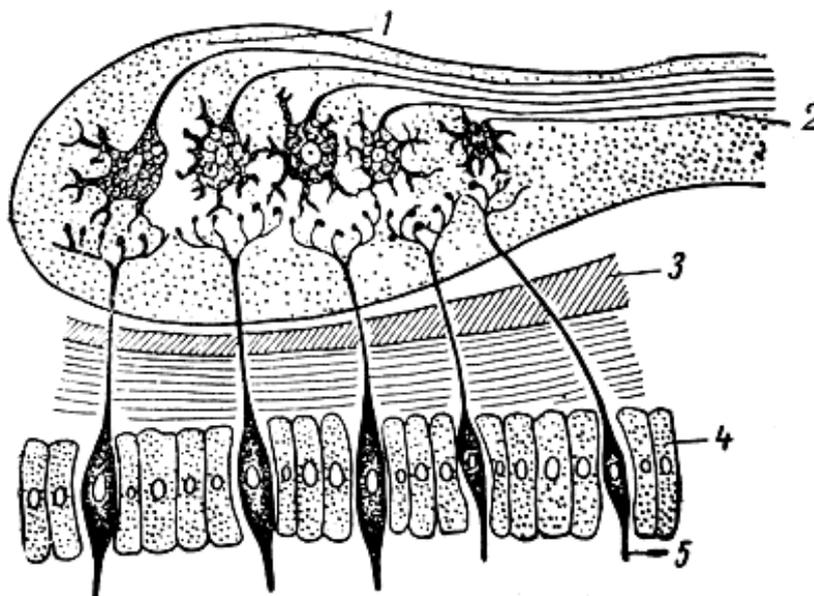


Рис. 8. Разрез оболочки носа в обонятельной области  
(под микроскопом)

- 1 – обонятельная луковица; 2 – обонятельные нервы;  
3 – решетчатая пластинка; 4 – эпителий слизистой оболочки;  
5 – обонятельная нервная клетка

Обонятельная поверхность слизистой оболочки носовой полости составляет около  $6 \text{ см}^2$ . Вопрос же о том, существует ли для каждого запаха специальный вид нервных клеток в слизистой оболочке носа или же раздражение одной нервной клетки вызывает ощущение нескольких запахов, до сих пор остается неразрешенным.

В последнее десятилетие XX века в науке о запахах произошла подлинная революция. Решающую роль сыграло открытие 1000 видов обонятельных рецепторов, связывающих молекулы пахучих веществ. Однако механизм передачи обонятельного сигнала в центральную нервную систему таит в себе еще много загадок. В настоящее время анализ запаховой рецепции достиг уровня, позволяющего обсуждать молекулярные механизмы процессов запахового восприятия.

Легко обнаружить, что мы ощущаем запах только во время вдоха; начинается выдох – запах исчезает. При вдохе через нос воздух вместе с молекулами пахучего вещества (называемого обонятельным *стимулом* или *одорантом*) проходит в каждой из двух носовых полостей по щелевидному каналу сложной конфигурации, который образован продольной носовой перегородкой и тремя носовыми раковинами. Здесь воздух очищается от

пыли, увлажняется и нагревается. Затем часть воздуха поступает в расположенную в верхней задней зоне канала обонятельную область, имеющую вид щели, покрытой обонятельным эпителием.

Общая поверхность, занимаемая эпителием в обеих половинках носа взрослого человека, невелика – 2 – 4 см<sup>2</sup> (у кролика эта величина равна 7 – 10 см<sup>2</sup>, у собак 27 – 200 см<sup>2</sup>). Эпителий покрыт слоем обонятельной слизи и содержит три типа первичных клеток: обонятельные рецепторы, опорные и базальные клетки.

Влекомые воздухом пахучие молекулы проникают в носовую полость и переносятся над поверхностью эпителия. При нормальном спокойном дыхании вблизи обонятельного эпителия проходит 7 – 10 % вдыхаемого воздуха. Обонятельный эпителий имеет толщину приблизительно 150 – 300 мкм. Он покрыт слоем слизи (10 – 50 мкм), который молекулам одоранта предстоит преодолеть, прежде чем они провзаимодействуют со специальными сенсорными нейронами – обонятельными рецепторами.

Обонятельный рецептор представляет собой сенсорную (чувствительную) нервную клетку, от которой отходят два отростка. К полости носа – короткий дендрит (чувствительный отросток нейрона), имеющий не менее 10 ресничек, кончики которых находятся на самой поверхности обонятельного эпителия и выступают в покрывающую его слизь. К мозгу – более длинный двигательный (передающий) отросток, аксон, сплетающийся с аксонами других обонятельных нейронов в нити обонятельного нерва, проходящие через отверстия решетчатой кости черепа в обонятельную луковицу – структуру мозга, осуществляющую первичную обработку информации о запахах. Обонятельная луковица тем крупнее, чем острее обоняние животного, поэтому у собак-ищеек она значительно больше, чем в куда большем по размеру мозге человека (рис. 9).

Из обонятельной луковицы нервные импульсы поступают в первичные, а затем в высшие обонятельные участки коры головного мозга, формирующие осознанное ощущение характера и интенсивности запаха. Конечным пунктом обработки данных о запахах является лимбическая система, регулирующая эмоциональные и поведенческие реакции организма. Для того чтобы обонятельный сигнал был воспринят нейроном, молекула одоранта связывается со специальной белковой структурой, расположенной в нейрональной клеточной мембране. Такая структура называется рецепторным белком.

С центральными механизмами системы обоняния специалисты, занимавшиеся ее изучением, разобрались довольно давно, но белковые рецепторы, несомненно присутствующие на мембранах дендритов нейронов обонятельного эпителия, много лет оставались неуловимыми. Решить эту загадку удалось только в 1991 году ученым Колумбийского университета

Линде Бак и Ричарду Экселу. В 2004 году открытие принесло им Нобелевскую премию по физиологии и медицине.

Дальнейшее изучение системы органов обоняния показало, что каждый отдельный рецепторный нейрон может распознавать множество пахучих молекул, каждая из которых активирует различные белковые рецепторы на поверхности его мембраны. Такая комбинаторная система кодирования сигналов позволяет распознавать практически неограниченное количество ароматов.

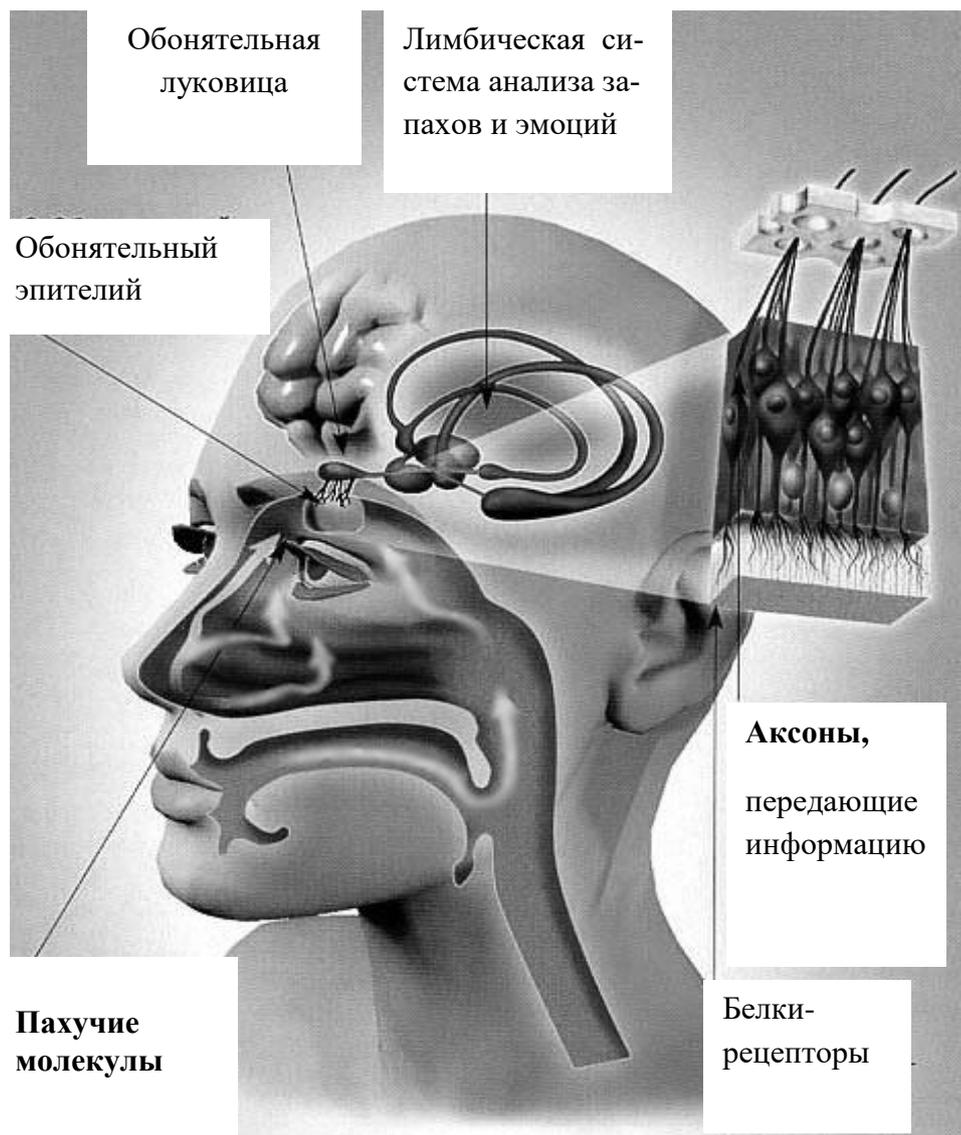


Рис. 9. Схематичное изображение механизма обоняния

Даже незначительно отличающиеся по химической структуре молекулы активируют различные комбинации рецепторных белков, находящихся на мембранах разных нейронов, поэтому запах октанового спирта напоми-

нает запах цитрусовых, а отличающейся от него только одним дополнительным атомом кислорода октановой кислоты – запах пота.

К тому же эффекту может привести изменение пространственного строения молекул. Например, запахи тмина и кудрявой мяты (от более известной перечной она отличается отсутствием охлаждающего ощущения и менее резким запахом) обеспечивают S(+) карвон и R (–) карвон – изомеры, молекулы с одинаковым химическим составом, отличающиеся друг от друга, как предмет от его зеркального изображения.

Кроме того, большее количество молекул активирует более широкий спектр рецепторов, из-за чего одно и то же вещество может пахнуть по-разному в зависимости от концентрации. Самым удивительным примером является скатол – гетероциклическое соединение, образующееся при разложении белковых соединений и придающее специфический запах испражнениям. В то же время в малых концентрациях скатол обладает приятным запахом и входит в состав парфюмерных продуктов и пищевых эссенций.

Наиболее многогранными в этом отношении являются альдегиды. Так, кокосовый альдегид в небольшой концентрации пахнет не кокосом, а абрикосом или персиком, а запах анисового альдегида при разбавлении ощущается как аромат свежего сена, шиповника и цветов боярышника.

К наиболее неприятно пахнущим соединениям относятся серосодержащие вещества, начиная с самого простого – сероводорода  $H_2S$ . «Чемпионами» среди них считаются меркаптаны. Их смесь обеспечивает вонь скунсовой струи, от которой человек может упасть в обморок. Меркаптаны придают неповторимый аромат гнилой капусте и бытовому газу: природный газ ничем не пахнет, и в целях безопасности в него добавляют чуть-чуть изоамилмеркаптана. Серосодержащие соединения диаллилдисульфид  $(CH_2=CH-CH_2)_2S_2$  и аллицин  $CH_2=CH-CH_2-SO-S-CH_2-CH=CH_2$  обеспечивают резкий запах чеснока, а основной компонент запаха лука – аллилпропилдисульфид  $CH_2=CH-CH_2-S-S-CH_2-CH-CH_3$ . В самих чесноке и луке (относящихся к роду *Allium*) нет аллилов: в них при разрезании под действием ферментов превращаются многочисленные молекулы аминокислоты цистеина, содержащие сульфгидрильные группы  $-SH$ . Особенностью этих дисульфидов является то, что от запаха практически невозможно избавиться ни с помощью чистки зубов, ни полосканием рта. Дело в том, что эти соединения, проникнув через стенки кишечника в кровь, разносятся по организму, в том числе и в легкие, откуда выделяются с выдыхаемым воздухом.

Наиболее важно обоняние в первые минуты жизни человека, так как только благодаря ему младенец узнает свою маму и находит пахнущую молоком грудь. В следующие пару месяцев, пока зрение ребенка не приобретет достаточную остроту, окружающий мир он воспринимает главным

образом посредством запахов. По мере взросления и формирования других органов чувств обоняние утрачивает свою значимость. Одновременно с этим происходит атрофия (отмирание) волокон обонятельного нерва. В течение первого года жизни острота обоняния человека снижается на 40 – 50 %, а дальнейшая скорость и степень ухудшения способности распознавать запахи зависит от индивидуальных особенностей организма, пола, образа жизни и воздействия различных факторов окружающей среды. Например, у начинающих курильщиков способность различать запахи снижается на 50 – 60 %, после чего восстанавливается на 20 – 30 %. При отказе от курения развивается гиперосмия – острота обоняния повышается примерно на 20 % по сравнению с исходной.

Считается, что человек более чувствителен к неприятным запахам. Почти всегда как неприятные мы воспринимаем запахи, сигнализирующие об опасности: не ешь протухшее мясо или подгнившие фрукты, держись подальше от сероводорода, хлора, аммиака, не вляпайся в экскременты – в них могут быть яйца глист, дизентерийные амёбы и прочая холера. Тех из наших предков (покрытых ещё чешуёй, а не шерстью), у которых таких ассоциаций не возникало, отсеял естественный отбор.

Однако вещества, которые мы можем почувствовать в наименьших концентрациях, пахнут приятно. Рекордсменом долгое время считался ванилин: его можно унюхать при концентрации  $2 \times 10^{-11}$  г в литре воздуха. Но совсем недавно выяснилось, что один из хиральных изомеров вещества под названием винный лактон (он придает винам сладковато-кокосовый аромат) ощущается при концентрации, в две тысячи раз меньшей: одна стотриллионная ( $10^{-14}$ ) грамма в 1 л воздуха. А запах его зеркального изомера (на рисунке – справа) можно почувствовать только при концентрации, на 11 порядков большей – 1 мг/л.

Женщины в целом обладают более острым обонянием, сохраняющимся до более преклонного возраста. Однако, как это не парадоксально, профессии, связанные с различением запахов, являются исключительно мужскими.

Без обоняния наша пища стала бы практически безвкусной. Вкусовые рецепторы человека различают только четыре ощущения: сладкий, соленый, кислый и горький, а остальное разнообразие вкусов различных блюд и напитков обеспечивают комбинации ароматических веществ. При сильном насморке, когда верхние носовые раковины «забиты» и содержащий ароматы воздух до них просто не доходит, все кажется безвкусным и неаппетитным. Эксперименты показали, что если человеку с зажатым носом еще и завязать глаза, чтобы лишить его зрительных ассоциаций с употребляемыми продуктами, он вряд ли сможет отличить яблоко от картошки или красное вино от кофе.

Запахи способны изменять работу различных систем организма. Самый очевидный пример – усиление выработки слюны и пищеварительных соков от запахов пищи. Резкие и неприятные запахи (например, аммиака) повышают давление крови и ускоряют сердцебиение, а приятные – наоборот, снижают давление, замедляют пульс и вызывают повышение температуры кожи, что расслабляет и успокаивает человека.

Теории обоняния. Существовали и продолжают существовать различные теории обоняния, в числе которых:

- атомарная (корпускулярная) теория римского поэта и философа Лукреция Кара;
- колебательная теория Дайсона (Dyson) 1938 г или гипотеза об обусловленности запаха инфракрасным резонансом колебания молекул;
- предположение Лайнуса Полинга, который в 1946 г предположил, что специфичность запаха связана с формой и размером молекулы химического вещества;
- стерическая теория Монкриффа (R.W. Moncrieff) 1949 г, который заявил, что запах ощущается, если переносимые воздухом молекулы комплексно «встраиваются» в некие участки рецепторов обонятельной нервной системы;
- химическая теория Цваардемакера. Одоривектор (молекулы пахучего вещества) растворяется в секрете боуменовых желез и вступает в контакт с волосками обонятельных клеток и вызывает их возбуждение;
- физическая теория Генингса. Одоривекторы излучают волны высокой частоты, которые передаются на обонятельный анализатор и различные группы клеток резонируют в ответ на колебания, характерные определенному одоривектору;
- электрохимическая теория Мюллера. Возбуждение органа обоняния происходит благодаря электрохимической энергии пахучего вещества;
- стереохимическая теория Эймура;
- колебательная спектроскопическая теория туннелирования электронов, или волновая теория автор Лука Тьюрин (Luca Turin), 1996 г согласно которой каждый аромат определяется частотой колебаний межатомных связей в молекулах, на которые нос реагирует.

А также:

- спектроскопическая теория;
- теория генетического механизма кодирования белков – одорирецепторов.

Ткань наружной поверхности сенсорного, эпителия представляет собой мозаичную структуру из поддерживающих клеток. Каждый обонятельный нейрон имеет головку, снабженную обонятельными волосками (жгутиками), расположенными в слизи. В структуре обонятельной выстилки важ-

ную роль играют специальные секреторные железы Боумена, генерирующие слизь, первой воспринимающей запаховые молекулы.

В сенсорном эпителии существует два вида белков с фосфатазной активностью: растворимых, сосредоточенных в обонятельной слизи и прочно связанных на наружной поверхности сенсорного эпителия. Последние непосредственно взаимодействуют с молекулярными рецепторами обонятельных нейронов.

Обонятельная чувствительность тесно связана с вкусовой, помогает распознавать качества пищи. Обоняние предупреждает об опасной для организма воздушной среде, позволяет различать в ряде случаев химический состав веществ. Человеку в современном мире нет необходимости следовать обонятельным ощущениям, ориентируясь в окружающей среде. Функция обоняния у человека подавляется зрением и слухом. Отсутствие в языке специальных слов для обозначения обонятельных ощущений свидетельствует об их недостаточном развитии и нестойкости. Обычно говорят: «запах моря», «запах роз», «запах конюшни».

Классификация запахов И. Цваардемакера – разделение всех запахов по качественности ощущения на 9 основных классов: запахи эфирные (ацетон), ароматические (гвоздика), бальзамические (ваниль), амбромускусные (мускус), чесночные (сероводород), пригорелые (бензол), каприловые (сыр), противные (запах клопов), тошнотворные (скатол).

Классификация обонятельных ощущений Х. Хеннинга – выделение 6 основных запахов (фруктовый, цветочный, смолистый, пряный, гнилостный, горелый), между которыми существуют определенные взаимоотношения (т.н. призма запахов). В дальнейшем выявлена неточность классификации Хеннинга.

Классификация запахов Линнея – разделение запахов по качественности ощущения, автор – шведский ботаник К. Линней. Выделяется 7 основных запахов: ароматические (красная гвоздика), бальзамические (лилия), амброзиальные (мускус), луковые (чеснок), синие (валериана), отталкивающие (некоторые насекомые), тошнотворные (падаль).

Классификация запахов Крокера – Хендерсона включает только четыре основных запаха: ароматный, кислый, горелый и каприловый (или козлиный)

**Влияние факторов на вкусовые и обонятельные ощущения.** Адаптация и сенсбилизация. Адаптация к запахам у людей выражена отчетливее, чем к вкусам (табл. 2). В частности, человек обычно не ощущает запаха своей одежды, своего жилья, собственного тела. Вечательность органа вкуса или обоняния может повыситься и долго сохраняться. Такое явление называется сенсбилизацией.

Таблица 2

Продолжительность времени, необходимого для адаптации к запаху некоторых веществ

Вещество	Продолжительность, мин
Йодная настойка	4
Чеснок	45 и более
Камфора	2 и более
Фенол	9 и более
Кумарин	1 – 2
Гвоздичное эфирное масло	4 и более
Можжевельное эфирное масло	2 – 5
Лимонное эфирное масло	2,5 – 9,2
Одеколон	7 – 12

**Индивидуальная восприимчивость запахов и вкусов.** Ученые полагают, что поведение дегустатора можно предугадать, исходя из типа телосложения. Отмечено, что дегустаторы с тонким и хрупким строением тела (лептосомики) имеют вдвое больше вкусовых антипатий, чем полные и приземистые (пикники). Индивидуальные различия порогов чувствительности у людей существенны: для обоняния от 1000:1, для органа вкуса 64:1. Небольшая (точно не учтенная) часть населения совершенно лишена чувствительности к вкусу или запаху.

*Влияние возраста.* Полагают, что человек теряет до 50 % остроты зрения и слуха к 13 – 15 годам, восприятия запаха и вкуса – к 22 – 29, осязательной чувствительности – к 60 годам. Фактор возраста не является определяющим.

*Память и представление запаха* – это способность человека распознавать те запахи, с которыми ранее приходилось встречаться, то есть способность запоминать, припоминать и распознавать известный запах.

*Маскированием запахов* называют случаи подавления одного запаха другим. Если одновременно на орган обоняния действуют два-три запаха, может случиться, что ни один из них не проявит своих настоящих свойств, а воспринимаемый запах будет неопределенным или вообще не ощущается.

*Компенсация запахов и вкусов.* Различают положительную и отрицательную компенсацию. В первом случае основной вкус или запах усиливается под воздействием другого вкуса или запаха, во втором – происходит ослабление основного ощущения.

*Вкусовые модификации.* Эффект вкусовой модификации продолжается в течение 30 – 60 мин

*Вторичный, или остаточный, вкус* появляется после опробования продукта, сохраняется некоторое время и отличается от характерного вкуса.

*Вкусовые иллюзии.* Л. Бартошук обнаружила, что после опробования артишока кислая вода ощущается сладкой.

*Понятие вкусовой гармонии* характеризует желательность ощущений и связано с сочетаемостью различных вкусов. Хорошо гармонируют сладкий и кислый, соленый и сладкий, сложнее получить гармонию горького и сладкого, почти невозможно сочетать горький и соленый, а также горький и кислый вкусы.

*Влияние цвета на вкус.* Отмечено, что растворы красного цвета воспринимаются более сладкими по сравнению с бесцветным сладким раствором той же концентрации. Желтый и светло-зеленый цвета увеличивают субъективную оценку кислоты.

Таким образом, обонятельные рецепторы, так же как и вкусовые, сигнализируют о недоброкачественности пищи, что чрезвычайно важно, так как по запаху мы можем распознать качество пищи еще до того, как она попадает в рот. Во время нахождения пищи во рту обонятельное ощущение примешивается к вкусовому, в результате чего мы получаем более полное и разностороннее ощущение вкуса пищи. Если почему-либо обонятельные рецепторы, хотя бы частично выключаются (насморк, ринит) и обоняние ослабевает, пища кажется безвкусной. Притупление обоняния наступает и в результате адаптации – изменения восприимчивости, в данном случае в сторону понижения под влиянием длительных однообразных раздражений. Всем известен, например, факт, что какой-либо новый запах вначале ощущается более резко, при длительном же пребывании в атмосфере этого запаха его ощущение становится более слабым, а иногда даже почти незаметным.

### ***2.1.2. Осязательные и другие сенсорные ощущения***

Осязание, или восприятие кожей механических раздражителей, дифференцируют на касание, давление (нажим) и вибрацию.

По характеру раздражения касание может быть определено как неустойчивая деформация, давление – статическая, вибрация – пульсирующая деформация. В органолептике наиболее важным является ощущение касания.

**Осязательные, или тактильные** (от латинского *tactilis* – осязательный), ощущения позволяют определить консистенцию, структуру, температуру продукта, степень измельчения и некоторые другие физические свойства.

Воспринимающие органы осязания расположены на разной глубине человеческой кожи. В кожных покровах имеется несколько самостоятельных анализаторных систем:

- тактильная (ощущения прикосновения),
- температурная,
- болевая.

Все виды кожной чувствительности относятся к контактной чувствительности. Наибольшее скопление тактильных клеток на ладони, на кончиках пальцев и на губах.

**Кожа** – это тонкая прочная ткань, покрывающая все тело и обеспечивающая его защиту и непроницаемость. Она очень тонкая в некоторых местах, например на веках (0,5 мм толщиной), и более толстая на ладонях и подошвах (до 5 мм). Кожа состоит из трех слоев: эпидермиса, дермы и подкожной жировой клетчатки (рис. 10).

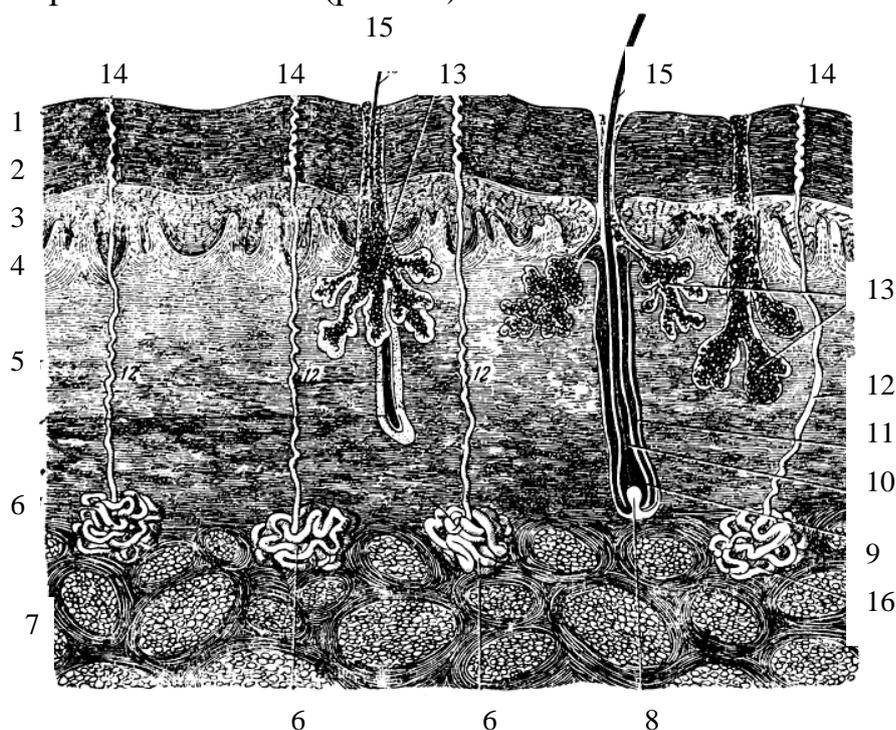


Рис. 10 Кожа (вертикальный разрез).

- 1 – роговой слой эпидермиса; 2 – зачатковый слой эпидермиса;
- 3 – пигментный слой; 4 – сосочковый слой;
- 5 – собственно кожа; 6 и 16 – потовая железа;
- 7 – жировая клетчатка; 8 – волосяной сосочек;
- 9 – волосяная луковица; 10 – корень волоса;
- 11 – волосяной фолликул; 12 – канал потовой железы;
- 13 – сальная железа; 14 – потовая пора; 15 – волос

Кожные рецепторы передают информацию в спинной мозг, контактируя с двигательными нейронами, что делает возможным рефлекторные действия такие, как, например, как отдергивание руки от огня. Кожа человека содержит очень большое количество различных рецепторов, посредством которых организм улавливает самые разнообразные (кроме световых и звуковых) раздражения, падающие на организм из внешней среды. Ее нужно представлять как обширное поле рецепторов.

Периферические аппараты (рецепторы) различны по своему устройству и месту расположения нервных окончаний. Одни из них лежат в самом эпидермисе в виде свободно оканчивающихся разветвлений чувствительных нервов, другие же находятся внутри особых образований, расположенных в сосочках соединительнотканного слоя кожи и слизистых оболочек. Одни из кожных рецепторов воспринимают раздражения от давления и прикосновения, другие – раздражения от холода и тепла, третьи – болевые. Таким образом, благодаря богатой и разнообразной иннервации кожный покров является весьма совершенным посредником между окружающей средой и организмом в целом.

Осязательные, или тактильные, рецепторы воспринимают прикосновение и давление. Они состоят из особых осязательных телец, носящих название по имени описавших их ученых, и располагаются или в эпидермисе – осязательные тельца Догеля ( $15 \times 50 \mu$ ), или в сосочках кожи – осязательные тельца Мейснера ( $40 - 100 \times 30 - 60 \mu$ ), или же в подкожной клетчатке – осязательные тельца Фатер-Пачини. Все эти приборы микроскопически малы, но тельца Фатер-Пачини отличаются более крупными размерами и даже заметны и для невооруженного глаза, достигая 4 – 5 мм длины, 1 – 2 мм ширины.

Осязательных рецепторов в коже человека насчитывается около 500000. В среднем на  $1 \text{ см}^2$  приходится около 25 рецепторов. Неравномерность их распределения в коже можно видеть из следующего примера: на  $1 \text{ см}^2$  кожи голени обнаруживается 9 – 10 рецепторов, на  $1 \text{ см}^2$  кожи головы 165 – 300 рецепторов (точек прикосновения). При помощи их мы распознаем величину, форму и характер поверхности предмета. При изучении отдельных видов кожной чувствительности установлено, что тактильная чувствительность является более совершенной по сравнению с другими.

**Слуховые ощущения** являются также *дистантными ощущениями*. Ощущения, воспринимаемые слухом, играют второстепенную роль в сенсорных испытаниях продуктов. Они могут усилить ощущение осязания, а также вкуса и обоняния.

Чувствительные окончания слухового нерва расположены во внутреннем ухе, улитке со слуховой мембраной и чувствующими волосками.

Ушная раковина, так называемое, внешнее ухо собирает звуковые колебания, а механизм среднего уха передает их улитке.

Чувствующие окончания улитки возбуждаются в результате резонанса, то есть различные по длине и толщине окончания слухового нерва приходят в движение при определенном числе колебаний в секунду, и полученные сигналы передаются в мозг.

Частота звука определяется числом волновых периодов в единицу времени. Так, например, слуховой диапазон взрослого человека находится в пределах 15 – 20 000 Гц, уменьшаясь с возрастом.

Громкость звука зависит от ее амплитуды и измеряется в децибелах (логарифмическая шкала). Обычный разговор происходит при 50 – 60 дБ, а рок-музыка до 130 дБ, то есть достигает болевого порога

Орган слуха (ухо) воспринимает звуки, представляющие собой колебания воздуха с частотой от 16 000 до 20 000 колебаний в секунду. При распространении звуковых волн различают высоту и интенсивность звука. Высота звука зависит от частоты колебаний, а интенсивность – от их амплитуды.

Таблица 3

Строение органа слуха и основные функции

ЧАСТИ УХА	СТРОЕНИЕ	ФУНКЦИИ
Наружное ухо	Ушная раковина, слуховой канал, барабанная перепонка – туго натянутая сухожильная перегородка	Защищает ухо, улавливает и проводит звуки. Колебания звуковых волн вызывают вибрацию барабанной перепонки, которая передается в среднее ухо
Среднее ухо	Полость заполнена воздухом. Слуховые косточки: молоточек, наковальня, стремечко. Евстахиева труба	Проводит звуковые колебания. Слуховые косточки (масса 0.05 г) последовательно и подвижно соединены. Молоточек примыкает к барабанной перепонке и воспринимает ее колебания, затем передает их на наковальню и стремечко, которое соединено с внутренним ухом через овальное окно, затянутое эластичной пленкой
Внутреннее ухо	Полость заполнена жидкостью. Орган слуха: овальное окно, улитка, кортиева труба	Овальное окно посредством эластичной мембраны воспринимает колебания, идущие от стремечка, и передает их через жидкость полости внутреннего уха на волоконца улитки. Улитка имеет канал, закручивающийся на 2,75 оборота. Посередине канала улитки проходит перепончатая перегородка – основная мембрана, которая состоит из 24 тыс. волокон различной длины, натянутых как струны. Над ними нависают цилиндрические клетки с волосками, которые образуют кортиева орган – слуховой рецептор. Он воспринимает колебания волокон и передает возбуждение в слуховую зону коры больших полушарий, где формируются звуковые сигналы (слова, музыка)

В процессе органолептических испытаний продуктов, раскусывая пробы, дегустатор одновременно с ощущением осязания воспринимает, как правило, различные шорохи, но не звуки.

**Вибрационные ощущения.** Со слуховыми ощущениями можно связать вибрационную чувствительность, так как у них общая природа отражаемых физических явлений. Этот вид чувствительности можно назвать «контактным слухом». Специальных вибрационных рецепторов у человека не обнаружено.

**Зрение.** Органы зрения (глаза) являются анализаторами, которые возбуждаются волнами световых лучей в видимой области спектра. Глаз – это совершенно необыкновенный прибор, который только могла изобрести «матушка-природа» для нашего зрения, орган чувств с очень сложным анатомическим строением.

Сам **глаз** – это *дистантный рецептор*, потому что дает возможность узнать предметы, удаленные от органов чувств, и явления, происходящие вокруг нас. Наше зрение помогает определить расстояние до предметов и их объемность.

Это возможно благодаря парности зрительного анализатора, на сетчатке при удалении или приближении к предмету происходит изменение размеров изображения, и движение, то есть сведение и разведение осей глаз.

Среди органов чувств глаз занимает особое место. Если принять за 100 % информацию, которую воспринимают все органы чувств, вместе взятые, то на долю зрения придется до 80 % информации, воспринимаемой организмом извне. Недаром говорится, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Это действительно так: человек с помощью зрения воспринимает размеры предметов, их форму, расположение в пространстве, движение. Глаз реагирует на световые раздражения, представляющие собой электромагнитные колебания в видимом диапазоне спектра (длина волны – 380 – 760 нм). Через отверстие в радужной оболочке (зрачок) лучи света входят в глаз и, преломляясь на поверхности глазного яблока, в роговице, хрусталике и стекловидном теле, сходятся на сетчатке, давая на ней изображение видимого предмета.

Человеческий глаз содержит два вида светочувствительных рецепторов: палочки и колбочки. У взрослого насчитывается около 110 – 125 млн. «палочек» и около 6 – 7 млн. «колбочек» (соотношение 1:18). Палочки обеспечивают черно-белое зрение и обладают очень высокой чувствительностью. Колбочки же позволяют человеку различать цвета, но их чувствительность гораздо ниже. В темноте работают только палочки, для них излучения с разной длиной волны отличаются только яркостью, поэтому при низкой освещенности мы, не различая самих цветов, можем все же определить, что зеленое яблоко светлее красного. В сумерках палочки и колбочки

работают совместно, а при повышении уровня освещенности палочки по-немногу отключаются.

Существует три типа колбочек, чувствительных к свету с разной длиной волны. Упрощенно можно сказать, что первый тип воспринимает световые волны с длиной от 400 до 500 нм (условно – «синюю» составляющую цвета), второй от 500 до 600 нм («зеленую» составляющую) и третий от 600 до 700 нм («красную» составляющую). В зависимости от того, световые волны какой длины и интенсивности присутствуют в спектре света, те или иные группы колбочек возбуждаются сильнее или слабее. Рецепторы передают сигналы мозгу, а мозг интерпретирует эти сигналы как видение цвета.

Не существует двух людей, одинаково воспринимающих один и тот же цвет. Это связано с тем, что число рецепторов, отвечающих за восприятие определенных длин волн, у каждого человека индивидуально. Восприятие цветов изменяется с возрастом, зависит от остроты зрения, от национальности человека, даже от цвета его волос и оттого, что он ел (после еды повышается чувствительность глаза к коротковолновой – синей – части спектра). Правда, подобные различия относятся в основном к тонким оттенкам цвета, поэтому с некоторым допущением можно сказать, что большинство людей воспринимает основные цвета одинаково (за исключением, разумеется, дальтоников).

Человеческое зрение представляет собой совершенно уникальный механизм. Одной из его особенностей является постоянно меняющаяся чувствительность, причем изменяется она по всем параметрам. Глаз постоянно приспособливается к окружающим условиям, и подобная адаптация приводит к весьма интересным результатам.

**Яркая адаптация.** В сумерках мы начинаем автоматически перестраивать чувствительность глаза так, чтобы воспринимать максимальный динамический диапазон. Иными словами, происходит подстройка черной и белой точки глаза, изменяется кривая передачи полутонов.

**Цветовая адаптация.** Ее суть в том, что под влиянием предшествующих условий освещения цветовое восприятие смещается. Если человек долго находится в комнате с красным светом, то, выйдя из нее (в помещение с нормальным освещением), на время адаптации окружающие предметы приобретут зеленоватый оттенок, что будет особенно заметно на белых участках. Это связано с тем, что при раздражении определенной группы колбочек в них распадается светочувствительный пигмент, в результате чего мы и видим цвет. Потом этот пигмент, естественно, регенерирует, но происходит это не мгновенно. Поэтому, если одна из групп рецепторов (в нашем примере – красночувствительная) работала особо интенсивно, то при рассматривании белого поля в данном месте сетчатки будут работать преимущественно зелено- и синечувствительные колбочки. Это предель-

ный вариант цветовой адаптации; существуют и гораздо менее заметные, но куда более важные результаты этого процесса.

Можно выделить две группы зрительных ощущений:

- ахроматические, отражающие переход от белого к черному цвету, со всеми оттенками серого цвета и
- хроматические, отражающие цветовую гамму с большим количеством оттенков и тонов цвета.

Дегустатору для точного описания визуальных ощущений необходимо владеть номенклатурой цветов. Влияние различных факторов на зрительные восприятия необходимо учитывать при организации дегустационного контроля качества продуктов.

Многие лица, имеющие психофизиологические возможности для выполнения органолептического анализа, не обладают способностью к словесным описаниям своих ощущений. Поэтому испытание интеллектуальных способностей к описательному анализу служит весомой характеристикой профессиональной компетентности дегустаторов.

Влияние различных факторов на зрительные восприятия необходимо учитывать при организации дегустационного контроля качества продуктов. Помещение для дегустаций рекомендуется располагать с северной стороны здания. Оптимальная площадь окон должна составлять около 35 % поверхности пола. Помещение должно быть хорошо освещено, предпочтительно рассеянным дневным светом без проникновения прямых солнечных лучей. Освещенность рабочих мест должна быть равномерной и составлять не менее 500 лк. Из искусственных источников света предпочтительны люминесцентные лампы. Общее потолочное и индивидуальное освещение для дегустаторов должно обеспечивать достаточную интенсивность света. Кроме того, в каждой кабине дегустатора следует иметь лампу накаливания средней мощности, снабженную фильтрами из цветного стекла. Стены лаборатории следует окрашивать в белый, кремовый или светло-серый цвет, мебель должна быть окрашена в белый цвет.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова анатомия и физиология органов зрения?
2. Опишите строение и физиологию органов вкуса и обоняния.
3. Охарактеризуйте анатомию и физиологию органов осязания.
4. Каковы теоретические основы восприятия цвета?
5. Теоретические основы восприятия вкуса и запаха.
6. Влияние различных факторов на особенности восприятия сенсорных органов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.
2. Голуб, О.В. Дегустационный анализ: Курс лекций / О.В. Голуб. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2003. – 119 с.
3. Кантере, В.М. Основные методы сенсорной оценки продуктов питания / В.М. Кантере, В.А. Матисон, М.А. Фоменко // Пищевая промышленность, 2003. – № 10. – С. 6 – 13.
4. Маттц, С. Структура и консистенция пищевых продуктов / С. Маттц. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 235 с.
5. Нечаев, А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев – М.: Колос, 2002. – 285 с.
6. Панфилова, Л.А. Анатомия, физиология и гигиена человека: общая биология / Л.А. Панфилова, Э.Г. Донецкая. – М.: Рипол Классик, 2003. – 346 с.
7. Потороко, И.Ю. Дегустационный анализ. Учебное пособие /И.Ю. Потороко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 111с.
8. Родина, Т.Г. Профильный анализ в товарной экспертизе копильных препаратов и ароматизаторов / Т.Г. Родина, О.А. Гончаренко // Сб. науч. тр. «Потребительский рынок: состояние и перспективы» – Екатеринбург, 2001. – 87 с.
9. Родина, Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров / Т.Г. Родина. – М.: АСADEMIA, 2004. – 187 с.
10. Сагалович, В.П. Органические соединения – индикаторы качества пищевых продуктов: лекция / В.П. Сагалович, О.Л. Мушникова. – М.: Изд-во Рос. Эконом. Акад., 2001. – 127 с.
11. Хоч, Н.С. Основы анатомии, физиологии и гигиены человека / Н.С. Хоч, М.Л. Седокова, Ю.А. Рябчук. – М.: Владос, 2003. – 150 с.
12. Roininen, K. Effect of umami taste on pleasantness of low salt soups during repeated testing / K. Roininen, K Lahteenmaki, H. Tuorila *Physiology & Behavior* 60 (3): 953 – 958, 1996. –124 p.
13. Yamaguchi, S. Interactions of monosodium glutamate and sodium chloride on saltiness and palatability of a clear soup / S. Yamaguchi. – *Journal of Food Science* 49. – 1984. – 82 – 85 p.
14. Clapp, T.R. Morphologic characterization of rat taste receptor cells that express components of the phospholipase C signaling pathway/ T.R. Clapp, R. Yang, C.L. Stoick. – *J Comp Neurol*, 1994. – 311–321 p.
15. Claassen, M. Comparison of descriptive terminology systems for sensory evaluation of fluid milk / M. Claassen, H.T. Lawless. – *Journal of Food Science*, 1992. – 596 – 600 p.

16. Cliff, M. Descriptive analysis of oral pungency / M. Cliff, H. Heymann. – Journal of Sensory Studies, 1992. – 279 – 290 p.

17. Gwartney, E. Profiling to describe the sensory characteristics of a simple model menthol solution / E. Gwartney, H. Heymann. – Journal of Sensory Studies, 1996. – 39 – 48 p.