

О. В. Савина

БОТАНИКА БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СПО

2-е издание, исправленное и дополненное

Рекомендовано Учебно-методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебного пособия для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

**Книга доступна в электронной библиотеке biblio-online.ru,
а также в мобильном приложении «Юрайт.Библиотека»**

Москва ■ Юрайт ■ 2019

УДК 581.19(075.32)

ББК 28.57я723

С13

Автор:

Савина Ольга Васильевна — профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры маркетинга и товароведения факультета экономики и менеджмента Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева.

Рецензент:

Новиков Н. Н. — профессор, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии Российского государственного аграрного университета Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева.

Савина, О. В.

С13

Ботаника: биохимия растений : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. В. Савина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 227 с. — (Профессиональное образование). — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-534-12500-9

Краткие теоретические основы курса «Биохимия растений», приведенные в пособии, знакомят студентов со строением и функциями основных групп веществ, составляющих растениеводческую продукцию, и превращением их при переработке и хранении.

В лабораторном практикуме рассмотрены важнейшие биохимические методы исследования растениеводческого сырья и продукции.

В конце пособия приведен краткий словарь биохимических терминов, а также список литературы, рекомендованной для изучения дисциплины «Биохимия растений». В приложении содержится справочный материал по химическому составу основных видов растениеводческой продукции.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Учебное пособие может быть широко использовано студентами образовательных учреждений среднего профессионального образования.

УДК 581.19(075.32)

ББК 28.57я723



Delphi Law Company

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-12500-9

© Савина О. В., 2013

© Савина О. В., 2019, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2019

Оглавление

Предисловие	7
Введение.....	10
Глава 1. Органические азотистые вещества растений	12
1.1. Аминокислоты	12
1.1.1. Общее строение.....	12
1.1.2. Классификация.....	13
1.1.3. Свойства аминокислот.....	20
1.1.4. Влияние аминокислот на качество растениеводческой продукции при хранении и переработке	21
1.2. Белки.....	23
1.2.1. Значение и содержание белков в растении.....	23
1.2.2. Строение и пространственная организация белковой молекулы.....	24
1.2.3. Классификация белков растений	28
1.2.4. Свойства белков.....	31
1.2.5. Функции белков в растениях	32
1.2.6. Биологическая ценность растительных белков	34
1.3. Нуклеиновые кислоты.....	37
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>42</i>
Глава 2. Углеводы.....	43
2.1. Углеводы	43
2.2. Олигосахариды.....	47
2.3. Превращения сахаров при высокотемпературной переработке растительного сырья.....	49
2.4. Высшие полисахариды (полиозы)	50
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>64</i>
Глава 3. Органические кислоты	66
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>69</i>
Глава 4. Липиды	71
4.1. Значение и распространение липидов в растениях	71
4.2. Классификация липидов растений	72
4.3. Функции липидов в растениях.....	74
4.4. Простые липиды.....	74
4.4.1. Нейтральные жиры.....	74
4.4.2. Прогоркание жиров	79

4.4.3. Воски	80
4.5. Сложные липиды	81
4.5.1. Фосфолипиды	81
4.5.2. Гликолипиды	84
4.6. Стероидные липиды (стеролы)	84
4.7. Терпены.....	85
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	89
Глава 5. Метаболиты вторичного происхождения	91
5.1. Алкалоиды	91
5.1.1. Общая характеристика алкалоидов	91
5.1.2. Отдельные представители алкалоидов.....	93
5.2. Гликозиды	97
5.3. Фенольные соединения.....	101
5.3.1. Классификация и характеристика отдельных представителей фенольных соединений	102
5.3.2. Полимерные фенольные соединения.....	105
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	107
Глава 6. Ферменты	108
6.1. Механизм действия ферментов	108
6.2. Строение ферментов	110
6.3. Классификация и номенклатура ферментов.....	111
6.4. Изменение активности ферментов в зависимости от условий среды.....	116
6.4.1. Влияние температуры	116
6.4.2. Влияние pH среды	117
6.4.3. Влияние концентрации фермента и субстрата	118
6.4.4. Активаторы и ингибиторы ферментов	119
6.5. Локализация ферментов в растениях	120
6.6. Изменение активности ферментов при хранении растениеводческой продукции.....	121
6.7. Применение ферментов при переработке растениеводческой продукции	122
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	123
Глава 7. Витамины	125
7.1. Общая характеристика витаминов	125
7.2. Изменение содержания витаминов при хранении и переработке растениеводческой продукции	135
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	138
Глава 8. Минеральный состав растительных тканей.....	139
8.1. Роль минеральных элементов в жизни растений.....	139
8.2. Минеральные вещества семян растений.....	141
8.3. Минеральные вещества картофеля, овощей и плодов.....	145
<i>Контрольные вопросы</i>	148
Лабораторный практикум	149
Л1. Органические азотистые вещества растений	151
Л1.1. Аминокислоты	151
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	155

Л1.2. Белки	155
Контрольные вопросы и задания	158
Л2. Углеводы	163
Л2.1. Моносахариды	163
Контрольные вопросы и задания	165
Л2.2. Полисахариды	165
Контрольные вопросы и задания	167
Л3. Липиды	170
Л3.1. Определение сырого жира в масличном сырье	170
Контрольные вопросы и задания	173
Л3.2. Определение жировых чисел растительных масел	173
Контрольные вопросы и задания	178
Л4. Метаболиты вторичного происхождения	178
Л4.1. Определение содержания танина в чае	178
Контрольные вопросы и задания	180
Л5. Ферменты	181
Л5.1. Определение активности каталазы в зерновом сырье	181
Контрольные вопросы и задания	183
Л5.2. Изучение влияния количества пероксидазы на ее активность	183
Контрольные вопросы и задания	186
Л5.3. Определение активности амилолитических ферментов в различном сырье	186
Контрольные вопросы	190
Л5.4. Определение оптимальных условий действия амилолитических ферментных препаратов	190
Контрольные вопросы	193
Л5.5. Определение активности липаз в семенах злаковых и масличных культур	193
Контрольные вопросы	196
Л6. Витамины	196
Л6.1. Жирорастворимые витамины	196
Контрольные вопросы и задания	199
Л6.2. Водорастворимые витамины	199
Контрольные вопросы и задания	203
Л7. Дыхание	205
Л7.1. Исследование зависимости интенсивности дыхания растениеводческой продукции от температуры	205
Контрольные вопросы	208
Список рекомендуемой литературы	209
Новые издания по дисциплине «Биохимия растений» и смежным дисциплинам	210
Краткий словарь биохимических терминов	211
Приложения. Средний химический состав основных видов растениеводческой продукции	217
<i>Приложение 1</i>	<i>218</i>

Приложение 2	220
Приложение 3	221
Приложение 4	222
Приложение 5	223
Приложение 6	225
Приложение 7	227

Предисловие

Данное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Товароведение». Биохимия для товароведов должна составить научную основу оценки качества и пищевой ценности сырья и продуктов. В основе формирования потребительских свойств растениеводческой продукции лежат биохимические показатели и превращения. Знание природы и функций биохимических веществ, составляющих продукцию, путей их превращения при получении и хранении сырья и продуктов, изучение факторов, регулирующих ход биохимических превращений в сырье и продукции, дает возможность установить те или иные особенности данной партии сырья или продукции, наметить наиболее рациональный путь ее использования и соответствующий режим хранения или технологического процесса.

Цель курса «Биохимия растений» — формирование современных представлений, знаний и умений о химическом составе сырья и продуктов растительного происхождения, биохимических процессах, происходящих в них на различных этапах товародвижения. В задачи курса входит:

- изучение строения и биологических функций важнейших органических веществ; механизмов ферментативных и биоэнергетических превращений в живых организмах; химического состава основных групп растениеводческой продукции и биохимических процессов, происходящих в ней на различных этапах товародвижения;

- оценка качества и потребительских свойств растениеводческой продукции по биохимическим показателям;

- формирование необходимых теоретических знаний о взаимосвязи химических компонентов сырья с пищевой, энергетической и биологической ценностью растениеводческой продукции;

- ознакомление с современными методами и достижениями биохимической науки.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить:

трудовые действия

- владение терминами и понятиями биохимии при оценке потребительских свойств товаров растительного происхождения;

- методологией оценки качества товаров химическими и физико-химическими методами анализа;

необходимые умения

- применять знания о химическом составе при оценке пищевой ценности растениеводческой продукции;

— использовать биохимические показатели при оценке качества и безопасности растениеводческой продукции;

— использовать химические и физико-химические методы анализа как инструмент в профессиональной деятельности;

необходимые знания

— основных положений, методов и законов биологической химии, используемых в товароведении;

— состава, строения, свойств и биологических функций основных компонентов химического состава растениеводческого сырья и продукции;

— современных сведений о ферментах, особенностях функционирования ферментных систем в клетках живых организмов и применения ферментов в пищевых технологиях;

— иметь представление о химическом составе основных видов растениеводческой продукции как составляющей качества товаров растительного происхождения;

— взаимосвязи химических компонентов сырья с пищевой, энергетической и биологической ценностью продуктов питания.

Предлагаемое учебное пособие содержит краткие теоретические основы курса «Биохимия растений» по строению и функциям основных групп веществ, составляющих растениеводческую продукцию, и превращениям их при переработке и хранении, ознакомление с которыми необходимо для углубленного понимания биохимических основ формирования потребительских свойств товаров растительного происхождения. Работа над курсом биохимии предполагает знание студентами основ органической химии и анатомии пищевого сырья. В конце каждой главы приведены контрольные вопросы и задания, которые могут помочь студентам проконтролировать освоение отдельных разделов курса.

В лабораторном практикуме рассмотрены важнейшие биохимические методы исследования растениеводческого сырья и продукции, доступные в учебной аудитории. Каждая работа содержит краткие теоретические положения по теме исследования, описание методики проведения анализов и обработки их результатов. В методике каждой лабораторной работы изложен принцип метода определения того или иного показателя, приведен перечень необходимых реактивов, показаны схемы записи и расчета результатов анализов. Для более глубокого и полного понимания изучаемого материала указаны контрольные вопросы и задания, которые студент должен самостоятельно проработать для защиты лабораторных работ.

В конце пособия приведен краткий словарь биохимических терминов, а также список литературы, рекомендованной для изучения дисциплины «Биохимия растений». В приложении содержится справочный материал по химическому составу основных видов растениеводческой продукции.

Учебное пособие предназначено для студентов средних специальных учебных заведений, обучающихся по направлению «Товароведение», а также может быть широко использовано студентами других направлений, научными сотрудниками, изучающими товароведение и экспертизу товаров растительного происхождения.

Введение

Биохимия или биологическая химия является частью общей биологии и изучает химический состав живых организмов и химические превращения веществ и энергии, находящиеся в основе жизнедеятельности организмов. Современную биохимию в полной мере можно считать наукой, главная цель которой — познание химических основ жизненных явлений.

Биохимия подразделяется:

— на *статическую* — занимается анализом химического состава живых организмов;

— *динамическую* — изучает превращения веществ и энергии в организмах;

— *функциональную* — исследует процессы, лежащие в основе определенных проявлений жизнедеятельности.

В зависимости от объекта исследования различают:

— биохимию растений;

— биохимию животных;

— биохимию микроорганизмов;

— биохимию человека (медицинская биохимия).

В данном курсе «Биохимия растений», предназначенном для бакалавров по направлению «Товароведение», представлены химический состав растениеводческой продукции и биохимические процессы, протекающие в ней на различных этапах товародвижения. К растениеводческой продукции относятся сельскохозяйственные растения или их органы, которые непосредственно употребляются в пищу или служат сырьем для переработки. Растениеводческая продукция с точки зрения биохимии представляет наибольший интерес, так как она принципиально отличается от животноводческой. Главная отличительная ее особенность в том, что на всех этапах товародвижения мы имеем дело с живыми биологическими объектами, в которых и после отделения их от материнского растения не прекращается течение биохимических процессов и продолжается обмен веществ, направленный на сохранение жизнедеятельности клетки. Направление и скорость этих процессов оказывает непосредственное влияние на формирование потребительских свойств растительного сырья и продуктов.

Выращиваемые сельскохозяйственные растения должны обеспечивать потребности человека в определенных химических веществах, входящих в их состав. Состав растительных клеток имеет много общего с составом всех живых организмов. Основными органическими соеди-

нениями, из которых построены ткани растений, являются: азотистые вещества (белки, аминокислоты, амиды, нуклеиновые кислоты), углеводы (простые сахара и полисахариды), липиды (жиры и жироподобные вещества), вода, минеральные соли. Кроме того, в составе растительных тканей присутствуют некоторые другие органические вещества: органические кислоты, углеводороды, спирты, альдегиды. Есть вещества, характерные только для растительных тканей: эфирные масла, алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества. Наконец, в тканях растений, как правило, в небольших количествах присутствуют вещества, играющие первостепенную роль в регуляции всего обмена веществ. Их объединяют в группу биологически активных соединений: ферменты, витамины, гормоны, антибиотики, фитонциды и др.

Сведения о химическом составе наиболее распространенных сельскохозяйственных культур приведены в приложениях. Следует иметь в виду, что химический состав растений сильно варьирует в зависимости от сорта, климата, почв и условий выращивания. Поэтому приведенные в таблицах средние данные дают только общее представление о содержании тех или иных веществ и могут служить для ориентировочной оценки пищевой ценности растениеводческой продукции.

Глава 1

ОРГАНИЧЕСКИЕ АЗОТИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА РАСТЕНИЙ

Основную массу азотистых веществ растений и их органов составляют белки. Кроме белков в растениях содержатся и другие азотистые вещества: свободные аминокислоты и их амиды, свободные нуклеиновые кислоты, некоторые пептиды (например, глутатион) и ряд других соединений. Общее содержание небелкового азота значительно ниже, чем белков, и редко превышает 1 % сухой массы, но они оказывают определенное влияние на пищевую ценность, а также на качество растениеводческой продукции при хранении и переработке. Общая классификация азотистых веществ растениеводческой продукции приведена на рис. 1.1.

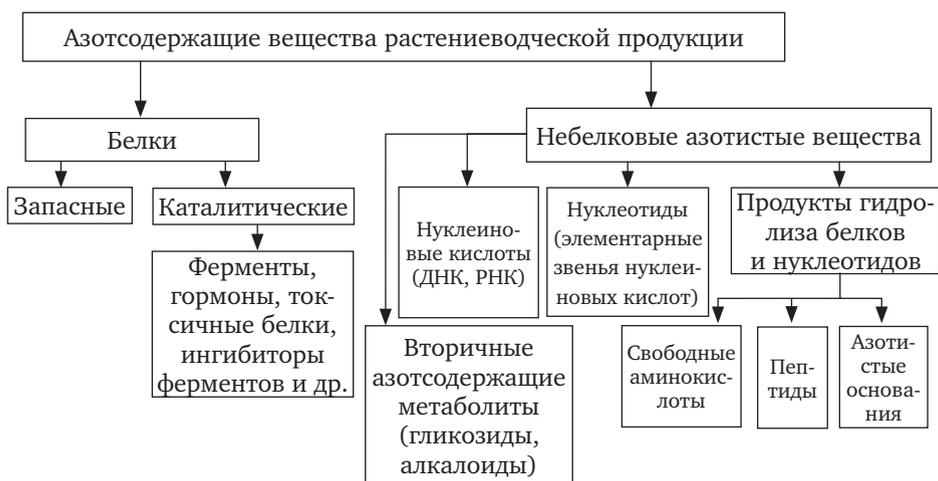


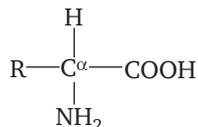
Рис. 1.1. Классификация азотсодержащих веществ растениеводческой продукции

1.1. Аминокислоты

1.1.1. Общее строение

Аминокислоты являются основой молекулы белка. Кроме того, они самостоятельно выполняют ряд жизненно важных функций. В растительной клетке всегда содержится некоторое количество аминокислот и их амидов в свободном состоянии.

По химическому строению аминокислоты являются производными кислот жирного или ароматического ряда и содержат одновременно аминную —NH_2 и карбоксильную —COOH группы. У большинства природных аминокислот аминогруппа расположена в α -положении по отношению к карбоксильной группе (в состав белков входят только α -аминокислоты). Общее строение α -аминокислот следующее:



Все аминокислоты, кроме простейшей аминокислоты — глицина (у которой $\text{R} = \text{H}$), имеют асимметричный α -углеродный атом и могут существовать в виде двух стереоизомеров, называемых *энантиомерами*. Их различают по пространственному расположению замещающих радикалов при α -углеродном атоме и в зависимости от строения относят к L- или D-ряду:



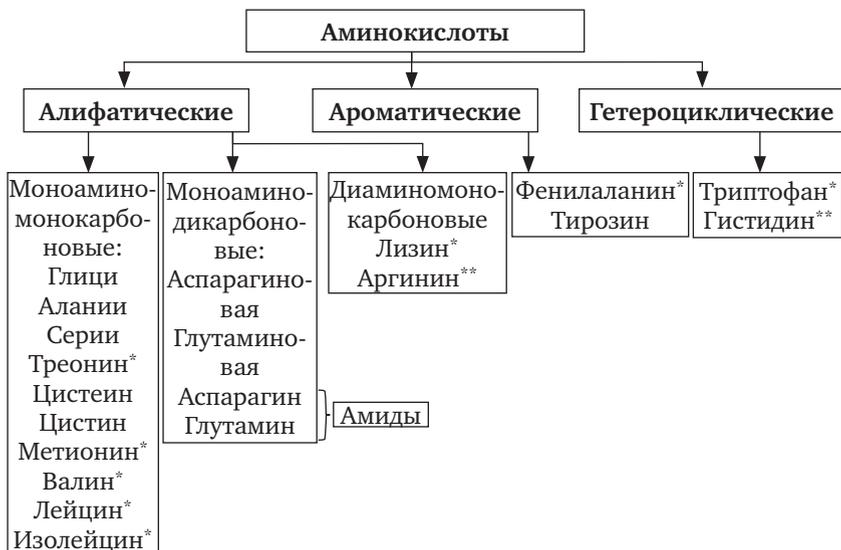
Ферментные системы растений, человека и животных специфически приспособлены катализировать биохимические реакции, происходящие с участием L-изомеров аминокислот, и не способны к превращению D-изомеров, которые могут даже ингибировать биохимические процессы в организме. Поэтому подавляющее большинство природных аминокислот, как входящих в состав белков, так и находящихся в растениях в свободном состоянии, принадлежит к L-ряду.

В настоящее время известно около 300 аминокислот. Среди них различают: а) аминокислоты, входящие в состав белков; б) аминокислоты, образующиеся из других аминокислот, но только после включения последних в процесс синтеза белка; в) свободные аминокислоты. В составе большинства белков как животных, так и растительных клеток постоянно встречаются только 18 аминокислот, две иминокислоты и два амида.

1.1.2. Классификация

В зависимости от строения радикала R аминокислоты можно подразделить на алифатические, ароматические и гетероциклические. По количеству карбоксильных и аминогрупп различают моноамино-монокарбоновые аминокислоты (содержат по одной карбоксильной и аминогруппе); моноаминодикарбоновые аминокислоты (содержат две карбоксильные и одну аминогруппу); диаминомонокарбоновые аминокислоты (имеют две амино- и одну карбоксильную группу). Их классифицируют также по физико-химическим свойствам как амфо-

терные (нейтральные), кислые и основные и, кроме того, по наличию дополнительных функциональных групп выделяют серосодержащие, оксиаминокислоты и т. д. С точки зрения питания отдельно выделяют эссенциальные (незаменимые) аминокислоты. Ниже приведена классификация аминокислот, входящих в состав белков (рис. 1.2).



* Незаменимые аминокислоты

** Частично заменимые аминокислоты

Рис. 1.2. Классификация аминокислот

Кроме того, в составе белков найдены две иминокислоты, содержащие в своем составе не аминную, а иминогруппу —NH— пролин и оксипролин.

Строение и биологическая роль аминокислот, входящих в состав белков, показаны в табл. 1.1. Приведенные в табл. 1.1 аминокислоты являются главными компонентами белков, резко преобладающими в большинстве белков. Все остальные довольно разнообразные аминокислоты, которые, как правило, в незначительном количестве встречаются в тех или иных белках, образуются в результате химических превращений каких-либо из этих аминокислотных остатков уже в составе белковой молекулы.

Среди таких превращений в первую очередь следует отметить образование дисульфидных мостиков при окислении двух остатков цистеина в составе уже сформированных пептидных цепей. В результате из двух остатков цистеина образуется остаток диаминодикарбоновой кислоты — цистина:

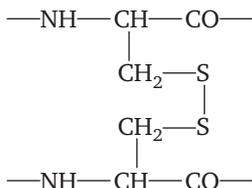
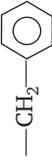
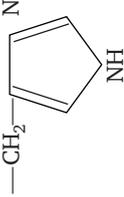
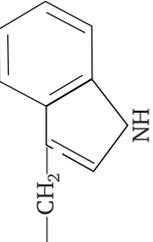
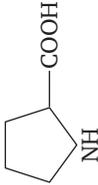


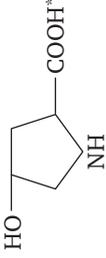
Таблица 1.1

Аминокислоты, входящие в состав белков

Название и сокращенное обозначение аминокислоты	Структура радикала R	Химическое название кислоты	Биологическая роль аминокислоты
Моноаминомонокарбоновые кислоты			
Глицин Gly	—H	α -аминоуксусная	Участвует в формировании β -структуры белков. Используется для синтеза пуриновых нуклеотидов и глутатиона
Аланин Ala	—CH ₃	α -аминопропионовая	Продукт восстановительного аминирования пировиноградной кислоты
Валин Val	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{—CH—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	α -аминоизовалериановая	Незаменимая аминокислота, влияет на гидрофобность белков
Лейцин Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{—CH—} \\ \\ \text{—CH}_2\text{—} \end{array}$	α -аминоизокапроновая	То же
Изолейцин Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{—CH—} \\ \\ \text{CH}_2\text{—CH}_3 \end{array}$	α -амино- β -метилвалериановая	То же
Метионин Met	—CH ₂ —CH ₂ —SCH ₃	α -амино- γ -метилглутаминовая	Незаменимая аминокислота, донор метильных групп

Название и сокращенное обозначение аминокислоты	Структура радикала R	Химическое название кислоты	Биологическая роль аминокислоты
Серин Ser	$-\text{CH}_2\text{OH}$	α -амино- β -оксипропионовая	Влияет на гидрофильность белков, способность к фосфорилированию
Треонин Thr	$-\text{CHOH}-\text{CH}_3$	α -амино- β -оксимасляная	Незаменимая аминокислота, влияет на гидрофильность белков
Цистеин Cys	$-\text{CH}_2\text{SH}$	α -амино- β -тиопропионовая	Участвует в образовании дисульфидных связей
Ароматические аминокислоты			
Фенилаланин Phe		α -амино- β -фенилпропионовая	Незаменимая аминокислота, влияет на гидрофобность белков
Тирозин Tyr		α -амино- β -параокси-фенилпропионовая	Образует при окислении меланины
Гетероциклические аминокислоты			
Гистидин His		α -амино- β -имидазолпропионовая	Участвует в формировании заряда белковой молекулы
Триптофан Trp		α -амино- β -индолпропионовая	Незаменимая аминокислота, предшественник в синтезе никотиновой кислоты

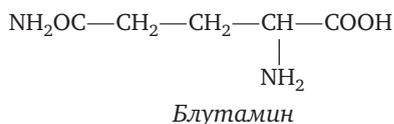
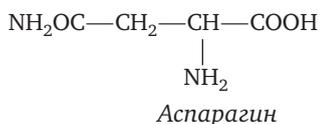
Название и сокращенное обозначение аминокислоты	Структура радикала R	Химическое название кислоты	Биологическая роль аминокислоты
Моноаминокислоты			
Аспарагиновая Asp	$-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Аминояantarная	Участвует в формировании заряда белковой молекулы, предшественник в синтезе многих аминокислот и нуклеотидов
Глутаминовая Glu	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	α -аминоглутаровая	Участвует в формировании заряда белковой молекулы, предшественник в синтезе многих аминокислот, глутатиона, фолиевой кислоты
Диаминомонокислоты			
Лизин Lys	$-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2$	α , ϵ -диаминокапроновая	Незаменимая аминокислота, участвует в формировании заряда белковой молекулы
Аргинин Arg	$-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}-\text{C}(\text{NH}_2)=\text{NH}$	α -амино- δ -гуанидилвалериановая	Участвует в формировании заряда белковой молекулы
Иминокислоты			
Пролин Pro		пирролидин-2-карбоновая	Участвует в формировании β -структуры белков, накапливается в клетках растений при водodefицитном стрессе

Название и сокращенное обозначение аминокислоты	Структура радикала R	Химическое название кислоты	Биологическая роль аминокислоты
Оксипролин		4-оксипирролидин-2-карбоновая	Содержится в листьях некоторых растений, образуется в белковой молекуле в результате модификации пролина

* Структура иминокислот приведено полностью.

При этом возникает сшивка либо внутри одной полипептидной цепи, либо между двумя различными цепями. Особо важную роль образование дисульфидных связей играет в белках пшеницы, так как они придают клейковине пшеницы упругие и эластичные свойства.

Помимо представленных в табл. 1.1 аминокислот в растениях, как в составе белков, так и в свободном виде находится большое количество амидов аспарагиновой и глутаминовой кислот — аспарагина и глутамина, соответственно:



Физиологическая роль аспарагина и глутамина исключительно велика. Образование их в растении рассматривается как способ обезвреживания избытка аммиака, являющегося ядом для растительных тканей. Избыточное количество аммиака накапливается при прорастании растений в результате гидролиза белков и последующего дезаминирования аминокислот, а также при питании растений аммиачным азотом. В этих случаях в клетках повышается концентрация аммиака, который связывается в виде амидов.

Важная роль амидов в азотном обмене растений была выяснена благодаря классическим исследованиям Д. Н. Прянишникова. Он установил, что в растении всегда присутствуют оба амида, но в разных количествах. Преимущественное накопление глутамина и его преобладание над аспарагином происходит при лучшем обеспечении растений углеводами, а при недостатке углеводов в растениях образуется в основном аспарагин.

В отличие от растений человек и животные синтезируют не все аминокислоты, необходимые для их жизни. Существует группа незаменимых аминокислот, которые человек и животные должны получать с пищей. В случае отсутствия или недостатка в пище этих аминокислот нарушается нормальное функционирование организма. К незаменимым относится восемь аминокислот: треонин, метионин, валин, лейцин, изолейцин, лизин, фенилаланин и триптофан. Кроме того, две аминокислоты — гистидин и аргинин относят к частично заменимым, так как скорость их синтеза в организме человека недостаточна для обеспечения всей потребности в этих аминокислотах, особенно у детей. Незаменимые аминокислоты входят в состав всех белков, но могут также находиться в растении и в свободном виде. Распространение незаменимых аминокислот в растениях приведено в табл. 1.2¹.

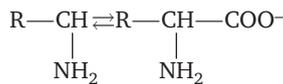
¹ Щербаков В. Г. [и др.]. Биохимия. СПб. : ГИОРД, 2009. С. 61.

Незаменимые аминокислоты

Название	Распространение
Валин	В свободном виде содержатся в семенах и в проростках зерна и семян. Встречается, как правило, в меньшем количестве, чем другие аминокислоты
Треонин	Встречается там же, в виде фосфорных эфиров
Лейцин	Встречается в больших количествах в белках некоторых растений (зеин кукурузы). В свободном состоянии найден в вике, люпине, тыкке, фасоли, семенах акации и вишни
Изолейцин	В свободном виде обнаружен в ростках вике и мелассе свеклосахарного производства
Метионин	Источник —CH ₃ -групп при синтезе пектиновых веществ, лигнина, никотина, гордеина ячменя, холина
Лизин	В растительных белках содержится в небольших количествах, особенно в белках семян злаковых культур
Аргинин	Широко распространен в свободном состоянии в люпине, тыкке, капусте, люцерне, фасоли, горохе, пшенице и других растениях
Гистидин	Путь синтеза в растениях не известен
Фенилаланин	В небольшом количестве обнаружен в семядолях и стеблях
Триптофан	Встречается в составе белков в относительно малых количествах

1.1.3. Свойства аминокислот

Изоэлектрическая точка. Большинство аминокислот хорошо растворяется в воде, за исключением кислот с гидрофобными радикалами. В водном растворе аминокислоты представляют собой биполярные соединения (внутренние соли):

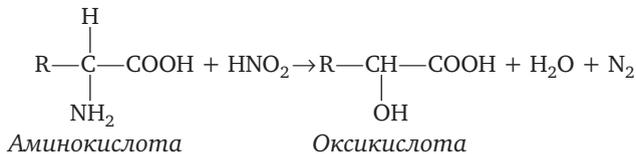


В зависимости от pH среды молекула аминокислоты будет нести положительный либо отрицательный заряд. Значение pH среды, при которой устанавливается равенство положительных и отрицательных зарядов, называется изоэлектрической точкой. В изоэлектрической точке аминокислоты электронейтральны. Если pH ниже, чем в изоэлектрической точке, то молекула аминокислоты заряжена положительно за счет заряда аминогруппы и ведет себя в водном растворе как катион. При pH среды выше, чем в изоэлектрической точке, молекула аминокислоты заряжена отрицательно за счет диссоциации карбоксильной группы и ведет себя в водном растворе как анион.

Изоэлектрические точки моноаминомонокарбоновых кислот находятся в слабокислой среде (pH 5,0—6,5); у моноаминодикарбоновых кислот изоэлектрические точки находятся в кислой среде (pH 3,0—3,2), а у диаминомонокарбоновых кислот — в щелочной среде (pH 9,7—10,8).

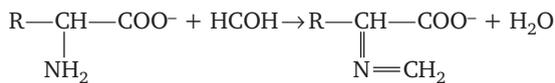
Поскольку в молекулах аминокислот имеются как кислотные, так и основные группировки, они проявляют амфотерные свойства и могут взаимодействовать и с кислотами, и с основаниями, образуя соответствующие соли.

Взаимодействие с азотистой кислотой



Эту реакцию используют для определения аминокислот по количеству выделившегося газообразного азота (метод Ван-Слайка).

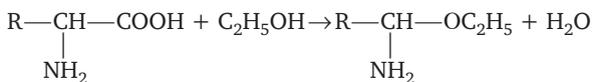
Взаимодействие с формальдегидом. Реакция идет с щелочной среде:



Образующееся алкилдиеновое производное обладает кислотными свойствами и легко оттитровывается щелочью. По количеству пошедшей на титрование щелочи определяют количество аминокислоты (метод формольного титрования, или метод Серенсена).

Нингидриновая реакция. Нингидрин — специфический реактив на α -аминокислоты. При нагревании раствора аминокислоты и нингидрина образуется окрашенный в синий цвет продукт конденсации двух молекул нингидрина и аминокислоты. Иминокислоты пролин и оксипролин при взаимодействии с нингидрином дают желтоокрашенные продукты. По интенсивности окрашивания определяют концентрацию аминокислоты в растворе. Нингидриновую реакцию используют в автоматических анализаторах аминокислот.

Взаимодействие со спиртами с образованием сложных эфиров



Эта реакция применяется для разделения и определения аминокислот путем фракционной перегонки их эфиров в вакууме.

1.1.4. Влияние аминокислот на качество растениеводческой продукции при хранении и переработке

Свободные аминокислоты и их амиды составляют основную массу небелковых азотистых соединений растительной клетки. При хране-

нии и переработке растениеводческой продукции их содержание может увеличиваться в результате гидролиза белков. Накопление аминокислот может явиться причиной образования ряда соединений, влияющих на вкус и аромат пищевых продуктов растительного происхождения. Производными аминокислот являются такие соединения, как меланоидины, меланины, сивушные масла и др., которые в значительной мере определяют качество получаемых пищевых продуктов (табл. 1.3). Дадим им краткую характеристику.

Меланоидины — темноокрашенные соединения со специфическим ароматом. Образуются в результате неферментативного взаимодействия аминокислот с редуцирующими сахарами в процессе термической обработки растениеводческого сырья. Наиболее сильно реагируют растворимые аминокислоты (глицин, аланин, аспарагин), менее активно действуют слаборастворимые аминокислоты (цистин, тирозин и др.). Реакция меланоидинообразования идет наиболее энергично при молярном соотношении между аминокислотами и сахарами 1:2.

Таблица 1.3

Производные аминокислот, влияющие на качество продуктов растительного происхождения

Наименование	Меланоидины (реакция Майяра)	Меланины	Сивушные масла
Характеристика	Темноокрашенные соединения со специфическим вкусом и ароматом	Темноокрашенные горькие соединения	Маслянистая ядовитая жидкость с резким запахом (изоамиловый, изобутиловый и <i>n</i> -пропиловый спирты)
Из каких веществ образуются	Редуцирующие сахара (глюкоза, фруктоза, мальтоза) + растворимые аминокислоты (глицин, аланин, аспарагин и др.)	Тирозин, фенилаланин	Треонин, валин, лейцин и изолейцин
Условия протекания реакции	$t = 120—150\text{ }^{\circ}\text{C}$, H_2O	Фермент тирозиназа	Гетероферментативное спиртовое брожение
Процессы, в которых образуются	Хлебопечение, сушка или обжарка овощей	Хранение клубней картофеля, сушка макаронных изделий	Бродильные производства
Следствия	Потемнение корки хлеба, ухудшение цвета, вкуса и аромата картофельных чипсов, сухих и обжаренных картофелепродуктов	Почернение сердцевины клубней картофеля, потемнение макарон при сушке	Отравляющее действие спирта-сырца