

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

О.В. Позднякова, В.В. Матюшев

ОСНОВЫ БИОХИМИИ ЗЕРНА И КОМБИКОРМОВ

*Рекомендовано научно-методическим советом
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Красноярский государственный аграрный
университет» для внутривузовского использования
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению подготовки 260100.68 «Продукты питания
из растительного сырья»*

Красноярск 2014

ББК 45.451.8

П 47

Рецензенты:

*О.Н. Буянов, д-р техн. наук, проф. Кемеровского технологического
института пищевых производств*

*О.П. Щербак, заместитель директора ФГУ «Красноярский
референтный центр Россельхознадзора»*

П 47 **Позднякова, О.В.**

Основы биохимия зерна и комбикормов: учеб. пособие /
О.В. Позднякова, В.В. Матюшев; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красно-
ярск, 2014. – 255 с.

Изложены вопросы биохимии зерна, зернопродуктов и комбикормов, со-
держится общая информация о белках, витаминах, ферментах, углеводах, липи-
дах, минеральных веществах, нуклеиновых кислот, дыхании зерна.

Приведены лабораторные работы, вопросы для самоконтроля, тестовые
задания и список литературы. Часть теоретического материала и лабораторных
работ представлена на английском языке.

Предназначено для магистров Института пищевых производств, обучаю-
щихся по направлению 260100.68 «Продукты питания из растительного сырья».

ББК 45.451.8

© Позднякова О.В., Матюшев В.В., 2014

© ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный
аграрный университет», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. БЕЛКИ ЗЕРНА.....	11
1.1. Свойства белков.....	11
1.2. Классификация белков.....	13
1.3. Характеристика отдельных групп белков.....	16
1.4. Формы связей в белке.....	28
1.5. Пространственная структура белковой молекулы.....	30
1.6. Состав и строение клейковины зерна пшеницы.....	32
1.7. Клейковина и ферменты.....	40
1.8. Смешивание зерна пшеницы с клейковиной разного качества.....	42
1.9. Факторы, влияющие на выход и качество клейковины зерна пшеницы.....	45
2. ВИТАМИНЫ ЗЕРНА.....	52
2.1. Общая характеристика витаминов.....	52
2.2. Водорастворимые витамины.....	53
2.3. Жирорастворимые витамины.....	59
2.4. Витаноминоподобные вещества.....	62
2.5. Антивитамины.....	64
3. ФЕРМЕНТЫ ЗЕРНА.....	65
3.1. Общее понятие о ферментах.....	65
3.2. Строение ферментов.....	67
3.3. Свойства ферментов.....	73
3.4. Механизм действия ферментов.....	79
3.5. Ферменты, содержащиеся в зерне.....	83
4. УГЛЕВОДЫ ЗЕРНА.....	98
4.1. Общая классификация.....	98
4.2. Моносахариды.....	98
4.3. Полисахариды первого порядка.....	104
4.4. Полисахариды второго порядка.....	106
5. ЛИПИДЫ ЗЕРНА.....	114
5.1. Общая характеристика и классификация липидов.....	114
5.2. Простые липиды.....	116
5.3. Воски.....	121
5.4. Сложные липиды.....	122

6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ВЛАГА И КИСЛОТНОСТЬ ЗЕРНА.....	125
6.1. Минеральные вещества зерна.....	125
6.2. Влага и кислотность зерна.....	133
7. ДЫХАНИЕ ЗЕРНА.....	140
7.1. Изменения в зерновой массе, вызываемые интенсивностью дыхания.....	140
7.2. Особенности дыхания зерна.....	147
8. КОМБИКОРМОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО.....	151
8.1. Показатели качества комбикормов.....	151
8.2. Компоненты для производства комбикормов.....	153
9. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ.....	171
10. ТЕМЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ.....	180
10.1. Сведения о комбикормах. Комбикормовая продукция и рецепты (Cramps on mixed foods. Combifodder production and recipes).....	180
10.2. Технология производства премиксов (The «know-how» premix).....	186
10.3. Лабораторный практикум.....	194
Лабораторная работа 1. Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями (ГОСТ 13586.4–83) (Laboratory work 1. Grain. Methods of definition of infection rate and damage pests (the GOST 13586.4–83)).....	194
Лабораторная работа 2. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности (ГОСТ 21094–75) (Laboratory work 2. Bread and bakery products. The method of moisture determination (the GOST 21094–75)).....	204
Лабораторная работа 3. Мука и отруби. Метод определения крупности (ГОСТ 27560–87) (Laboratory work 3. Meal and bran. The method of defining size (the GOST 27560–87)).....	209
Лабораторная работа 4. Мука. Метод определения автолитической активности (ГОСТ 27495–87) (занятие на русском языке).....	213
Лабораторная работа 5. Мука пшеничная. Определение содержания сухой клейковины (ГОСТ 28797–90, ИСО 6645-81) (занятие на русском языке).....	216

10.4. Задания для самостоятельной работы.....	218
<i>Задание для самостоятельной работы №1</i> <i>(комбикормовое производство).....</i>	<i>218</i>
<i>Задание для самостоятельной работы №2</i> <i>(лабораторные работы 1–3).....</i>	<i>223</i>
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	226
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....	233
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	253
ЛИТЕРАТУРА.....	254

ВВЕДЕНИЕ

Биохимия зерна изучает химический состав семян, зерна, муки, крупы и хлеба; биохимические процессы, происходящие при созревании и прорастании семян и зерна; биохимические процессы при хранении зерна и продуктов его переработки, а также пути борьбы с потерями при хранении; биохимические процессы, происходящие в зерне при его переработке; разработку научной основы мероприятий по улучшению качества муки, крупы и других продуктов из зерна и для системы производственного технологического контроля; биохимические процессы в продуктах переработки зерна при их хранении; пищевую ценность зерна и продуктов его переработки.

Итальянский ученый Беккари в 1745 г. опубликовал доклад о выделении им из пшеничного теста отмыванием водой от крахмала и отрубей вязной эластичной и упругой массы (клейковины). Обширные исследования клейковины выполнил член Петербургской академии наук Модель (1768 г.). Большой вклад в биохимию растений и технической биохимии внесли академики А.Н. Бах и А.И. Опарин, основавшие в 1935 г. в Москве институт имени А.Н. Баха, превратившийся в центр научно-исследовательских работ по биохимии. Из обширного круга вопросов, над которыми работали эти ученые, необходимо выделить исследования по ферментам, значительно расширяющие представление о биохимических процессах в зерне и при производстве хлеба. В начале 40-х годов академик В.А. Энгельгардт внес значительный вклад в мировую науку, открыв дыхательное фосфорилирование – основу биоэнергетики. Русский ученый В.А. Белицер и ряд других ученых установили, что энергия, освобождающаяся при окислительных процессах дыхания, трансформируется (запасается) в высокоэнергетических фосфатных связях аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Энергия этих фосфатных связей приводит в действие механизм всего разнообразия биологических функций.

Профессор Ленинградского института растениеводства Н.Н. Иванов выполнил большую работу по биохимической характеристике важнейших видов и сортов культурных растений. Профессор Московского университета А.Р. Кизель исследовал ферменты зерна, связь влажности зерна и зерновой массы с физио-

логическими и биохимическими процессами. Сотрудник Ленинградского института растениеводства К.М. Чинго-Чингас составил первую сводку мукомольных и хлебопекарных особенностей сортов советской пшеницы в 1922 и 1931 гг. Работы члена АМН СССР Б.И. Збарского показали роль белков в питании человека и необходимость изучения аминокислотного состава всего комплекса белков для характеристики биологической ценности пищевых продуктов.

Проведены исследования по физиолого-биохимическим основам хранения и переработки масличных семян (Голдовский А.М., Кретович В.Л., Щербаков В.Г., Копейковский В.М., Стародубцева А.И.). Детально изучен химический состав пшеничного зерна и его анатомических частей (Роменский Н.В.); химический состав промежуточных продуктов помола зерна на современных мельзаводах (Чигирев С.Д., Соседов Н.И., Братухин А.М.). Полученные результаты использовались при разработке схем помола и для стандартизации сортов муки. Важное значение приобрел способ оценки качества муки по зольности, введенный в практику еще в 20-е годы П.А. Козьминым и В.С. Смирновым. Многочисленные работы были посвящены изучению отдельных компонентов зерна – белков, углеводов, полисахаридов, липидов, минеральных веществ и т.д. (Кизель А.Р., Кретович В.Л., Козьмина Н.П., Соседов Н.И., Вакар А.Б., Голенков В.Ф. и многие другие). Работы по химии и биохимии зерновых культур были обобщены в монографии А.П. Нечаева и Ж.Я. Сандлер «Липиды зерна». Физико-химические основы размола зерна разработаны Я.Н. Куприцем и изложены в его монографии «Физико-химические основы зерна». Биохимические процессы при холодном и горячем кондиционировании (гидротермической обработке) зерна подробно исследованы Н.И. Соседовым, В.Л. Кретовичем, Н.Н. Зотовой, Е.Д. Казаковым, И.А. Сахаровой.

Интенсивно проводятся исследования в области химических методов борьбы с вредителями зерновых запасов, изыскания более эффективных инсектицидов и методов их применения (Закладной Г.А.). Поставлена задача всемирного внедрения в растениеводство интенсивной технологии – магистрального пути увеличения продовольственного фонда страны, прежде всего зерна с высокой урожайностью и повышенным качеством – мукомольным и хлебопекарным.

Сущность интенсивной технологии заключается в оптимизации условий выращивания.

Проводятся исследования биохимических и технологических свойств и показателей качества зерна, выращенного на различных уровнях окультуренности почвы (Карпиленко Г.П.).

Большое значение имеет дальнейшая разработка и совершенствование на основе биохимических данных объективных методов оценки качества зерна и муки, а также методов технохимического контроля технологических процессов и качества готовой продукции.

Особое значение здесь приобретает разработка и внедрение специальных экспрессных и автоматических методов на основе хроматографии, электрофореза, спектроскопии, люминесцентного и изотопного анализа, а также других современных методов химического и физического анализа.

К основным научным центрам России по биохимии зерна и хлебопродуктов относятся институты биохимии им. А.Н. Баха РАН, Московский государственный университет пищевых производств, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки.

Первый в России комбикормовый цех производительностью 100 т/сутки был построен в совхозе «Лесные поляны» недалеко от станции Болшево Московской области. В январе 1928 г. этот цех был зарегистрирован как первый Московский государственный комбикормовый завод. А.П. Мазник (Главное управление комбикормовой промышленности СССР), анализируя развитие комбикормовой промышленности, выделил четыре этапа в истории отрасли.

Первый этап – становление отрасли (1928-1940 гг.). К этому периоду отрасль располагала 19 крупными механизированными заводами. В 1940 г. было выработано 1185 тыс. т комбикормов (более 1 млн т). На этом этапе развития в работе по организации производства комбикормов начали принимать участие ученые зоотехнических лабораторий. Под их руководством и при непосредственном участии разрабатывали научно обоснованную рецептуру комбикормов для сельскохозяйственных животных. Во время Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.) комбикормовая промышленность потеряла 60 % своей мощности. 12 предприятий было полностью разрушены и производство комбикормов резко сократилось, и в 1947 г. оно составило 196 тыс. т. С конца 1947 г.

началось восстановление комбикормовой промышленности, стали вырабатывать комбикорма для птицы.

Второй этап развития отрасли условно включает 1952-1966 гг. В 1952 г. Главкомбикорм, в состав которого входила комбикормовая промышленность, был ликвидирован, и комбикормовые заводы перешли в ведение Главного управления мукомольной промышленности Министерства заготовок СССР, что предопределило дальнейшее направление ее развития. С 1953 г. проектирование предприятий было поручено институтам «Промзернопроект». В 1954-1956 гг. началось строительство комбикормовых цехов в составе мелькомбинатов в городах Бугуруслане, Могилеве, Брянске. В 1956 г. был разработан проект комбикормовых цехов производительностью 150 т/сутки, которые строились при мелькомбинатах и вырабатывали комбикорма-концентраты. К началу 1957 г. насчитывалось уже 47 комбикормовых заводов.

Третий этап развития комбикормовой промышленности начался с 1966 г. Этот период характеризуется ускоренным развитием, созданием новых проектов, разработкой технических решений, не имеющих равных в мире. Накопленный предприятиями опыт использовался и реализовывался в типовых проектах производительностью 315, 500, 630 т/сутки. В дальнейшем типоразмеры комбикормовых заводов расширялись, их мощность увеличивалась до 700-1050 т/сутки. Этот этап характеризуется расширением номенклатуры вырабатываемой продукции. В России же и в других республиках СССР началась специализация на комбикормовых заводах г. Ирбит (Свердловская обл.), г. Бельцы (Молдавия) и г. Васильки (Украина). Особый спрос белково-витаминные минеральные добавки (БВМД) имели на межхозяйственных заводах, которые строили в самых различных регионах. В начале 70-х годов в России насчитывалось более 1000 межхозяйственных комбикормовых заводов, не имеющих своих железнодорожных путей.

Четвертый этап развития с середины семидесятых годов был для комбикормовой промышленности результативным. Отрасль оснащалась новыми типами и типоразмерами оборудования, интересными индивидуальными проектами. Отдельные технологические линии и приемы были оригинальны и не имели аналогов в мире. Это проекты реконструкции Болшевского комбикормового завода с доведением производства до 2400 т/сутки рассыпных комбикормов;

проект Раменского комбикормового завода производительностью 600 т/сут. с двумя самостоятельными параллельно работающими линиями: предварительного дозирования сырья, требующего измельчения, и так называемого трудносыпучего. Впоследствии проект Раменского комбикормового завода был усовершенствован с доведением производительности до 900, а позже и до 1800 т/сутки. Построенные в г. Ожерелье и г. Клин (Московской обл.) заводы производительностью 900 т/сутки были прототипами Раменского комбикормового завода.

Современная комбикормовая промышленность России является важным звеном в развитии промышленного животноводства, всех его отраслей (птицеводство, скотоводство, коневодство, рыбоводство, пушное звероводство и т.д.).

Данное учебное пособие позволит магистрам углубить знания по биохимическим процессам, протекающим при хранении и переработке зерна, комбикормов. Пособие составлено на основании рабочей программы учебной дисциплины «Биохимия зерна, продуктов его переработки и комбикормов» для подготовки магистров по основной образовательной программе ФГОС ВПО 3-го поколения, направления 260100.68 «Продукты питания из растительного сырья».

1. БЕЛКИ ЗЕРНА

1.1. Свойства белков

Различают химические, физические и биологические свойства белков. **Химические свойства белков** отличаются исключительным разнообразием. Обладая аминокислотными радикалами различной химической природы, белковые тела способны давать широкий круг реакций. При рассмотрении свойств аминокислот эти реакции уже были перечислены. Все они характерны и для белков.

Особо важную роль в обеспечении определенных структурных особенностей белковых молекул и ряда их биологических свойств имеют реакции между радикалами аминокислотных остатков в пределах одной и той же белковой молекулы. При этом выявляется отчетливая зависимость третичной структуры белков от ряда внешних условий: рН среды, концентрации солей в растворе, окислительно-восстановительного режима клетки и др. Весьма характерна для белков реакция гидролиза пептидных связей. Располагая значительным числом основных и кислых групп, белки проявляют амфотерные качества.

Некоторые **физические свойства белков** (молекулярная масса, двойное лучепреломление, подвижность в электрическом поле) рассмотрены выше. Кроме них, для белков характерны оптические свойства, заключающиеся в способности вращать плоскость поляризации света (оптическая активность белков), рассеивать световые лучи ввиду значительных размеров белковых частиц и поглощать ультрафиолетовые лучи. Перечисленные оптические свойства белков используют при их количественном определении, измерении молекулярной массы и т.п.

Одним из характерных физических свойств белков является их способность адсорбировать на поверхности молекул (а иногда и захватывать внутрь молекулы) низкомолекулярные органические соединения и ионы. С этим свойством белков связана их транспортная функция в организме: некоторые белки являются хорошими переносчиками продуктов обмена.

К числу **биологических свойств белков** относят в первую очередь их биокаталитическую активность. Благодаря особому строению молекулы или наличию активной группы, соединенной с белком, многие белки обладают способностью каталитически ускорять ход

химических реакций. Это свойство белков играет огромную роль в осуществлении процессов жизнедеятельности. Оно будет детально рассмотрено в главе о ферментах. Другое не менее важное биологическое свойство белков – их гормональная активность, т.е. способность воздействовать на целые группы реакций в организме. Ряду белков присущи токсические свойства, патогенная активность, защитные и рецепторные функции, ответственность за явления клеточной адгезии и, как следствие этого, морфогенеза и т.п.

Огромна пластическая роль белков: в сочетании с другими макромолекулами они дают начало смешанным биополимерам – нуклеопротеинам, липопротеинам и гликопротеинам, которые в свою очередь обеспечивают возникновение субклеточных структур и надклеточных образований в организме. Характерно, что информация о том, как будет построена та или иная субклеточная структура, содержится именно в белковых молекулах. Сочетание своеобразных химических, физических и биологических свойств белков обеспечивает именно этому классу органических соединений центральную роль в явлениях жизни.

Еще одно своеобразное качество белковых тел – денатурация. Белки, обладающие всеми характерными природными свойствами, называются **нативными**. Часто под влиянием очень мягкой обработки, например легкого встряхивания, и тем более при грубых физических или химических воздействиях белки быстро теряют нативность и переходят в денатурированное состояние. Изменение уникальной структуры нативного белка, сопровождающееся потерей характерных для него свойств: растворимости, биологической активности, электрофоретической подвижности и т.п., называется денатурацией. Денатурация, как правило, затрагивает третичную и частично вторичную структуры белковой молекулы и не сопровождается какими-либо изменениями первичной структуры. Поэтому при денатурации белка нарушаются главным образом дисульфидные мостики, солевые и водородные связи, а также гидрофобные взаимодействия в белковой молекуле. При определенных условиях денатурированный белок можно частично или полностью вернуть к исходному состоянию. Такой белок называют **ренатурированным**. Современная фундаментальная биология уделяет огромное внимание нарушению нативной конформации белков, связывая с ней важнейшие свойства клеток и, в частности, денатурационный механизм повреждения последних.

1.2. Классификация белков

Несмотря на то что первичная, вторичная и четвертичная структуры белков изучены в значительной степени и прогресс в этой области продолжается, до сих пор не создано ни строгой номенклатуры, ни научной классификации белков. Названия белкам дают по случайным признакам, чаще всего принимая во внимание источник выделения белка (например, наименование авидин – белок яйца – происходит от лат. *avis* – птица; казеин – белок молока – от лат. *caseus* – сыр; фазеолин – главный запасной белок фасоли – *phaseolus vulgaris* и т.п.) или учитывая растворимость белка в тех или иных агентах, форму молекулы, аминокислотный состав и т.п.

Столь же несовершенна и классификация белков. В зависимости от положенного в основу классификации признака среди белков выделяют те или иные узкие или широкие группы. Так, характеризуя белки по степени сложности, среди них выделяют две большие группы: простые и сложные белки. **К простым белкам, или протеинам,** относят белки, дающие при гидролизе только аминокислоты. **Сложными** белками называют вещества, состоящие из протеина (простого белка) и добавочной группы небелковой природы. Поэтому ранее было принято называть сложные белки протеидами, т.е. подобными протеинам. Однако сейчас от этого термина отказались, и в зависимости от химической природы добавочной группы эти белки называют хромопротеинами, липопротеинами, гликопротеинами, нуклеопротеинами, металлопротеинами и т.п. Простые белки часто обозначают как однокомпонентные, а сложные – как двухкомпонентные.

По форме частиц белки делят на фибриллярные (волокнистые) и глобулярные (корпускулярные). **Фибриллярные белки** и обычно собраны в пучки, которые образуют далее волокна. К числу фибриллярных белков принадлежат фиброин шелка, кератин волоса, коллаген кожи и др. Белки, имеющие палочкообразную форму молекулы, называют **корпускулярными** (корпускула – частица), или **глобулярными**. Подавляющее число природных белков относится к корпускулярному типу.

По отношению к некоторым условно выбранным растворителям среди белков различают протеиноиды, альбумины, глобулины и проламины.

К **протеиноидам** относят белки, не растворяющиеся в обычных растворителях белков: воде, солевых и водно-спиртовых смесях. Данное качество присуще почти всем фибриллярным белкам. Однако в специфических агентах протеиноиды хорошо растворяются: так, например, фиброин шелка полностью переходит в раствор при обработке дихлоруксусной кислотой, безводной плавиковой кислотой, концентрированным раствором роданида лития или бромида калия и т.п.

К **альбуминам** причисляют белки, отлично растворяющиеся в воде и крепких солевых растворах; в последнем случае принимают, что для альбуминов характерна растворимость в водном растворе $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, где концентрация сульфата превышает 50% от насыщения. При переходе к очень концентрированным растворам $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, вплоть до полностью насыщенных, альбумины высаливаются.

К **глобулинам** принадлежат белки, не растворимые в воде, но растворимые в солевых растворах умеренных концентраций. Характерным признаком глобулинов считают их полное осаждение при полунасыщении раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Проламины представляют группу белков, растворимых в 60-80% водном растворе этилового спирта.

По аминокислотному составу некоторые белки отличаются своеобразием, и это тоже дает основание делить их на группы. Так, белки, содержащие в составе молекулы 80-90% арг и ограниченный набор (6-8) других аминокислот, относят к группе **протаминов** (простейшие белки). Они широко представлены в молоках рыб. Типичным представителем их является, например, сальмин из молок семги, содержащий (в %) 85,2 арг, 9,1 сер, 5,8 про, 3,1 вал, 3,0 гли, 1,6 иле, 1,1 ала и лишенный всех других аминокислот, обычно встречающихся в белках. Другая группа белков со своеобразным аминокислотным составом – **гистоны**. Эти белки отличаются высоким содержанием основных аминокислот: арг, лиз и гис (не менее 30%) и в значительных количествах содержатся в ядрах клеток. Спирторастворимые белки – **проламины** – также имеют характерный аминокислотный состав: в них много глу (20-50%) и про (10-15%), в связи с чем они и получили свое название. Проламины выделены только из растительных объектов.

Приведенная классификация крайне несовершенна. В ее основу положены случайные признаки, зачастую приводящие к противоречиям и путанице. Например, деление белков на простые и сложные с

развитием аналитических методов и уточнением состава белковых тел все более затрудняется, так как тонкий анализ во многих случаях позволяет обнаружить в составе типичных простых белков незначительные, но стабильные примеси соединений, не являющихся аминокислотами (металлы, аминсахара и др.). Яичный альбумин, например, долгое время считали типичным простым белком, но недавно в нем найдено около 2% маннозы. К глобулинам, как было указано выше, относят белки, не растворимые в воде и высаливающиеся при 50%-м насыщении раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Однако существует большая группа белков, растворимых в воде как альбумины, но высаливающихся как глобулины (их называют псевдоглобулинами). Число таких примеров можно было бы умножить. Поэтому предприняты попытки, основываясь на успехах химии и биохимии белков, дать им научно обоснованную классификацию.

Первая попытка состоит в классификации белков в соответствии с особенностями их вторичной и третичной структуры. Согласно этой классификации среди глобулярных белков выделяют 4 класса: α , β , $\alpha+\beta$ и α/β . К классу α -белков относятся глобулярные белки, содержащие только α -спиральные конформации в количестве не менее 60% от составляющей их полипептидной цепи; к классу β -белков – содержащие только β -структуры в виде, как правило, не менее двух антипараллельных цепей; к классу $\alpha+\beta$ -белков – содержащие те и другие структуры в пределах одной и той же полипептидной цепи, причем один домен собран из α -структур, а другой – из β -структур; к классу α/β -белков – содержащие многочисленные α - и β -структуры, либо чередующиеся вдоль полипептидной цепи, либо расположенные так, что один или несколько β -слоев окружены несколькими α -спиралями каждый. Домены у α/β -белков составлены, как правило, из α - и β -структур.

Большинство оцененных с этой точки зрения глобулярных белков относится к α/β -классу, которому по численности лишь немного уступает β -класс; α -класс и $\alpha+\beta$ -класс глобулярных белков менее распространены, чем два первых. Следует иметь в виду, что есть крайне немногочисленные глобулярные белки, полностью лишенные какой-либо канонической вторичной структуры и не относящиеся ни к одному из отмеченных выше классов.

Вторая попытка сводится к классификации белков в соответствии с выполняемыми ими функциями. По этой классификации среди белков выделяют следующие группы: 1) каталитически активные

белки; 2) белки-гормоны; 3) регуляторные белки; 4) защитные белки; 5) токсические белки; 6) транспортные белки; 7) структурные белки; 8) сократительные белки; 9) рецепторные белки; 10) белки-ингибиторы ферментов; 11) белки вирусных оболочек; 12) белки с иными функциями.

Конечно, деление белков на поименованные выше группы представляет классификацию, еще далекую от совершенства, и в случае бифункциональных белков приходится отдавать предпочтение одной, естественно, главной функции. Но в каждой из перечисленных уже удастся подметить некоторые черты общности структуры, свойств и функциональной активности включенных в ее состав конкретных белков. Это позволяет более глубоко понять соотношение структуры и функции в белковых молекулах, открывает возможности для обобщения материалов, касающихся взаимодействия белков с соединениями других классов (нуклеиновыми кислотами, липидами и др.), дает основание для обсуждения закономерностей эволюции белковых тел, структурных и генетических основ их видовой специфичности и других насущных для химии белков и биологии в целом проблем.

1.3. Характеристика отдельных групп белков

Каталитически активные белки. Массовая расшифровка первичной и четвертичной структур каталитически активных белков (ферментов) и исчерпывающие сведения о третичной структуре некоторых из них позволили прийти к обобщениям, касающимся специфики строения белков, относящихся к этой группе, и связи последней с каталитической функцией этих белков. Не вдаваясь в детали, отметим, что специфика строения ферментов сводится к следующему.

α -Спиральная и β -складчатая структуры, представленные в том или ином количестве в их молекулах, тесно прилегая друг к другу и чередуясь, упаковываются в блоки, обладающие функциональной активностью. Даже неупорядоченные фрагменты полипептидной цепи частично, но своеобразно структурированы. Радикалы аминокислот, несущие заряды, направлены, как правило, к поверхности глобулы, и только те из них, которые имеют функциональное значение и ассоциированы с другими полярными радикалами, ориентированы внутрь глобулы. В противоположность этому на поверхности глобулы обнаруживается ограниченное число гидрофобных радикалов аминокис-

лот; большинство из них обращено внутрь молекулы, где они объединяются в одно или несколько гидрофобных ядер.

У многих белков-ферментов указанные ядра сходны и служат, если их несколько, центрами для формирования двух- или многоядерной белковой глобулы. Так построены многие ферменты-мономеры. На границе двух (или более) оформленных или отчетливо не выраженных частей молекулы фермента располагается активный центр, локализованный в щели или впадине. Глубина, форма и размеры последней соответствуют пространственной структуре субстрата, чем обеспечивается специфичность действия каталитически активных белков.

Структура самого активного центра организована столь тонко, что делает возможным строго координированное в пространстве и во времени осуществление каталитического акта. Большинство ферментов располагает аллостерическими центрами, которые служат для контакта с аллостерическими регуляторами их активности. Большая часть каталитически активных белков обладает четвертичной структурой, которая в значительной мере предопределяет способность ферментов образовывать изоферменты; с изучением последних связана новая и увлекательная область ферментологии.

Перечисленные основные особенности строения ферментов показывают, что между структурой их молекул и способностью ускорять протекание соответствующих химических реакций существует теснейшая взаимосвязь, характерная именно для этой обширной группы белковых тел.

Белки-гормоны. Характерной особенностью этой группы белков является способность воздействовать на фундаментальные механизмы регуляции обмена веществ: проницаемость клеточных мембран и биосинтез вторичных посредников.

Изучены структура и биологическая активность нескольких десятков белковых гормонов. Молекулярные массы подавляющего их числа лежат между 20000 и 30000 Да. Самой важной особенностью белковых гормонов является наличие в составе их полипептидных цепей относительно небольших фрагментов (до нескольких десятков аминокислотных остатков), которые являются носителями гормональной активности, тогда как остальная часть полипептидной цепи несет какие-то иные функции, в частности видоспецифические. В составе белковых гормонов выявлены якорные площадки, обеспечи-

вающие их соединение с рецептором гормона. Их вторичная структура дополняет или продолжает таковую рецептора гормона, в результате чего возникает комплементарно завершённый комплекс, необходимый и достаточный для формирования биологического сигнала.

Регуляторные белки. Исследование группы регуляторных белков осуществляется в последние годы необычайно интенсивно, так как их функциональная активность связана с репрессией и дерепрессией генома и регуляцией таких важнейших процессов, как рост, развитие и морфогенез растений и животных.

Одной из наиболее изученных подгрупп указанных белков являются *гистоны*, локализованные в хроматине клеточных ядер, где они ассоциированы с ДНК. Гистоны, входящие в состав хроматина, не отличаются большим разнообразием и отнесены к пяти видам, которым различные авторы в разное время присвоили те или иные названия или индексы.

Первичные структуры гистонов из различных биологических объектов (эритроциты цыпленка, семенники карпа, зубная железа свиньи, телят и быка, семена гороха и многие другие) выяснены и внутри каждого вида гистонов оказались весьма сходными, более того – консервативными, за исключением, пожалуй, гистона H1, варьирующего как по молекулярной массе, так и по последовательности аминокислотных остатков.

Что касается вторичной и третичной структур гистонов, то они характеризуются присутствием коротких α -спиральных участков и доминированием неупорядоченной полипептидной цепи, образующей на участках, богатых основными аминокислотами, растянутую спираль с 2,5 аминокислотными остатками на виток и шагом в 0,8 нм.

Соединяясь с ДНК ионными связями и силами слабых взаимодействий, гистоны стабилизируют ее структуру. Естественно, что дестабилизация ДНК, необходимая для проявления ее матричной активности, осуществима лишь при ослаблении (в силу тех или иных причин) связей между ДНК и гистоном, чем и определяется регуляторная роль гистонов в функционировании генома. Согласно современным данным, первый уровень структуры хроматина реализуется в виде нуклеосом.

Другая подгруппа регуляторных белков, также локализованная в хроматине ядра клетки, – *негистоновые белки*. Они изучены в гораздо меньшей степени, чем гистоновые. Эти белки крайне гетерогенны, так

как при их фракционировании методами электрофореза и изоэлектрофокусирования в полиакриламидном геле обнаружено около 500 полипептидов с молекулярными массами от 5000 до 200000 Да. Некоторая часть негистоновых белков активно участвует в дерепрессии генома, препятствуя образованию суперспирализованной ДНК на тех ее участках, где они присоединились в S-периоде цикла деления клетки.

Негистоновые белки группы высокой подвижности (НМГ-белки), изученные в последние годы достаточно подробно, способствуют присоединению гистонов к ДНК, формированию нуклеосом и взаимодействию с хроматином гормон-рецепторных комплексов.

Перечень регуляторных белков, равно как и данные о соотношении их структуры и функций, непрерывно расширяется. К категории регуляторных белков относят: более десятка белковых факторов, участвующих в репликации ДНК; белки, ковалентно связанные с ДНК и РНК вирусов и фагов и инициирующие репликацию нуклеиновых кислот у них; более 50 ядерных белковых факторов, усиливающих или ослабляющих транскрипционные процессы, механизм узнавания которыми специфических последовательностей нуклеотидных остатков в молекуле ДНК при посредстве определенных олигопептидных фрагментов в составе белковых транскрипционных факторов все более проясняется; более двух десятков факторов инициации, элонгации и терминирования, контролирующих этапы сборки полипептидных цепей при биосинтезе белков; белки теплового шока (а в более широком понимании – стрессовые белки), возникающие при тепловом и иных стрессовых воздействиях, защищающие клетки от повреждения и восстанавливающие метаболизм в них после снятия физиологического стресса; G-белки (некоторые из них получены в гомогенном виде и охарактеризованы), регулирующие биосинтез циклических аденозин- и гуанозинмонофосфатов – вторичных посредников при передаче гормональных и иных сигналов; онкобелки, противоборство которых с антионкобелками приводит к злокачественному перерождению клеток; кейлоны и антикейлоны, имеющие отношение к регуляции пролиферации клеток.

Несомненно, что изучение структуры и функций перечисленных выше белков открывает перспективу познания наиболее глубоких основ регуляции процессов жизнедеятельности, в том числе на уровне генома.

Защитные белки. К группе защитных белков принадлежат антитела – вещества белковой природы, вырабатываемые животным организмом в ответ на введение антигенов. Взаимодействуя с последними, они инактивируют их, защищая таким образом организм от воздействия чужеродных соединений, вирусов, бактерий, клеток и тканей. Для обозначения белков, синтезирующихся в организме в ответ на антигенное воздействие, предложен термин – иммуноглобулины (сокращенно Ig). Так как они впервые были обнаружены в медленно движущейся при электрофорезе белков сыворотке крови фракции γ -глобулинов, их называют также γ -иммуноглобулинами.

Согласно современной классификации, существует 5 видов иммуноглобулинов (IgG, IgM, IgA, IgD и IgE), структурные элементы молекул которых представлены легкими и тяжелыми полипептидными цепями. Их молекулярные массы лежат в пределах 150000-950000 Да. Тяжелые цепи различных иммуноглобулинов обозначают строчными буквами греческого алфавита соответственно прописным буквам латинского алфавита, которые служат для указания вида иммуноглобулина, т.е. для IgG – γ (гамма); IgM – μ (мю), IgA – α (альфа), IgD – δ (дельта) и IgE – ϵ (эпсилон). Тяжелые полипептидные цепи (H-цепи, от англ. *heavy* – тяжелый) у разных видов иммуноглобулинов отличаются друг от друга. Наоборот, легкие полипептидные цепи (L-цепи, от англ. *light* – легкий) у разных иммуноглобулинов только 2 типов: χ (каппа) и λ (лямбда). В свою очередь у некоторых иммуноглобулинов отмечено существование подвидов, например, IgG_b, IgG₂, IgG₃ и IgG₄, в небольшой мере отличающихся друг от друга первичной структурой полипептидных цепей.

Первичная структура тяжелых и легких цепей многих иммуноглобулинов выяснена: в тяжелых цепях зафиксировано от 439 до 450 (γ -цепи) и от 568 до 576 (μ -цепи) аминокислотных остатков, а в легких – от 208 до 220. Удивительной особенностью является то, что как в легких, так и в тяжелых цепях иммуноглобулинов выявлены переменные зоны, расположенные преимущественно в первой половине цепи, т.е. со стороны аминогруппы. В отличие от этого первичные структуры легких и тяжелых цепей у различных иммуноглобулинов близки во второй их половине, т.е. со стороны С-концевой аминокислоты. Переменная часть молекулы ответственна за взаимодействие иммуноглобулинов с разнообразными антигенами, тогда как часть, отличающаяся относительным постоянством первичной структуры, вы-

полняет общие для всех иммуноглобулинов функции (связывание комплемента, фиксация на мембранах).

Высшие параметры структуры у различных иммуноглобулинов еще более однотипны и получили название иммуноглобулиновой упаковки, характеризующейся стандартным расположением доменов по отношению друг к другу и общими закономерностями их пространственной ориентации.

Определенную роль в функционировании иммуноглобулинов играют углеводы, входящие в их состав в количестве от 2 до 12%. Они присоединяются к легким и тяжелым цепям иммуноглобулинов в основном по радикалам аспарагина и в некоторых случаях – треонина и представлены олигосахаридами, в состав которых входят N-ацетилглюкозамин, манноза, галактоза, фукоза и сиаловая кислота в соотношении, в большинстве случаев близком к 4:3:2:1:1.

Таким образом, в строении иммуноглобулинов удивительно тонко сочетается взаимосвязь структуры и функции и необыкновенно наглядно выступает специфика молекулярной организации белков, характеризующихся определенной, в данном случае защитной, биологической активностью.

Токсические белки. Группа токсических белков в последние годы изучается весьма интенсивно ввиду ее большого практического значения.

С точки зрения первичной структуры наиболее полная информация получена о токсических белках змей: она расшифрована у нескольких десятков токсинов, полученных из ядов лесной, африканской, азиатской, египетской, королевской, мозамбикской, индийской и других видов кобры, африканской зеленой и черной древесных змей, морской змеи и др.

Крайне любопытно, что токсины ядов змей, характеризующиеся молекулярными массами от 6700 до 7000 Да, составлены в большинстве случаев из 60 аминокислотных остатков; примерно такую же величину имеют токсические полипептиды скорпиона, пчелы и осы; близки к ним (45 аминокислотных остатков) токсины из пшеничной муки (пуротонин А, летальный для пивных дрожжей), морских актиний и омелы белой (вискотоксины). В подавляющем большинстве они являются нейротоксинами, так как, взаимодействуя с холинэргическими белками, блокируют передачу нервных импульсов. Их нейроток-

сическое действие зависит от третичной структуры, задаваемой в основном многочисленными (4-5) дисульфидными мостиками.

Почти столь же детально изучены высокомолекулярные белковые токсины микроорганизмов и растений. Структура и механизм действия нескольких десятков из них выяснены. В одних случаях они представлены мультимерами (дифтерийный и холерный токсины, токсин шигеллы и др.), построенными из одной субъединицы типа А (20,0; 28,0 и 32,0 кДа соответственно) и пяти субъединиц типа В (25,0; 12,0 и 7,7 кДа соответственно). Контактируя с клеточной поверхностью субъединицами типа В, они вводят субъединицу типа А внутрь клетки, где она блокирует биосинтез белков на рибосомах. В других – двухкомпонентны (растительные токсины – рицин, абрин, модецин, лектин и др.), причем субъединица В связывается с рецепторами клетки и обеспечивает перенос субъединицы А внутрь ее, что приводит к инактивации 60S субчастицы рибосомы и прекращению синтеза белка. В третьих – одноцепочечны (энтеротоксин из стафилококка, гемолизин из кишечной палочки, стрептолизин и др.) и их крупные полипептидные цепи (от 34 до 110 кДа) встраиваются в клеточную мембрану, образуют в ней поры, что сопровождается лизисом клетки. Здесь, как и в случае нейротоксинов, прослеживается тесная связь структуры и функции токсических белков.

Транспортные белки. Представителем транспортных белков является сывороточный альбумин. Он выделен в высокоочищенном состоянии, его получение налажено препаративно. Основной функцией этого белка является перенос различных веществ, особенно жирных кислот. Кроме высших жирных кислот, сродство к которым у сывороточного альбумина весьма высоко, он переносит разнообразные анионы и катионы. Сывороточный альбумин связывает до 50% кальция, находящегося в крови, служит переносчиком ионов меди из кишечника в печень, является носителем стероидных гормонов. Молекулярная масса сывороточного альбумина человека равна 65 000, изоэлектрическая точка (pI)-4,7 (при ионной силе 0,15). Он способен образовывать димеры с константой седиментации 6,7S. Первичная структура сывороточного альбумина человека, состоящего из 585 аминокислотных остатков, выяснена.

Широко известными транспортными белками, переносящими кислород, являются гемоглобины позвоночных и ряда низших животных, гемоцианины моллюсков, ракообразных, паукообразных и мече-

хвостов, гемэритрины (коричневые дыхательные белки) кольчатых червей, хлорокруорины (зеленые дыхательные белки) многощетинковых червей, гемованадины (содержащие ванадий) морских животных (оболочников).

Транспортные белки характерны не только для биологических жидкостей. В последние годы внимание исследователей особенно привлекли белки, встроенные в наружные и внутренние мембраны клеток и обеспечивающие перенос через них разнообразных низко- и высокомолекулярных веществ. Эти белки получили название порины, так как они образуют в мембранах поры, через которые идет транспорт. Некоторые из этих белков (порин I из наружной мембраны кишечной палочки – молекулярная масса 37 205 Да, 340 аминокислотных остатков; порин из митохондрий печени крысы – димер из двух идентичных полипептидов и др.) выделены и охарактеризованы. Сюда же относятся белки-транслоказы.

Структурные белки. Многочисленные и разнообразные белки несут в биологических объектах структурные функции.

Эту роль выполняют прежде всего белки, являющиеся компонентами различных биологических мембран, исключая, конечно, те из них, что обладают иной функциональной активностью (мембраносвязанные ферменты, поровые белки, белки-переносчики, рецепторные белки и т. п.).

Данные о молекулярных массах структурных белков мембран противоречивы. У структурных белков митохондрий сердца и печени быка они составляют от 20 000 до 60 000 Да, а у бактерий – от 10 000 до 160 000 Да. Структурные белки мембран отличаются резко выраженной способностью к агрегации. При рН 12 они существуют в виде мономеров, но при понижении значения рН олигомеризуются с образованием фибриллярных структур и микрокристаллов. Более того, они способны соединяться в стехиометрических соотношениях с другими белками (например, миоглобином) и особенно с ферментами, характеризующимися мембранной локализацией (цитохромами с₁ и b, цитохромоксидазой, малатдегидрогеназой и др.), причем каталитическая активность последних при этом заметно изменяется. Поэтому полагают, что роль структурных белков мембран не ограничивается только лишь закреплением ферментов в мембране.

Свойства структурных белков мембран в определенной мере предопределяются их аминокислотным составом. В них содержатся в

высокой пропорции аминокислоты, обладающие гидрофобными радикалами (глицин и аланин – 10-15%, валин, лейцин и изолейцин – в среднем 5-6% каждый, а в ряде случаев – до 9-13%), и сравнительно невелико содержание основных и кислых аминокислот. Но самое любопытное состоит в том, что гидрофобные аминокислоты образуют в полипептидной цепи структурных белков мембран локальные зоны (сегменты), включающие 20 и более остатков только гидрофобных аминокислот и занимающие в общем до 20% от длины всей полипептидной цепи. Это способствует возникновению гидрофобных центров в молекулах структурных белков мембран, в том числе центров, локализованных на поверхности глобулы. Указанное обстоятельство в известной мере объясняет высокую способность этих белков к агрегации, а также то, что субъединицы в олигомерах связаны силами слабых взаимодействий.

Из аминокислотного состава структурных белков мембран вытекает еще одно существенное следствие. Содержание в их составе аминокислот, препятствующих спирализации, таково, что доля α -спиральной структуры может составить в среднем 40% полипептидной цепи. Действительно, экспериментальные данные, полученные методом инфракрасной спектрофотометрии, дисперсии оптического вращения и кругового дихроизма, убеждают в том, что значительная часть полипептидной цепочки структурных белков мембран находится в α -спиральной форме (от 30 до 50%).

Наконец, еще одно специфическое свойство структурных белков мембран состоит в том, что все они независимо от источника выделения очень охотно связывают фосфолипиды при нейтральных значениях рН. Так как последние сохраняют при этом свой заряд, связывание структурных белков мембран и фосфолипидов идет за счет сил слабых взаимодействий, т. е. при посредстве гидрофобных центров белков и углеводородных радикалов фосфолипидов.

Кроме мембранных белков структурные функции несут белки межклеточного матрикса (коллаген, ретикулин), кристаллины, а также белки ядерного матрикса и цитоплазматического скелета. Число последних, частично или полностью охарактеризованных, достигло сейчас уже нескольких десятков и это одна из самых острых проблем современной белковой химии.

Сократительные белки. Сократительные белки локализованы как в мышечных клетках животных, так и в немышечных клетках

примитивных и высокоорганизованных живых существ. К их числу относятся миксомиозин (нитевидный белок с диаметром молекулы 7,0 нм, выделенный из плазмодия гриба физарума); белки микротрубочек (диаметр субъединицы в трубочке 4,5-7,0 нм), обеспечивающих движение протоплазмы в растительных и животных клетках, миозино- и актомиозиноподобные белки фибриллярного аппарата амебы, ответственные за перетекание ее протоплазмы; белки трубчатых фибрилл, участвующих в движении хромосом в процессе деления клетки; белки центральных и периферических фибрилл жгутиков и ресничек простейших, а также жгутиков сперматозоидов; актин и миозин мышечных волокон.

Кроме контрактильных свойств, подавляющее большинство перечисленных выше сократительных белков обладает аденозинтрифосфатазной активностью, т.е. соединяет в себе два качества – способность совершать механическую работу и ускорять химическую реакцию. Это свойство сократительных белков было открыто в 1939 г. В.А. Энгельгардтом и М.Н. Любимовой, которые в октябрьском номере журнала «Nature» опубликовали результаты своих опытов в статье под названием «Миозин и аденозинтрифосфатаза». Таким образом, эти белки характеризуются механохимическими свойствами. Общей особенностью, присущей сократительным белкам, является также то, что их функция зависит от действия ряда дополнительных белков – активаторов и регуляторов их активности и от присутствия низкомолекулярных соединений (Mg^{2+} , Ca^{2+} , АДФ). Так, например, деятельность актомиозинового комплекса мышц регулируется тропомиозином и тропонином.

Выяснение структуры и особенно механизма действия сократительных белков представляет огромный интерес и еще очень далеко от завершения.

Рецепторные белки. Выделение рецепторных белков в особую группу связано с интенсивным исследованием механизмов передачи информации в биологических системах.

Мишенью действия агентов, несущих сигнальные функции, являются рецепторные белки, локализованные в мембранном аппарате клетки. Одним из примеров может служить рецептор ацетилхолина – медиатора передачи нервного импульса. Он представлен олигомерным белком ($M = 285000$), составленным из пяти субъединиц ($\alpha_2\beta\gamma\delta$), образующих ионный канал. В отсутствие ацетилхолина этот канал за-

крыт, но после рецепции секретлируемого ацетилхолина он открывается на короткое время (до момента разрушения медиатора ацетилхолинэстеразой) и пропускает Na^+ , что сопровождается изменением степени поляризации клеточной мембраны и передачей сигнала через синапс нервной клетки.

Рецепция того или иного вида энергии внешней среды органами чувств, как показали работы последнего времени, имеет единый механизм, складывающийся из двух этапов: 1) восприятия энергии стимула рецепторными белками; 2) преобразования энергии стимула особыми белковыми молекулами в специфическую информацию и передача ее в центральную нервную систему.

Сведения о рецепторных белках и механизме их взаимодействия с сигналами внешней среды весьма скудны. Представителем фоторецепторных белков является опсин, существующий в виде соединения с ретиналем (родопсин) и изменяющий свою конформацию, что связано с преобразованием светового сигнала в нервные импульсы в процессе зрительного акта. Из вкусовых рецепторных белков изучен сладкочувствительный белок ($M = 150000$). Его аминокислотный состав характеризуется высоким содержанием дикарбоновых аминокислот и их амидов, лизина, лейцина, валина и пролина. Он способен связывать моносахариды и дисахариды. Обонятельный белок выделен из половых сенсилл самцов дубового шелкопряда; он взаимодействует с половым феромоном самок этого насекомого. В восприятии звуковых колебаний и их преобразовании в нервные импульсы придают большое значение холинорецепторным белкам, которые, как показано недавно, ответственны за проницаемость клеточной мембраны.

Большие перспективы открываются при изучении рецепторных белков насекомых, особенно тех, которые осуществляют рецепцию аттрактантов и репеллентов.

Белки-ингибиторы ферментов. Вещества белковой природы составляют самую многочисленную группу ингибиторов ферментов, причем наиболее изучены из ее состава белки, ингибирующие активность протеаз. Белковые ингибиторы образуют с протеолитическими ферментами стойкие при физиологических условиях комплексы, в составе которых фермент полностью или частично теряет свою активность. Так как константы диссоциации этих комплексов лежат в пределах 10^{-12} - 10^{-9} моль, они действительно отличаются высокой прочностью, а ингибиторы, входящие в их состав, – большой мощностью действия.

Выделено и изучено несколько десятков белковых ингибиторов, подавляющих активность трипсина, химотрипсина, карбоксипептидазы, калликреина, эластазы, плазмина и других протеолитических ферментов. Многие из них получены в гомогенном кристаллическом состоянии. Молекулярные массы ингибиторов белковой природы колеблются от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч, но в основном они представлены белками с молекулярными массами около 6000 Да. Многие из белков – ингибиторов ферментов – являются гликопротеинами. Первичная структура нескольких десятков ингибиторов расшифрована; среди них – ингибиторы трипсина I и II из поджелудочной железы свиньи и быка, соевых бобов, арахиса и фасоли, ингибиторы протеиназ из яда гадюки, лимских бобов и ананаса, ингибитор химотрипсина из картофеля, инактиватор калликреина (тразилол) из легких быка, ингибитор субтилизина из стрептомицета и др.

Белки вирусных оболочек. Из многочисленных вирусов выделены и изучены разнообразные белки. Их молекулярные массы колеблются от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч дальтон. Наряду с основной функцией (защита нуклеиновой кислоты) некоторые белки вирусных оболочек необходимы для созревания вирусных частиц, обладают ферментативной активностью (нейраминидаза, лизоцим и обратная транскриптаза в составе ряда вирусов) и др.

Первичная структура белковых субъединиц многих вирусов выяснена. Удивительной особенностью вирусных белков является их способность к агрегации, вследствие чего даже в отсутствие вирусных нуклеиновых кислот они способны к самосборке в соответствующие, характерные для данного вируса морфологические структуры (тени вирусов и фагов). Кроме того, их структура такова, что концевые аминокислоты, как правило, маскированы в глубине молекулы и труднодоступны для определения.

Белки с иными функциями. Несомненно, что и далее из крайне многочисленных конкретных представителей класса белков могут вычлениваться новые группы с ясно выраженной функциональной активностью и связанной с нею спецификой структуры и свойств. Так, например, уже сейчас обособляются группа гемоглобинов, группа фибриллярных белков, группа рибосомальных белков и др. Это лишь подтверждает высказанное выше мнение о том, что классификация белков переживает сейчас период становления.

1.4. Формы связей в белке

Большая и сложная молекула белка образуется в результате возникновения связей различной прочности. Наиболее прочны ковалентные связи. Основную химическую, наиболее прочную химическую связь – ковалентную, образуют атомы (или группы атомов), на валентных орбиталях которых имеются неспаренные электроны. Обобществление этих электронов ведет к формированию общей для связывающихся атомов электронной пары. К ним относят пептидные, дисульфидные и сложно-эфирные.

Пептидной связью ($-\text{CO}-\text{NH}-$) соединяются между собой остатки аминокислот. Дисульфидная связь ($-\text{S}-\text{S}-$) образуется за счет двух сульфгидрильных групп ($-\text{SH}$) остатков цистеина. Для фосфопротеинов характерно образование эфиров фосфорной кислоты и серина.

Важна также ионная связь (солевая), характерная для солей и обусловленная притяжением между противоположно заряженными ионами. В белках существуют также водородные связи. Водородная связь проявляется между атомами водорода с атомами наиболее электроотрицательных элементов (O, N, Fe и др.). Водородная связь образуется, когда протон водорода, ковалентно связанный с одним из этих атомов, располагается между ними. Атом водорода содержит единственный электрон, и когда этот электрон уходит на образование ковалентной связи, ядро (протон) остается без электронных слоев. Такой водород (протон) не отталкивается электронными облаками соседних атомов, а наоборот притягивается ими, образуя водородную связь, которая слабее, чем ковалентная или ионная связь, но сильнее, чем слабые силы межмолекулярного притяжения.

Водородные связи могут быть внутримолекулярными и межмолекулярными. Многие жидкости (вода, органические кислоты, спирты и др.) являются ассоциированными благодаря образованию межмолекулярных водородных связей, углерод не способен к образованию водородных связей, потому что его электроотрицательность значительно меньше, чем у O или N, она довольно близка к H. Поэтому углеводородные цепи гидрофобны, они с трудом проникают в воду, так как не могут разорвать ее водородные связи. У соединений с группами $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{CONH}_2$ хорошо выражена способность к образованию водородных связей, они гидрофильны. Молекулы воды образуют водо-

родные связи не только между собой, но и с полярными группами растворенных соединений. Полярность молекулы воды, способность образовывать водородные связи очень важны в ее роли биологического растворителя – основной среды живых клеток. Единичные водородные связи, образованные в водном растворе, очень слабы. Если в макромолекуле существует большое число водородных связей, возникает большая их суммарная прочность. Это явление называют кооперативностью водородных связей. Белковая молекула имеет два вида водородных связей: между группами пептидных связей и между боковыми радикалами аминокислот. Не менее важны в стабилизации белков и других биополимеров и их функционирования гидрофобные взаимодействия, они еще слабее водородных связей. Это – особый вид межмолекулярных сил, действующих только между неполярными молекулами (радикалами) и только в водной среде.

Гидрофобное взаимодействие возникает в результате того, что молекулы воды, стремясь образовывать между собой водородные связи, выталкивают гидрофобные группы; они сближаются до тех пор, пока не соприкоснутся; скручиваются, создавая ассоциаты. Молекулы воды при этом выдвигаются из той сферы, в которой возникает гидрофобное взаимодействие. Сближение неполярных групп, их тесный контакт сопровождается уменьшением числа окружающих их молекул воды.

При этом никаких связей между гидрофобными группами или молекулами не образуется. Возможно только возникновение ван-дер-ваальсовых сил притяжения. Ван-дер-ваальсовые силы – более слабое по сравнению с химическими связями межмолекулярное взаимодействие под влиянием электростатического притяжения, регулируемое условиями взаиморасположения групп или молекул, вступивших во взаимодействие (расстояние между их центрами и другие параметры), связанное с перемещением и деформацией этих групп или молекул.

Способностью к гидрофобным взаимодействиям обладают остатки валина, лейцина, изолейцина, фенилаланина, а также, возможно, пролина, аланина, триптофана, метионина и цистина.

Единичные гидрофобные взаимодействия, слабые каждое в отдельности, благодаря кооперативности многих таких взаимодействий, образуют очень прочные ассоциации, стабилизирующие структуру белковой молекулы.

1.5. Пространственная структура белковой молекулы

Белки – это линейные сополимеры, построенные из остатков аминокислот. Они имеют несколько последовательно возникающих уровней пространственной структуры (организации). Различают четыре уровня структуры белковой молекулы: первичную, вторичную, третичную и четвертичную.

Первичная структура. Возникает благодаря пептидным связям между α -карбоксильной и α -аминогруппой. Благодаря соединению по этому принципу десятков и сотен аминокислотных остатков образуется полипептидная цепь. Полипептидная теория строения белковой молекулы, предложенная Эмилем Фишером, оказалась основополагающей, вокруг которой развиваются современные представления о структуре белка. Первичной структурой белка называют последовательность расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи.

Вторичная структура – это упорядоченное пространственное расположение отдельных участков полипептидной цепи без учета типа и конформации боковых радикалов аминокислот. Она образуется за счет замыкания водородных связей между пептидными группами. Вторичная структура представлена в основном регулярными структурами: α -спираль, складчатые слои (β -структура), β -изгиб. Часть полипептидной цепи не имеет упорядоченного строения, такие участки называют аморфными, или бесструктурными областями. Без подробностей, в общем виде, вторичную структуру можно охарактеризовать так: в α -спиральных участках и участках с β -складчатой структурой все последовательно расположенные пептидные звенья полипептидной цепи имеют идентичные взаимные ориентации. Такой участок полипептидной цепи имеет линейную структуру, формируется из линейных групп. В α -структуре между отдельными участками всей длинной полипептидной части возникают водородные связи. В результате полипептидная цепь закручивается.

Складчатые участки полипептидной цепи образуются за счет водородных связей между полипептидными цепями. Отличительная особенность β -структуры в том, что полипептидные цепи в ней вытянуты, расположены параллельно, их пептидные группы ($C=O$ и $-NH$) лежат в одной плоскости и ориентированы так, что могут образовывать водородные связи с соответствующими группами соседних цепей. Складчатые участки полипептидной цепи проявляют кооперативные свойства,

т.е. стремятся расположиться рядом в белковой молекуле, и формируют параллельные и антипараллельные складчатые слои или листы, которые укрепляются благодаря водородным связям между складчатыми участками цепи.

Антипараллельная β -структура образуется в том случае, если складчатая цепь делает поворот назад и идет в обратном направлении; в месте поворота образуется β -изгиб, в который входят четыре последовательно расположенных аминокислотных остатка. Параллельная β -структура складывается участками из полипептидной цепи, направления которых совпадают. Антипараллельность цепей создает наиболее благоприятные условия для возникновения водородных связей между ними при участии пептидных групп. В случае параллельного расположения цепей в структуре складчатого β -слоя водородные связи между цепями менее прочны. Боковые радикалы аминокислотных остатков приблизительно перпендикулярны плоскости β -складчатых слоев, причем боковые цепи аминокислот ориентированы поочередно то по одну, то по другую сторону этой плоскости.

Третичная структура. Представляет собой расположение в пространстве полипептидной цепи, отдельные участки которой имеют вторичную структуру. По форме белковой молекулы, сложившейся на третьем уровне пространственной ее организации, различают белки глобулярные и фибриллярные.

Глобулярные белки – растворимые вещества с компактной третичной структурой. К глобулярным относится большинство белков, содержащихся в растениях, животных и микроорганизмах. По форме они приближаются к шару или эллипсоиду. Для их характеристики применяют отношение длины большой оси молекулы к малой оси a/b .

Форма некоторых глобулярных белков может значительно отличаться от шаровидной и напоминать вытянутые иглы или короткие нити.

Фибриллярные белки имеют нитевидную форму. Они обычно нерастворимы. Выполняют защитные функции. К ним относят: кератин, содержащийся в волосах, рогах и копытах животных; миозин мускулов; фиброин шелка и т.д.

Четвертичная структура. Молекулы многих белков состоят из мономеров, образованных отдельными полипептидными цепями. Ассоциация нескольких мономеров, их взаимное пространственное расположение в единой сложной молекуле составляют четвертичную структуру белка. Четвертичную структуру создают водородные связи, элек-

тростатическое взаимодействие разноименно заряженных групп, вандер-ваальсово взаимодействие боковых радикалов аминокислот и др.

Во второй половине XX века расширены наши знания о факторах, кодирующих и стабилизирующих специфические особенности пространственной структуры белков, имеющих огромную молекулярную массу от 500 тыс. до нескольких миллионов. Сложный механизм взаимодействия этих факторов составляют понятие и метод, называемый по-английски *folding* (фолдинг), переводимый на русский язык «свертывание».

Объединение частей и, прежде всего аминокислот, свертывание их в единое белковое целое регулируется многими физико-химическими процессами на каждом этапе пространственного формирования белка. Особый интерес и особую роль в этих действиях играют аминокислоты, их последовательность связывания и разнообразные формы пространственного структурирования, начиная с первых моментов появления длиннейших углеродных цепей. Изменения в том же направлении сопровождают все другие уровни синтеза белков. Вся совокупность пространственных структурных построений за весь период образования каждого белка порождает его своеобразие и особые свойства. На международном симпозиуме, посвященном структуре, стабилизации и фолдингу, прошедшему в Российской академии наук в 1998 г., показано, что своеобразие и особые свойства каждого белка приводят к тому, что одни из них могут вызвать неожиданные болезни человека, а другие способны стать средством выдающегося лечебного эффекта.

1.6. Состав и строение клейковины зерна пшеницы

В состав клейковины зерна пшеницы, кроме белковых, входят и другие вещества.

Наиболее чистые образцы клейковины, содержащие почти 100% белка, получают отмыванием остатков крахмала и водорастворимых белков из предварительно выделенного методом Гесса промежуточного белка (цвикельпротеина). На большие расхождения по составу клейковины, помимо особенностей исходного материала, решающее влияние оказывают способы ее выделения (продолжительность отмывания, температура воды, способы обработки муки перед отмыванием, методы очистки выделенной клейковины и т.д.). При всех способах выделения в

клейковине содержатся, кроме образующих белков, составляющих главную ее массу, другие фракции белков, крахмал, липиды, сахара, клетчатка.

Качество клейковины определяется главным образом свойствами, входящих в ее состав клейковинообразующих белков глиадины и глютенина.

Небелковые вещества оказывают влияние на изменение ее свойств, наиболее существенно – липиды, взаимодействующие с белками.

На долю белков приходится (%) 73-90, в среднем 83,50, в том числе клейковинообразующих 74-85, в среднем 79,50, остальное – альбумины и глобулины 3,35-6,75, в среднем 4,00. Содержание глиадины во всех случаях преобладает над глютенином. Соотношение между их количеством колеблется от 1,00 (глютенин) до 1,10-1,43 (глиадин), в среднем 1,00-1,21. Липиды, главным образом связанные, – в среднем свободных 1%, связанных 6%.

Белки и, естественно, клейковина состоят из аминокислот. Кажется бы, что состав и конкретное соотношение между ними должны быть связаны со свойствами клейковины разного качества. В аминокислотном составе клейковины выявляется общая закономерность – первое место, как и в суммарном белке зерна, занимают глутаминовая кислота и пролин, причем их содержание в клейковине значительно выше, чем в зерне пшеницы, глутаминовой кислоты 43,79% (в среднем) вместо 23,5% и пролина 15,89% вместо 9,3%. Заметно обеднение клейковинных белков наиболее дефицитной для зерна пшеницы незаменимой аминокислотой лизином.

Принципиальных различий в количественном соотношении отдельных аминокислот в клейковине сильной и слабой пшеницы нет. Аминокислотный состав клейковины при прорастании зерна пшеницы по сравнению с исходным зерном не изменяется. Таким образом, кардинальные различия в физических и физико-химических свойствах сильной и слабой клейковины нельзя объяснить особенностями аминокислотного состава клейковинных белков.

Различают выход сырой и сухой клейковины. В зерне, в клетках эндосперма, содержащих клейковинные белки, глиадин и глютенин находятся между собой в тесной связи. При увлажнении муки в ней образуется как бы сетка, состоящая из набухших в воде и теснейшим образом переплетенных между собой молекул глиадины и глютенина, а в просветах этой сетки заключена вода. Таким образом, клейковину мож-

но рассматривать как набухший белковый комплекс, скрепляемый водородными, дисульфидными, солевыми и другими связями. Влияние на структуру клейковины оказывают также гидрофобные взаимодействия.

В настоящее время с помощью современных методов разделения белков показано, что глиадин и глютенин состоят из ряда белков, различающихся по своей молекулярной массе и по аминокислотному составу. Удалось разделить глиадин на четыре основные фракции.

В свою очередь каждый из этих компонентов может быть разделен на ряд индивидуальных белков, молекулярные массы которых колеблются в пределах от 30000 до 160000. Глютенин также состоит из ряда белковых компонентов, молекулярная масса которых значительно выше – 2-3 млн и больше.

Компоненты глиадина несколько различаются между собой по аминокислотному составу. Характерная особенность всех глиадиновых фракций – высокое содержание в них остатков глютаминовой кислоты (свыше 40%), пролина (свыше 20%) и малое число ионогенных групп, поскольку дикарбоновые кислоты почти полностью амидированы, а содержание основных аминокислотных остатков невелико.

Седиментационные измерения показали, что глютенин весьма гетерогенен по молекулярной массе. Он состоит из многих белковых компонентов с молекулярной массой от 50000 до 3000000. Электрофорез в крахмальном и полиакриламидном геле неприменим для анализа глютенина, молекулы которого не мигрируют в гель и остаются на месте. По среднему аминокислотному составу глютенин близок к глиадину, однако между ними имеются характерные различия. Глютенин богаче глиадина основными аминокислотами (серином, треонином), глицином, триптофаном и тирозином, но беднее глютаминовой кислотой, пролином и фенилаланином.

Сравнительное исследование пептидов, полученных при протеоллизе глиадина и глютенина методом хроматографии, показало, что белки обеих фракций имеют участки полипептидных цепей с идентичной последовательностью аминокислотных остатков наряду с другими участками, первичная структура которых специфична для каждого белка.

Вследствие различий в первичной структуре молекулы глютенина значительно сильнее ионизированы по сравнению с глиадином как в кислых, так и в щелочных растворах. Внутримолекулярные дисульфидные и водородные связи, образуемые многочисленными амидными группами, наряду с низким содержанием ионизированных групп стаби-

лизируют относительно компактную конформацию глиадиновых молекул в растворе. В отличие от глиадина, молекулы глютеина характеризуются в растворах более рыхлой, слабо стабилизированной конформацией, свойственной высокомолекулярным полиэлектролитам в состоянии «беспорядочного клубка». В зависимости от pH, ионной силы, состава растворителя и других факторов молекулы глютеина изменяют свою конформацию в растворе в большей степени, чем относительно более стабильные молекулы глиадина.

Глютеин и глиадин в отдельности не обладают характерными реологическими свойствами клейковины, и только соединение их в едином комплексе создает клейковинный белок со всеми присущими ему особенностями. Определено, что около половины полипептидных цепочек клейковины связаны дисульфидными мостиками, образуя полимерные молекулы разной молекулярной массы, суммарно называемых глютеином. Вторая половина клейковины – глиадин – представлена в основном единичными полипептидными цепочками с внутримолекулярными дисульфидными мостиками. Существенную роль в формировании клейковины играют нековалентные формы взаимодействия (водородные, солевые или ионные, а также гидрофобные взаимодействия).

Обилие нековалентных связей, легко разрываемых и вновь возникающих при различных воздействиях на белок, создает основу реологических свойств нативной клейковины – упругость, эластичность, связность, способность к обратимому растяжению (упругой деформации).

Клейковина в некоторых средах полностью растворяется. В этом случае разрываются связи между одинаковыми по составу частицами клейковинного белка и происходит замена их связями клейковина – растворитель. В других растворителях происходит разрушение внутренней структуры белкового комплекса клейковины – разрыв связей между его компонентами. Обнаружена неодинаковая растворимость клейковины разного качества в определенных растворителях: чем крепче клейковина, тем ниже ее растворимость.

Крепкая клейковина отличается от слабой большей компактностью растворенных частиц и меньшей степенью их асимметрии.

До сих пор нет общепринятого представления о времени и месте формирования клейковины. Одни исследователи утверждают, что клейковина образуется при отмывании клейковины из размолотого

зерна в результате коллоидного процесса набухания и агрегации белковых веществ.

Другие – и таких большинство – убеждены в том, что клейковина синтезируется одновременно с общим ходом созревания зерна.

Известные многочисленные теории формирования строения и качества клейковины можно объединить в три группы.

Первая группа. Исследователи рассматривали в разных вариантах клейковину как комплекс двух белков – глиадины и глютенина. Усилия авторов были направлены на выяснение характера связи между ними, их взаимное расположение в составе клейковины, а также роль того и другого компонента в придании определенных свойств клейковины как единому целому. Многие работы посвящены составу того и другого белка, особенностям их взаимодействия. Было постепенно выяснено, что в структуре клейковины существенную роль играют нековалентные взаимодействия в полипептидных цепях – водородные, солевые (ионные) связи, гидрофобное взаимодействие.

Накоплен большой экспериментальный материал, но выраженных характерных особенностей того и другого, определяющих технологическое достоинство, обнаружить не удалось.

Вторая группа теорий строения клейковины расширяет представления о клейковине как о комплексе глиадины и глютенина участием в образовании структуры клейковины других ее компонентов.

Сложились две группы исследователей. Одни авторы утверждают, что все вещества, обнаруженные в клейковине, обладают способностью влиять на ее структуру и свойства, но являются примесями и химически не входят в ее состав. Другие считают, что все они химически связаны с основными белками глиадином и глютенином, входят в состав клейковины на равных правах с ними.

Многие исследователи поддерживают механизм образования клейковины, при котором около половины полипептидных цепей связаны дисульфидными мостиками, что приводит к полимерным молекулам разной молекулярной массы, суммарно называемой глютенином. Белок глиадин представлен в основном единичными цепями с внутримолекулярными дисульфидными мостиками. Полипептидные цепи глиадины в разных местах соединяются с полимеризованными молекулами глютениновой фракции, объединяя их в сложную трехмерную сетку, переплетающихся полипептидных цепей. Связи между

глиадином и глютеином носят нековалентный характер (водородные, солевые или ионные, гидрофобные взаимодействия).

Изучали содержащиеся в клейковине липиды (природные и гидрогенизированные), различные другие белки, липопротеины, гликолипиды, производные диацилглицерофосфорной кислоты (фосфатидных кислот), входящих в состав зерна в виде кальциевых и магниевых солей, богатых фосфором, крахмалом, минеральные вещества, хлоропласта и др. Наиболее широко изучалось влияние на структуру и свойства клейковины липидов с далеко идущим предложением – рассматривать клейковину как липидбелковый комплекс с ведущей ролью в формировании клейковины липидов. И по этой группе исследований оказалось невозможным установить конкретные данные, обеспечивающие практическую возможность регулировать структуру и свойства клейковины.

Третья группа теорий о структуре клейковины объединяет усилия авторов, строящих свои выводы на углубленной основе с применением современных научных методов, применяемых в научных исследованиях на молекулярном уровне (хроматография, электрофорез, гельфильтрация на сефадексах, действие ферментов и др.).

В исследованиях были использованы также такие понятия и методы, как комплементарность (*комплементарность* – взаимное соответствие в химическом строении двух макромолекул, обеспечивающих их взаимодействие (например, спаривание двух нитей ДНК, соединение фермента с субстратом и др.)) белковых веществ, разделение белков методами электрофоретического изучения на четыре зоны, соответствующие биохимические фракции с номенклатурой и системой записи спектров белков, применение иммунохимического (*иммунитет* – невосприимчивость организма к инфекционным агентам и чужеродным веществам, обусловленная наследственно закрепленными особенностями организма; иммунохимия изучает химический механизм иммунологических реакций и участвующих в них компонентов (главным образом белков и полисахаридов)) анализа, влияние липопротеиновых структурных мембран и т.д. Несмотря на богатство примененных методов в раскрытии ранее неизвестных особенностей клейковины, проведенные исследования также не решили главной проблемы клейковины – надежных средств регулирования и улучшения ее технологических свойств.

Исследователи, работающие с клейковиной, не замечают и не учитывают, что такой клейковины, какую они получают при отмывании из размолотого зерна, нет в зерновке.

Выделенная из зерна клейковина является для него чем-то инородным. В зерне не существует однородного тестовидного куска и даже его частей. Мельчайшие разнообразные по составу частицы главным образом на клеточном и межклеточном уровнях будущей отмывтой клейковины пронизывают все тело зерновки, точнее его эндосперм. Клейковина в куске образуется при двух обязательных условиях: вычленение частиц будущей клейковины из сложного состава мучнистого ядра зерновки и обеспечение достаточным количеством воды для их набухания, в ходе которого в образующейся отмываемой массе происходят многочисленные процессы, которых в ней не было, когда эти ее частицы были в зерне или они проходили по другому: биохимические с участием ферментов, коллоидные, физические.

Состав и свойства клейковины радикально изменяются во времени. Очень важно различать изменения зерна и клейковины в поле и после уборки урожая.

В зерне и содержащейся в нем клейковине, утративших связь с почвой и колосом, процессы динамического изменения состава и физических свойств клейковины, начавшиеся еще в зерне, созревающим на корню, продолжают во время нахождения в валках, при хранении на хлебоприемном предприятии в период его дозревания и дальнейшем хранении.

Большие изменения состава, состояния и качества клейковины происходят при переработке зерна в муку и крупу и, особенно глубокие при тестоведении, главным образом под воздействием разнообразных ферментов. Отличительная особенность накопления огромных научно-экспериментальных материалов по составу и строению клейковины – постоянная противоречивость, лишаящая возможности выявить общее в них, что позволило бы выбрать конкретные пути регулирования и улучшения ее технологических свойств. Существуют изначальные закономерности формирования зерна и клейковины, их состава, структуры и свойств, объединяющих трудно улавливаемые природные безграничные противоречивые варьирования. В них заложены базовые причины неудач исследований проблемы клейковины, имеющей огромную практическую значимость.

Первая причина. Формирование зерна и клейковины, их состава, структуры и свойств определяется взаимодействием генотипа и внешних условий выращивания зерна (почвенно-климатических, агротехнических), составляющим его фенотип (фенотип – совокупность всех признаков и свойств особи (каждого растения), формирующихся в процессе взаимодействия ее генотипа и внешней среды). Как показал выдающийся естествоиспытатель Н.И. Вавилов, на благоприятном агрофоне первостепенное значение имеет генотип, а на скудном агрофоне – внешние условия выращивания зерна.

Вторая причина. Составляющие зерно вещества находятся во взаимной связи, состоянии динамического обмена. Изменение каждого из них влечет за собой ответное изменение группы других, в целом онтогенеза и качества зерна.

Третья причина. Вода – среда и активный участник всех жизненных процессов в зерне. Тотальное значение воды заключается в том, что ее количество и уровень энергии связи с сухим субстратом в сочетании с температурой определяют активные ферментные системы – движущие силы абсолютного большинства процессов в зерне. Вода выполняет роль пускового механизма ферментов и регулятора интенсивности их действия.

Сложный химический состав зерна, огромное разнообразие биологически скоординированных во времени, пространстве и последовательности непрерывно протекающих в нем с различной интенсивностью физико-химических и биохимических процессов составляют неустойчивую основу его технологического качества – мукомольного и хлебопекарного. Поиск совершенного способа оценки технологического качества клейковины, мукомольного и хлебопекарного достоинства пшеничного зерна и муки лежит на путях компьютеризации. Выявление взаимных связей, решающих фактор качества зерна и муки, а также математическое их описание, дополненное экспертными оценками самых знающих и умелых специалистов, заложенные в компьютер, дадут безошибочную и интегральную их технологическую оценку в любом сочетании исходных данных.

Для компьютерной оценки качества зерна пшеницы не по одной клейковине, а по количеству признаков уже имеются реальные предпосылки. Многие сделано в этой области за рубежом. Требуется расширить работы отечественных ученых по компьютеризации оценки качества зерна.

1.7. Клейковина и ферменты

Начальная биологическая единица – клетка и отдельная молекула биологического вещества обладают компьютерными свойствами. В ходе ферментативной реакции за время около 100 мкс молекула фермента распознает среди большого числа окружающих ее молекул различных веществ определенный объект – молекулу субстрата, присоединяет ее, превращая в продукт, или высвобождая из субстрата. Не может быть в стороне от формирования клейковины ферментная система зерна. Клейковинный комплекс и его агрегирование происходит в ходе синтеза всех других веществ зерна: клейковинообразующие белки не могут ждать, когда их будут отмывать. Сама клейковина обладает ферментативной активностью. В клейковине экспериментально установлена активность протеаз, β -амилазы, монофенолмонооксигеназы, каталазы. Установлена большая роль дисульфидных связей ($-S-S-$) и сульфгидрильных групп ($-SH$) в структуре и свойствах клейковины. Обе эти химические группы включены в ферментативный тиол (ти... – приставка в названии сернистых аналогов кислородсодержащих соединений) – дисульфидный обмен, который представляет собой сложную совокупность последовательных окислительно-восстановительных превращений, происходящих с участием дисульфидных связей и SH- групп белковых молекул и низкомолекулярных соединений.

В конце XX столетия в Сибирском институте физиологии и биохимии растений выполнено исследование, выдвинувшее концепцию формирования белкового комплекса клейковины пшеницы, основанное на регуляторной функции ферментов тиол-дисульфидного обмена. Показано, что в развивающихся зерновках функционирует специализированная система ферментов, катализирующая образование дисульфидных связей в белках (тиол:кислородредуктаза), их диссоциацию (тиол:протеин-дисульфидоксиредуктаза) и перегруппировку (тиол:протеин-дисульфидизомераза). Как установлено ранее выполненными работами, с высокой активностью в тиол:дисульфидном обмене клейковины принимает участие трипептид глутатион, состоящий из остатков гликокола, цистеина и глутаминовой кислоты:

Глутатион содержится во всех живых клетках. Его содержание особенно высоко в зародыше пшеничного зерна и дрожжах. Чрезвычайно важная роль глутатиона заключается в том, что он является

сильным восстановителем и очень легко подвергается окислению, подобно цистеину. При этом так же, как и в цистеине окисляется сульфгидрильная группа $-SH$ (отнимается водород) и две молекулы восстановленного глутатиона соединяются дисульфидной связью, образуя молекулу окисленного глутатиона.

Взаимопревращение окисленной и восстановленной форм глутатиона катализируется группой ферментов, приведенных выше. Глутатион оказывает большое влияние на активность ферментов, особенно тех, действие которых связано с превращениями белков. Окисленный глутатион изображают сокращенно $\Gamma-S-S-\Gamma$, восстановленный $-\Gamma-SH$.

Свойства белков созревающего и прорастающего зерна связаны с содержанием $-S-S-$ связей и $-SH$ -групп. При прорастании зерна дисульфидные связи распадаются с одновременным увеличением сульфгидрильных групп и ослаблением качества клейковины.

Разработан способ ферментативного улучшения хлебопекарного качества пшеничной муки.

Берут небольшое количество растительного масла и небольшое количество соевой муки, особенно богатой ферментом липоксигеназой, затем энергично размешивают эту смесь и вносят в пшеничное тесто. Липоксигеназа окисляет кислородом воздуха ненасыщенные жирные кислоты. При этом кислород присоединяется к двойным связям жирных кислот, образуя их перекиси (пероксиды), обладающие очень сильным окисляющим действием. Гидроперекиси жирных кислот укрепляют клейковину муки, улучшают ее физические свойства. При действии гидроперекисей на каротиноиды тесто желто-кремового цвета становится более светлым. Такое же благоприятное действие на хлебопекарное качество оказывает отлежка свежесмолотой муки в течение двух-трех недель. В том и другом случае это связано с образованием небольшого количества гидроперекисей – первым этапом действия липоксигеназы на ненасыщенные жирные кислоты муки и теста. Более длительные сроки хранения свежесмолотой муки и увеличенные количества примешивания соевой муки, т.е. использование большей дозы фермента липоксигеназы приводит к отрицательным результатам. Гидроперекиси окисляют другие вещества пшеничной муки, в первую очередь жир, с образованием альдегидов и кетонов, которые придают продуктам неприятный вкус и запах. В этом заключается сущность прогоркания муки и крупы.

1.8. Смешивание зерна пшеницы с клейковиной разного качества

Технологи большое внимание уделяют смесительной ценности зерна пшеницы. Смешивание партий зерна с различными качественными показателями рассматривается как эффективный способ повышения технологического достоинства зерна пшеницы. Под смесительной ценностью понимают способность зерна сильной пшеницы улучшать в смеси хлебопекарные качества слабой пшеницы. Смесительную ценность определяют проведением пробной лабораторной выпечки хлеба с повторным промесом теста из смеси муки того и другого зерна в соотношении 50:50. Муку из слабой пшеницы используют 70%-го выхода или хлебопекарную 1-го сорта с содержанием клейковины не более 20% и качеством II группы слабой.

Показатель смесительной ценности (СЦ) вычисляют по формуле

$$СЦ = (V_0 - V_1) / V_1,$$

где V_0 – объемный выход хлеба из смеси муки из сильной и слабой пшеницы в соотношении 50:50, см³; V_1 – объемный выход хлеба из муки слабой пшеницы.

Величина изменения объема хлеба не в полной мере оценивает смесительную ценность зерна, так как позволяет судить только об одной ее части. Смешивание партий зерна разного качества решает более широкие производственные задачи.

Одни производственные требования к зерну предъявляют мукомольные заводы (объем очистки и подготовки зерна к размолу, выходы готовой продукции с качеством в пределах стандартных показателей, удельный расход энергии). По-другому оценивают муку предприятия, изготавливающие хлеб: им необходима мука высокого хлебопекарного достоинства с широким кругом признаков.

Мельзаводы, оценивая зерно с производственных позиций сложного превращения зерна в муку, одновременно призваны обеспечить высокие требования предприятий, вырабатывающих хлебные изделия. Свои сложности и требования к зерну у мельзаводов при макаронных помолах и макаронных фабрик к муке.

Неодинаковые требования к зерну при смешивании зерновых партий разного качества усложняются значительными колебаниями

содержания количественного содержания и свойств отдельных веществ, составляющих зерно.

Наряду с белками, составляющими наибольшую часть клейковины, на хлебопекарное качество пшеничной муки оказывает большое влияние крахмал. На его долю приходится свыше 60% в зерновке и почти 80% в эндосперме. Стекловидность, крупность, твердозерность связаны с различными размерами крахмальных гранул. В стекловидном эндосперме формируется больше средних и меньше мелких гранул крахмала, чем в мучнистом.

Высокое хлебопекарное достоинство зерна пшеницы связано с преобладанием зерен крахмала округлой формы над зёрнами крахмала ограненной формы.

Размеры крахмальных гранул в зерне неодинаковы: наиболее крупные находятся в зерновках самых больших размеров, по мере уменьшения размера зерновки ее крахмальные гранулы также уменьшаются. Набухаемость крахмальных гранул при уменьшении их размера снижается. Особенно низкий объемный выход хлеба при самых мелких крахмальных гранулах. С повышением водопоглотительной способности крахмала объем хлеба уменьшается. Смешивание партий зерна разного качества приводит не только к изменению соотношения компонентов составляющих клейковину, но и к их взаимодействию. Взаимодействия между всеми формами белков, богатых активными реакционными химическими группами на поверхности ее комплексных макромолекул, дают сочетание свойств клейковины, отличающихся от свойств сочетающихся белков из смешиваемого зерна. В такое взаимодействие вступают и все остальные составные части зерна (и муки) пшеницы, из которых наибольшую долю после белков в новые свойства клейковины и хлебопекарное качество смеси вносят крахмал и другие углеводы, а также липиды. При смешивании используют не только нормально созревшее зерно разного качества. В зерновую смесь входит также зерно с той или иной неполноценностью, не улавливаемой обычно применяемыми методами, но влияющей на технологическое достоинство зерна (пораженное клопами-черепашками, морозом, проросшее и др.), что сказывается на составе и качестве клейковины и зерна пшеницы в целом. Глубокие изменения в технологическое качество смеси вносят ферментные системы различного состава и силы разнокачественного зерна, вошедшего в смесь.

Утрата зерном всхожести, т.е. жизнеспособности, сопровождается глубоким изменением его физико-механических и физиолого-биохимических свойств. Все признаки и свойства зерна при этом ухудшаются. Всхожесть, не являясь прямым признаком качества зерна продовольственного назначения, показывает степень сохранения зерном своих природных достоинств. Зерно, поступающее на хранение и переработку, как правило, имеет низкую всхожесть. Однако всхожесть его обычно не проверяется и не учитывается.

Наиболее частой причиной утраты всхожести является перегрев зерна. В результате перегрева снижается способность тканей зерна и особенно зародыша поглощать парообразную и капельно-жидкую влагу. Удлиняются сроки увлажнения зерна при кондиционировании. Наблюдается неравномерная влажность различных участков насыпи зерна, что может привести к гнездовому самосогреванию. Понижается механическая прочность зерна, что увеличивает его дробление, образование мучки, распыл, ухудшение товарного качества, снижает стойкость при хранении. Ослабляется интенсивность дыхания, нарушается координированное действие фермента каталазы, снижается растворимость белковых веществ. Все это способствует интенсивности развития микроорганизмов, увеличению количества токсичных веществ, снижению стойкости при хранении. Ослабляется иммунитет и сопротивляемость зерна внедрению в его ткани плесневых грибов, их количество увеличивается в несколько раз интенсивнее, чем на всхожем зерне. Технологические свойства ухудшаются: содержание и качество клейковины снижаются, увеличивается зольность и кислотность муки, физические свойства теста становятся хуже. Изменяется в худшую сторону объемный выход хлеба и его качество.

За рубежом для улучшения качества слабой пшеницы в помольную партию добавляют не только сильную пшеницу, но и сухую клейковину.

Развертывается отечественное производство сухой клейковины в нашей стране. Для выработки сухой клейковины рекомендуется использовать хлебопекарную муку второго сорта, получаемую при специальном 85%-м помоле, и муку второго сорта, получаемую из твердой пшеницы при сортовом помоле. Добавление в хлебопекарную муку 5% сухой клейковины, содержавшей белка от 75,4 до 81,2%, повышало удельный объем хлеба ($\text{см}^3/100 \text{ г}$) на 2,4-9,5%, пористость на 2,5-3,9%, сжимаемость мякиша на 34-58%. При оптимальной про-

должительности замеса теста объем контрольной пробы увеличивается до 3%, а при добавке сухой клейковины – до 13-31%.

Предложена технология производства с использованием сухой пшеничной клейковины кондитерских изделий, в том числе, галет, диетических и диабетических кексов.

Под смесительной ценностью в широком плане следует понимать способность веществ зерна пшеницы взаимодействовать с разнокачественным пшеничным зерном других (одной или нескольких) партий и давать при определенных их количественных соотношениях зерновую смесь заданного технологического качества. Учитывая крупномасштабную разнонаправленную природную изменчивость качества зерна и фактически сложившееся качественное состояние его при хранении, необходимые количественные соотношения зерновых партий, намечаемых к включению в смесь желаемого технологического достоинства, следует отбирать опытным путем в зерновой лаборатории помола в каждом отдельном случае.

Оценку смесительной ценности сильной и слабой пшеницы по одному показателю – клейковине – следует рассматривать предварительной или проводить ее одновременно с определением интегральной технологической оценки смешиваемого зерна.

Технологическую оценку смешиваемых партий зерна можно проводить по ограниченному перечню показателей их фактического состояния и качества с учетом намечаемой производственной цели.

1.9. Факторы, влияющие на выход и качество клейковины зерна пшеницы

Выход клейковины и ее качественная характеристика, а следовательно, и хлебопекарное достоинство пшеницы изменяются в очень широких пределах. Факторы, влияющие на клейковину, можно объединить в три группы: внутренние причины, свойственные сорту (генетические); условия произрастания злакового растения и созревания зерна (экологические); действие физических и химических агентов, которыми обрабатывают зерно, муку или клейковину (экзогенные).

Сорт несет в себе совокупность всех наследственных факторов злакового растения, от которых в значительной мере зависит химический состав тканей растения, в том числе и его важнейшего репродуктивного органа – семени. В связи с этим становится понятным на-

блюдаемые наследственные различия сортов пшеницы по способности накапливать в одних и тех же условиях определенное количество белка и клейковины. Экспериментально проверены генетические различия между сортами по уровню белковости и содержанию клейковины. Установлено, что доля генотипической изменчивости достаточно высока и составляет 48% по содержанию белка и 43% по содержанию сырой клейковины от общей изменчивости.

Обнаружена сортовая устойчивость содержания глиадиновой фракции в клейковине. Можно говорить о полноценности белка как о сортовом признаке. Доказана роль определенных хромосом и генов в наследовании содержания белка в зерне пшеницы. Работы по изучению генетической (сортовой) зависимости содержания и качества белка и клейковины расширяются.

Получены данные о том, что компонентный состав глиадина, глютеина и консистенция эндосперма являются важнейшими факторами, обуславливающими генетический уровень качества муки, в том числе по таким показателям, как седиментация, сила муки, водопоглощительная способность, объем хлеба. Выявлено, что основную роль в накоплении белка в зерне пшеницы и формировании его качества играют гены ядра. Получена замещенная линия (линия – потомство одного гомозиготного самоопыляющегося растения, размножающегося половым путем. Гомозиготный организм – особь, содержащая в клетках тела одинаковые гены) сорта Одесская 26, в которую введена чужеродная хромосома линии пшеницы 168. В замещенной линии значительно увеличилось содержание клейковины, но физические свойства теста резко ухудшились. Таким образом, селекция способна увеличить содержание белка в зерне пшеницы, но может при этом ухудшить физические свойства клейковины. Это направление обеспечивает лишь создание высокобелковых форм фуражной пшеницы, относящихся к высокопотенциальному, преимущественно полкарликовому типу (карликовые формы растений – низкорослые, обычно скороспелые растения, имеющие низкое отношение зерна к соломе).

Со временем с помощью цитогенетических методов у зерна пшеницы можно будет направленно регулировать уровень содержания и качество белка и клейковины, а также их аминокислотный состав. Решающее влияние на содержание и качество клейковины оказывают почвенно-климатические условия выращи-

ния пшеницы. Эти условия могут сильно исказить количественную и качественную характеристику белкового комплекса как наследственного признака.

Между содержанием белка и влажностью (количеством осадков на протяжении вегетационного периода) наблюдается устойчивая обратная зависимость: чем выше влажность, тем ниже содержание накопленного белка. Высокая влажность, обеспечивающая повышенные урожаи, обычно ведет к снижению белковости зерна и, следовательно, его пищевой ценности. Выдающийся российский агрохимик и биохимик Прянишников показал, что зерно при большой влажности беднее азотом, так как растению приходится образовывать гораздо большее число зерен при том же запасе азота в почве, что и при малой влажности. Он определил пути предотвращения обеднения зерна белком с ростом урожайности. Если с увеличением влажности повысить уровень питания азотом, то можно предупредить снижение белковости зерна даже при резком увеличении урожая.

Практика подтвердила правильность этого положения – можно регулировать содержание белковых веществ в зерне, умело применяя азотистые удобрения, орошение и сортовые особенности. Наука и практика выявили, что влияние запасов азота в почве на количество и качество белка и клейковины пшеницы проявляется не однозначно, а носит сложный характер. Различное содержание белка в зерне в условиях обильного или недостаточного увлажнения зависит не только от содержания азота в почве, но и от многих других факторов: величины, структуры урожая (соотношение между корнями и надземной массой), особенностей углеводного обмена и кислородного режима, влияющих на характер и интенсивность процессов поглощения и усвоения азота растением и др.

Так как синтез белковых веществ связан с затратой энергии, температурные условия вегетационного периода пшеницы, особенно в период формирования и налива зерна, оказывают влияние на формирование качества зерна пшеницы. Вегетационными опытами показано, что снижение температуры с 35 до 20°C уменьшает содержание белка в зерне яровой пшеницы с 15,5 до 12,2%. В годы с сухим и жарким летом сила пшеничной муки всегда значительно выше, чем в годы с обильными осадками и пониженной температурой.

Связность белкового комплекса и стойкость теста при брожении в зависимости от условий роста и развития растения пшеницы, осо-

бенно в период созревания и налива зерна, изменяются более чем в два раза. На количество и особенно качество клейковины в период вегетации большое влияние оказывают вредители (клоп-черепашка, пшеничный трипс и др.) и болезни, а также неблагоприятные условия произрастания (засуха, действие заморозков). Велика роль агротехнических приемов: способов и сроков обработки почвы; количества и состава удобрений; сроков, дозы и способов их внесения; предшественников, орошения, сроков и способов уборки и т.д.

Разнообразны средства, при помощи которых можно изменить выход и качество клейковины после того, как зерно пшеницы убрали с поля (при обработке и переработке). На количество и состав клейковины влияют степень раздробленности муки (ее крупность), соотношение между количеством воды и муки при замесе куска теста, продолжительность и температура отлежки теста, промывная жидкость и ее состав, способ и продолжительность отмывания (результаты отмывания клейковины во многом зависят от навыков и умения лаборанта).

Жидкость, применяемая для отмывания клейковины, имеет большое значение, так как клейковинные белки способны растворяться в различных жидкостях неодинаково. Так, в зависимости от состава промывной жидкости количественное соотношение глютеина и глиадины изменялось от 1,61 (отмывание 0,001%-м водным раствором бромата калия) до 6,13 (отмывание водой). Дистиллированная вода значительно снижает выход сухой клейковины в результате перехода в раствор клейковинных белков, главным образом глиадины, обладающего заметной растворимостью в дистиллированной воде. Известную роль в переходе белков клейковины в раствор играет также повышенная растворимость диоксида углерода воздуха в дистиллированной воде.

Солевые растворы и водопроводная вода значительно меньше растворяют клейковинные белки. Соли укрепляют клейковину, делают ее более упругой, менее растяжимой. Практически наиболее удобно применять водопроводную воду. Установлено влияние химического состава воды (содержание и состав растворенных в ней солей) на количество и качество отмываемой клейковины. Выход клейковины из одной и той же пробы муки различен в зависимости от жесткости воды. Расхождение достигает 3,7%.

Большое значение имеет содержание в муке ненасыщенных жирных кислот: олеиновой, линолевой и линоленовой. Эти кислоты и их соли оказывают сильное укрепляющее действие на клейковину. Присутствие ничтожного количества этих кислот делает клейковину упругой, малорастяжимой и даже крошащейся. Это имеет большое значение при хранении пшеничной муки, в процессе ее так называемого созревания. Подобное действие ненасыщенных жирных кислот объясняется влиянием на клейковину продуктов их окисления. Качество клейковины в значительной степени зависит от повышенных температур при сушке и горячем кондиционировании зерна, при котором зерно перед помолом увлажняется, а затем прогревается в кондиционерах. Повышенные температуры укрепляют клейковину, она становится менее растяжимой и более упругой. Если температура нагрева зерна слишком высокая, белки клейковины свертываются, денатурируются, и тогда отмыть ее уже нельзя. Зерно, подвергшееся действию слишком высоких температур, теряет свои первоначальные хлебопекарные достоинства.

На качество клейковины большое влияние оказывают вещества, содержащие сульфгидрильные группы, $-SH$. Эти вещества при добавлении их в небольшом количестве к муке или к тесту резко ухудшают качество клейковины и теста, вызывают их расплывание и разжижение. Среди соединений, содержащих группу $-SH$, нужно особенно отметить уже рассмотренные ранее аминокислоты цистеин и глутатион. Глутатион представляет особый интерес, так как содержится в довольно большом количестве в зародыше пшеничного зерна (0,45%), а также в дрожжах (особенно старых). Глутатион оказывает на клейковину сильное разжижающее действие – клейковина и тесто расплываются и ослабевают. Отрицательное влияние на клейковину оказывает только восстановленная форма глутатиона ($G-SH$).

Разжижающее действие цистеина и глутатиона на тесто и клейковину обычно объясняли тем, что эти вещества активизируют протеолитические ферменты муки, которые начинают энергично расщеплять белки клейковины. опыты, проведенные вне действия протеолитических ферментов, показали, что цистеин или глутатион вызывают немедленное расплывание клейковины. Сульфгидрильные соединения оказывают действие непосредственно на белки клейковины, вызывая глубокое изменение их физических свойств.

Качество клейковины зависит также от действия протеолитических ферментов. Под их влиянием клейковина теряет свои первоначальные физические свойства, разжижается и иногда становится неотмываемой. Это явление наблюдается у муки, полученной из зерна, пораженного клопами-черепашками. Из такой муки нельзя отмыть клейковину потому, что клопы-черепашки, накалывая созревающее зерно, впускают в него слюну, содержащую активный протеолитический фермент. Внесенный в зерно протеолитический фермент сохраняется в нем, фермент начинает действовать, разрушая белки клейковины в приготовленном из такой муки тесте. В зернах злаковых и семенах бобовых культур содержатся белки-ингибиторы, способные соединяться с протеолитическими ферментами, снижая их активность, что также может сказываться на качестве клейковины.

В эндосперме пшеничного зерна клейковина распределена неравномерно. Больше всего клейковины в наружном слое эндосперма, в следующих меньше, совсем мало во внутренних слоях. Таким образом, мука, полученная из наружных слоев, более богата клейковиной, чем мука из внутренних слоев эндосперма. На изменение реологических свойств клейковины существенное влияние оказывает фермент протеиндисульфидредуктаза, расщепляющая дисульфидные мостики в клейковине; активность фермента повышается в проросшем и незрелом зерне. Интенсивная механическая обработка пшеничной муки с использованием шаровой мельницы оказывает необычайно сильное воздействие на клейковину, резко укрепляя ее. Цвет клейковины не сказывается на упругих свойствах и на хлебопекарном достоинстве пшеничной муки.

Немецкий исследователь Гесс выдвинул теорию микро- и субмикроструктуры эндосперма пшеницы. При обработке муки высшего сорта органическими жидкостями с относительной плотностью около 1,38 он выделил две фракции белка. Одна из них состоит почти из чистого белка и в неразрушенном зерне составляет сплошную основу (подложку), в которой распределены зерна крахмала. При исследовании в электронном микроскопе этот белок имеет вид бесструктурных пластинок. Гесс назвал эту фракцию белка промежуточным, или клиновидным белком – цвикельпротеином (*zwickel-protein*). Вторая фракция белка плотно прикреплена к поверхности крахмальных зерен, ее не удастся выделить даже после измельчения муки на шаровой мельнице. По Гессу, прикрепленный белок – хафтпротеин

(*haftprotein*), имеет фибриллярную структуру. Российские исследователи подтвердили наличие двух фракций белка в эндосперме пшеницы. Гесс утверждал, что прикрепленный белок не может формировать сам по себе клейковину, но участвует в ее образовании вместе с промежуточным белком, обуславливая газодерживающую способность набухшей клейковины. Российские исследователи убедились, что оба типа белка образуют нормальную клейковину. Они доказали также, что из стекловидного эндосперма даже после энергичного механического воздействия шаров вибрационной мельницы фракционированием (по Гессу) извлекается меньше промежуточного белка, чем из мучнистого. Азот этой фракции из зерна мучнистой пшеницы составляет в среднем 36,8% общего азота муки, а из зерна стекловидной пшеницы – 12,03% (в три раза меньше). Отсюда вытекает зависимость количественного соотношения между промежуточным и прикрепленным белком от консистенции зерновки.

В стекловидном эндосперме зерна белковая подложка прочно связана с крахмалом. При разрушении такого эндосперма крахмальные зерна раскалываются вместе с окружающим их белком.

В мучнистом эндосперме крахмальные зерна слабо связаны со слоем прикрепленного белка, промежутки между зёрнами крахмала легко освобождаются от окружающего их белка. Белковые фракции, получаемые по Гессу, охарактеризованы недостаточно. При измельчении стекловидный эндосперм разрушается по линиям между группами клеток, а содержимое клеток сохраняется как организованное целое даже при разрушении клеточных оболочек.

При измельчении мучнистого эндосперма его клетки разрушаются полностью, их содержимое высыпается наружу. Частицы муки из такого эндосперма лишены клеточной структуры. Отсюда становятся понятными физические различия между крупчатой мукой из стекловидного эндосперма и мажущейся из мучнистого.

2. ВИТАМИНЫ ЗЕРНА

2.1. Общая характеристика витаминов

Витамины составляют группу низкомолекулярных органических веществ разнообразного происхождения, обладающих различными физико-химическими свойствами, абсолютно необходимыми для жизнедеятельности любого организма.

Витамины имеют общие характерные особенности:

– выполняют каталитические функции, являются коферментами, составными частями ферментов;

– биологически активны в небольших количествах (общим количеством 0,1-0,2 г) на всех этапах совокупности биологических процессов – биологического обмена веществ (метаболизма) живого организма;

вместе с другими антиоксидантами, вырабатываемыми в организме, защищают наше здоровье от разрушительного действия оксидантов;

витамины необходимы не только для гетеротрофных организмов (человек, животные), но также и для автотрофов (растений) для выполнения аналогичных каталитических функций;

биосинтез витаминов происходит в растениях, человек и животные получают их с пищей;

витамины не являются материалом для биосинтеза или источником энергии;

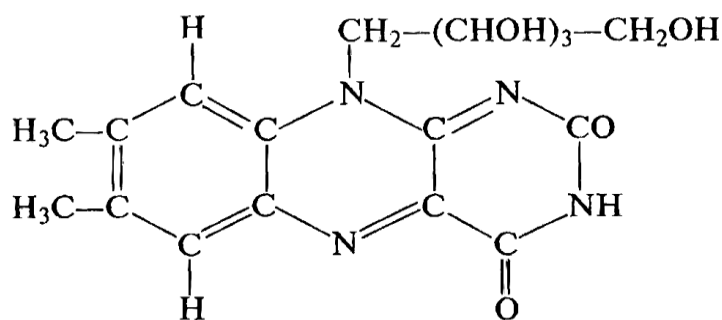
недостаток или нарушение ассимиляции витаминов приводит к развитию патологических процессов в виде гиповитаминозов (болезни в результате длительного недостатка) и авитаминозов (болезни в результате отсутствия витаминов).

Наибольшее распространение имеют гиповитаминозы – систематическая недостаточность витаминов. Это приводит к тому, что человек испытывает плохое настроение, быструю утомляемость, вялость, раздражительность, головные боли, головокружения, простудные заболевания, болезни зубов, обострения хронических заболеваний и другие недуги. Резкое ухудшение экологических условий, нарастающие отрицательные техногенные воздействия, загрязненность воздушной среды и воды, насыщенность сельскохозяйственной продукции токсинами, увеличение объема информации, стойкие социальные конфликты, ограничение

Этот фермент расщепляет пировиноградную кислоту – промежуточный продукт преобразования глюкозы в клетке. Без тиамин расщепление пировиноградной кислоты затормаживается.

Тиамин обладает стойкостью к воздействию многих факторов внешней среды. Под влиянием света и кислорода воздуха не разрушается и не окисляется, мало разрушается при термической обработке пищи и выпечке хлеба (в кислой среде). При нагревании в нейтральной и особенно щелочной среде легко разрушается, например, при выпечке кондитерских мучных изделий, изготовляемых с применением соды или углекислого аммония (щелочные разрыхлители). Суточная потребность человека в тиамине 2-3 мг. Основной источник тиамин – пшеничный и особенно ржаной хлеб. Зерно и продукты его переработки содержат тиамин в следующих количествах (мкг/г): зерно пшеницы – 5,7-6,6; пшеничные зародыши – 14,2-20,5; мука пшеничная обойная – 5,2; мука ржаная обойная – 3,5-4,7; зерно кукурузы – 4,5-6,2; зерно ячменя – 4-5; зерно овса – 6-8, зерно риса – 2,2-2,9; отруби рисовые – 22; мука соевая – 7,7; горох – 1,5-3,8; фасоль – 0,6-1,0.

Рибофлавин (витамин В₂). В нем азотистое основание связано с остатком многоатомного спирта D-рибита.

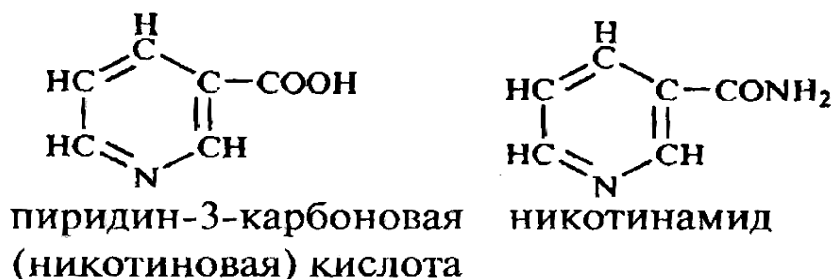


В соединении с фосфорной кислотой рибофлавин входит в состав ферментов, отнимающих водород от пиридиновых дегидрогеназ. Участвует в процессах роста и развития организма, тканевого дыхания, в белковом, углеводном и жировом обмене.

Если в рационе питания недостаточно белка и витамина С (аскорбиновой кислоты), то даже при достаточном поступлении рибофлавина он будет плохо усваиваться. Рибофлавин устойчив к высокой температуре, но легко разрушается на свету. Суточная потребность человека в рибофлавине 2 мг.

Содержание рибофлавина (мкг/г): пшеница 1,5-1,9; рожь 1,2-1,8; пшеничные отруби 2,3; кукуруза 1,2; ячмень 1,7-2,2; овес 1,7-2,0.

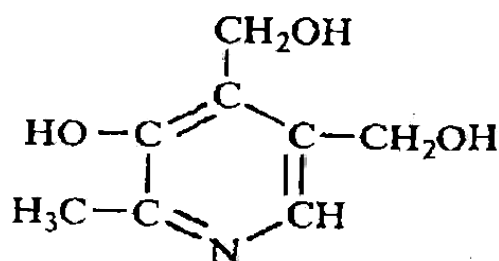
Ниацин (В₅, никотиновая кислота, никотинамид). Название «ниацин» используют как общее обозначение пиридин-3-карбоновой кислоты и ее производного – никотинамида.



Никотинамид входит в состав ферментов – пиридиновых (первичных) дегидрогеназ, участвующих в переносе водорода. Он обладает высокой устойчивостью к воздействию факторов внешней среды – не разрушается при термическом приготовлении пищи, под воздействием солнечного света, воздуха и щелочных растворов. Некоторое количество ниацина может синтезироваться в живом организме из триптофана. Суточная потребность в ниацине 15-20 мг. Содержание ниацина (мкг/г): пшеница 45-70; пшеничные отруби 120-325; пшеничные зародыши 27-90; кукуруза 15; ячмень 94-104; овес 15,6-17,2.

Существенна роль ниацина в белковом обмене, он влияет на накопление азота в растениях, фракционный состав белков листьев и зерна.

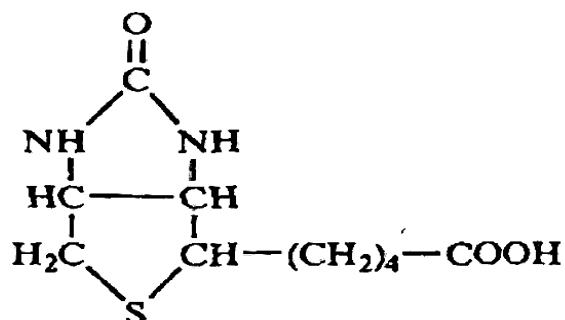
Витамин В₆. Имеет три активные формы: пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин. Структурная формула пиридоксина:



Пиридоксин входит в состав ряда ферментов, катализирующих реакции превращения аминокислот, способствует переходу аминокислоты триптофана в ниацин. Отвечает за синтез глутаминовой

кислоты, необходимой для нормальной деятельности центральной нервной системы. Суточная потребность человека в пиридоксине 1,5-2 мг. Пиридоксин устойчив к теплу, щелочам и кислотам, разрушается на свету, особенно при действии ультрафиолетовых лучей. Содержание пиридоксина (мкг/г): зерно пшеницы 3,5-4,3; пшеничные отруби 8,9-16,2; зерно ячменя 1,1-4,9; зерно овса 0,9-3,1; зерно кукурузы 3,47-9,5; зерно проса 2,6-5,2.

Витамин В₇ (биотин, витамин Н) имеет следующее строение:

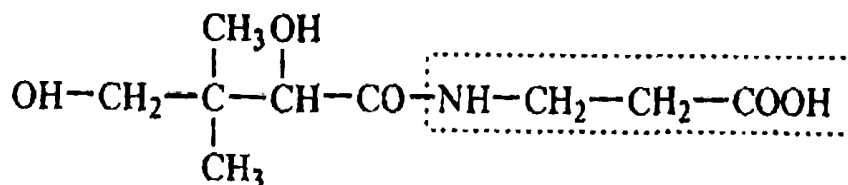


Выполняет разнообразные функции, входит в состав ферментов, катализирующих реакции карбоксилирования, т.е. присоединения CO₂. Занимает ключевые позиции в обмене углеводов и жиров, в частности холестерина, участвует в обмене различных аминокислот, белков. Биотин поступает в организм с пищей, но также синтезируется непатогенными микроорганизмами кишечника. Биотин устойчив к высокой температуре, щелочам и кислотам, к кислороду воздуха. Суточная потребность человека в биотине около 10 мкг. Зерновые продукты содержат биотин в следующих количествах (мкг на 1 г продукта): хлеб пшеничный 4,8; крупа овсяная 20,0; овсяные хлопья Геркулес 20,0; кукуруза (початки) 21,0; крупа кукурузная 6,6; горох (сухой) 19,5; рис 12,0; соя 60,0; ячмень 6-12; горох 18,0; сорго 10-25,0.

Витамин В₁₂ (кобаламин). Это – группа водорастворимых соединений, производных коррина. Синтезируется микроорганизмами. Не содержится в растительных продуктах и дрожжах. Главным его источником в пище человека являются животные продукты, особенно печень и почки. Кроветворный фактор. Кобаломин в сочетании с фолиевой кислотой высоко эффективен при лечении различных форм анемии. В обмене веществ участвует в синтезе метионина и диссимиляции ряда аминокислот и пиримидинов.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота).

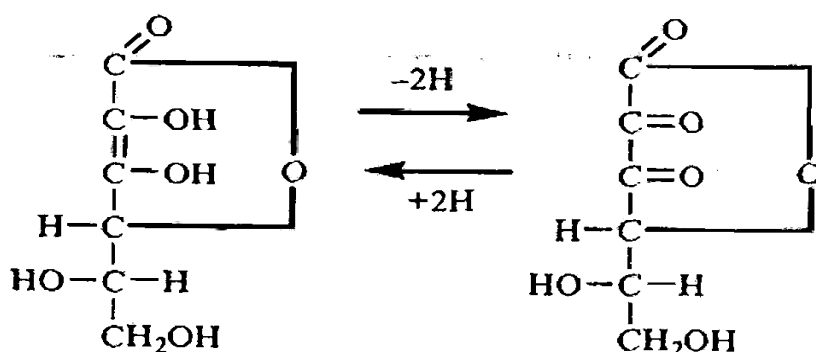
Имеет структурную формулу



Входит в состав ряда коферментов, в том числе кофермента (КоА), при участии которого происходит синтез жирных кислот, стерина и многих других соединений. Установлено, что в живых тканях и клетках бактерий большая часть пантотеновой кислоты содержится в виде КоА.

Суточная потребность человека в пантотеновой кислоте 10-12 мг. Высокая температура, щелочи и кислоты разрушают этот витамин. Пантотеновая кислота содержится во всех пищевых продуктах и, кроме того, синтезируется микробной флорой кишечника. Различные культуры содержат следующее количество пантотеновой кислоты (мкг/г): зерно ржи – 10; зерно кукурузы – 5; соя – 18; горох – 20; отруби пшеничные – 25.

Аскорбиновая кислота (витамин С). Ее участие в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в живой клетке, связано с ее окислительно-восстановительными свойствами и со способностью взаимного превращения аскорбиновой кислоты и дегидроаскорбиновой кислоты:



L-аскорбиновая кислота
(восстановленная форма)

дегидроаскорбиновая кислота
(окисленная форма)

Витамин С является антиоксидантом, помогает предотвращать урон, наносимый свободными радикалами.

Аскорбиновая кислота обеспечивает высокий уровень защитных сил против болезнетворных микробов. Повышает сопротивляемость организма к нервно-психическим нагрузкам, при простудах. Препятствует образованию нитрозаминов (сильных канцерогенов) из нитратов и нитритов, накапливаемых в растительных продуктах при нарушениях использования химических веществ во время их выращивания. В условиях большого дефицита или полного отсутствия витамина С в продуктах питания развивается авитаминоз (цинга).

Суточная потребность в аскорбиновой кислоте составляет 50-100 мг в зависимости от возраста, пола, состояния здоровья и трудовой деятельности.

Аскорбиновая кислота хорошо сохраняется в кислой среде, в щелочной быстро разрушается. В водных растворах легко разрушается, особенно в присутствии воздуха, света и следов меди или железа. В зрелых зернах злаковых культур аскорбиновой кислоты нет. Она появляется при прорастании зерна и содержится в больших количествах в проростках и в солоде. В эндосперме и щитке прорастающего зерна пшеницы аскорбиновая кислота отсутствует. При прорастании зерна пшеницы в нем обнаружено следующее количество аскорбиновой кислоты (мкг/г) через: 1 сут. – нет; 3 сут. – 91; 4 сут. – 166. Семядоли прорастающих семян гороха и фасоли способны синтезировать аскорбиновую кислоту.

Витамин В₉ (фолат, фолацин, фолиевая кислота, фактор кроветворения).

Фолиевая кислота входит коферментом во многие ферменты, которые переносят, участвуют в образовании ДНК и всех видов РНК. Фолиевая кислота наиболее интенсивно действует вместе с витамином В₁₂ (кобаламином), совместно они эффективно лечат анемию. Этот витамин содержится в зеленых овощах и в пшенице. Основным источником фолиевой кислоты в питании является хлеб (0,2-0,3 мг/кг). Суточная потребность в ней взрослого человека составляет около 0,2 мг.

Витамин Р (рутин) представляет семейство веществ, близких по химической структуре. В основе всех их лежит скелет флавона.

Их называют биофлавоноидами. Витамин Р обладает капилляроукрепляющим действием, снижает проницаемость сосудистой стенки, усиливает желче- и мочеотделение. Диета без рутина у

человека и животных вызывает подкожные кровоизлияния. У человека появляются боли в ногах, слабость, быстрая утомляемость.

Витамин Р предохраняет аскорбиновую кислоту от разрушения в тканях организма. Действие того и другого витамина взаимосвязано. Каждый из них в присутствии другого проявляет более высокий эффект, чем в одиночку. Этот витамин содержится во всех растительных продуктах. Наибольшим количеством рутина отличается черноплодная рябина. Повышенным содержанием рутина выделяется гречиха. Взрослому человеку в сутки необходимо около 25-35 мг биофлавоноидов.

2.3. Жирорастворимые витамины

К ним относятся витамины А, D, Е и К.

Витамин А (ретинол). Существует в виде двух витаминов: А₁ и А₂. Витамин А₁, представляет собой циклический непредельный одноатомный спирт из 20 атомов. В него входят шестичленное кольцо (бета-ионон), два остатка изопрена и первичная спиртовая группа.

Витамин А₂ отличается от А₁ добавочной двойной связью между 3-м и 4-м углеродными атомами шестичленного кольца. Обе формы существуют в виде стереоизомеров, несколько отличающихся по биологической активности. Ретинол участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Входит в состав светочувствительного белка глаз (сетчатки) – родопсина. Оказывает влияние на барьерную функцию эпителия и проницаемость клеточных мембран. При недостаточности ретинола нарушается сумеречное и ночное зрение («куриная слепота»). Появляется ороговение кожи, сухость слизистых оболочек глаз, ротовой полости и дыхательных путей. Наблюдаются похудение и общее истощение организма, воспалительные процессы выделительных половых органов.

Ретинол содержится только в продуктах животного происхождения. В растениях он не встречается, но многие растения содержат провитамины ретинола – каротиноиды; они в организме человека и животных ферментативно превращаются в витамин А. Известны три типа каротиноидов: α-, β- и γ-каротины, различающиеся по химическому строению и биологической активности. Наибольшей биологической активностью обладает β-каротин, содержащий в своем

составе два β -иононовых кольца и при гидролитическом распаде под действием фермента каротин-диоксигеназы образующий две молекулы ретинола. Каротиноиды содержатся в зерне пшеницы и ржи.

В семенах ржи содержание каротиноидов снижается по мере созревания, в семенах пшеницы в наибольшем количестве они сосредоточены при восковой спелости, а затем резко уменьшаются. В семенах зерновых культур преобладает содержание β -каротина, на долю α -каротина приходится около 10%. В зерновке пшеницы β -каротин распределен неравномерно: в целом в зерновке его содержится 0,02 мг на 100 г, в зародыше и алейроновом слое соответственно 0,60 и 0,33 мг на 100 г.

В пшеничной муке остаются только следы β -каротина. Каротиноиды найдены в зерне кукурузы, больше всего в желтых зерновках (6,5 мг на 1 кг).

Ретинол и каротин устойчивы при высокой температуре к варке, но чувствительны к свету и кислороду воздуха. В обменные процессы они включаются только в присутствии жира. Продукты с большим содержанием ретинола необходимо готовить с растительным маслом.

Рекомендуемые нормы для взрослого человека составляют от 1 до 2,5 мг ретинола, или β -каротина – от 2 до 5 мг.

Витамин D (кальциферол) – группа витаминов, отличающихся по строению и биологической активности.

Для человека и животных наибольшее значение имеют два витамина: D_2 – эргокальциферол и D_3 – холекальциферол.

Растения содержат провитамины группы D – фитостерины – одноатомные ненасыщенные циклические спирты, в структуру которых входит кольцо фенантрена. Фитостерины под действием ультрафиолетовых лучей в организме человека превращаются в витамины группы D. Эти витамины образуются в коже человека под действием света. Основная функция витамина D – регулирование в организме обмена кальция и фосфора. При недостатке этого витамина кальций мало или совсем не усваивается. При отсутствии в рационе витамина D у детей развивается широко известное заболевание – рахит.

Потребность в витамине D для детей составляет от 12 до 25 мкг (1 мкг = 0,001 мг) в зависимости от возраста, соотношения солей фосфора и кальция в рационе. При достаточном облучении

солнечными лучами (ультрафиолетом) взрослый человек получает достаточное количество витамина D.

Большое количество витамина D содержится в сливочном масле, яйцах, печени, рыбьем жире. Богаты провитамином D растительные масла (подсолнечное, кукурузное, оливковое и др.). Много витамина D в дрожжах.

Витамин E (токоферол). Из известных восьми соединений, входящих в группу витамина, наиболее изученным является витамин α -токоферол.

Молекулы остальных токоферолов различаются числом и расположением метильных групп в бензольном кольце.

Витамин E представляет собой сильный антиокислитель. Предохраняет от окисления полиненасыщенные жирные кислоты, защищает от разрушительного окисления витамин A, обеспечивает нормальное функционирование мембранных структур клеток, ослабляет вредное влияние свободных радикалов. Недостаток витамина E приводит к шелушению кожи, мышечной слабости, дегенерации печени, снижению интенсивности дыхания. Низкие концентрации витамина E в крови связывают с риском возникновения катаракты. Потребность в витамине E для взрослого человека составляет 20-30 мг. Она покрывается растительным маслом. Витамин E содержится в зерне злаковых культур (мг/100 г): пшеницы – 6,02; ржи – 5,34; овса – 2,80; кукурузы – 5,50.

Он сосредоточен главным образом в периферийных слоях семени пшеницы. Так, в зародыше и алейроновом слое соответственно (мг на 100 г) 15,84 и 5,77; в сортовой муке он уменьшается до 1,1 мг на 100 г.

Витамин K (нафтохинон, филлохинон, менадион). Известны два витамина K: филлохинон-4 (витамин K₁) и менахинон-6 (витамин K₂). Витамин K необходим для образования в плазме крови протромбина – предшественника тромбина – фермента, превращающего белок плазмы крови фибриногена в фибрин.

Фибрин – нерастворимый волокнистый белок, формирующий сгусток крови. При дефиците витамина K резко снижается способность крови свертываться, появляется ломкость капилляров, повышенная проницаемость стенок кровеносных сосудов; возникают самопроизвольные кровотечения (носовые и внутренние). Смешанная

пища обычно содержит много витамина К. Витамин К синтезируется микрофлорой кишечника, содержится в растительном масле.

Витамины группы К выдерживают температуру до 120⁰ С, разрушаются под действием света и кислорода воздуха, щелочами и кислотами.

2.4. Витаминоподобные вещества

Витаминоподобные вещества так же, как и витамины необходимы организму, но отличаются некоторыми свойствами, не характерными витаминам.

Инозит (витамин В₈, миоинозит, мезоинозит). Инозит принимает участие в образовании инозитфосфатидов, синтезе жиров. Инозитфосфатиды входят в состав клеточных мембран. Недостаток инозита приводит к ожирению печени, нарушениям функции нервной системы, способствует развитию атеросклероза. Потребность в нем – 0,5-1 г в сутки. Содержится во многих животных и растительных продуктах. Инозит найден в горохе зеленом (1,5-2,5 г/кг), в различных крупах (1-2 г/кг), в хлебе (0,5-1 г/кг).

S-метилметионин (витамин I). Витамин лечит язвы желудка и кишечника. Ускоряет заживление кожных ран. Механизм лечебного действия объясняется тем, что витамин является активным поставщиком метильных групп для химических процессов, связанных с регенерацией слизистых оболочек органов пищеварения, и тут же превращается в аминокислоту метионин, используемую на синтез белков. Входит в состав многих овощей.

Пангамовая кислота (витамин В₁₅). По биологической роли схожа с витамином I: также легко отдает свою метильную группу на построение жиров и других соединений. Предупреждает ожирение печени, стимулирует деятельность гипофиза и надпочечников. Повышает устойчивость организма при заболеваниях сердца и интоксикациях. Суточная потребность в пангамовой кислоте составляет около 2 мг. Содержится во всех продуктах растительного происхождения.

Липоевая кислота (витамин N). Липоевая кислота в содружестве с витамином В₁ участвует в узловых реакциях окисления

углеводов в тканях. Как лекарственное средство используется при отравлениях солями тяжелых металлов, заболеваниях печени и сахарном диабете. Синтезируется в организме человека и животных. Ориентировочная потребность в ней составляет 1 мг. Липоевая кислота содержится в мясе, капусте, молоке и других продуктах животного и растительного происхождения.

Карнитин (витамин Вт). Точных исследований механизма действия карнитина нет. Полагают, что он участвует в переносе метальных групп. Не исключают, что принимает активное участие в переносе ацильных радикалов через клеточные мембраны у позвоночных, в конечном счете в реакциях окисления и синтеза высших жирных кислот. Синтезируется в организме и присутствует в пище.

Полиненасыщенные жирные кислоты (эссенциальные жирные кислоты, витамин F).

К ним относятся линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты. Полиненасыщенные жирные кислоты в десятки и сотни раз быстрее подвергаются энергетическому распаду, чем насыщенные жирные кислоты. Они входят в состав клеточных мембран и других структурных элементов тканей. Обеспечивают эластичность кровеносных капилляров. Используются при образовании биологически активных соединений (например, простогландинов). Оберегают витамин А от разрушения и защищают клетки тканей от различных повреждений, в том числе болезнетворными микробами. Обладают желчегонным действием, активизируют энергетический распад тканевых жиров. Сдерживают проникновение холестерина в сосудистые стенки, предупреждают развитие атеросклероза и преждевременное старение организма. Полиненасыщенные жирные кислоты содержатся в различных количествах во всех продуктах животного и растительного происхождения. Жиры по содержанию полиненасыщенных жирных кислот разделяют на три группы: 1) жирные, содержащие 50-80% этих жирных кислот (подсолнечное, льняное, соевое, хлопковое, кукурузное, горчиное, оливковое, конопляное масло); 2) жиры с уровнем их менее 50% (свиное сало, гусиный, куриный и утиный жир); 3) жиры, содержащие минимальное количество полиненасыщенных жирных кислот

(сливочное масло, бараний и говяжий жир). Суточную потребность человека в полиненасыщенных жирных кислотах могут удовлетворить 15-25 г и 50-60 г жиров первой и второй группы соответственно.

2.5. Антивитамины

В природе встречаются вещества, способные оказывать на организм влияние, противоположное действию витаминов. Они инактивируют витамины. Такие вещества называют антивитаминами. Многие из антивитаминов схожи по строению и реакционной способности с витаминами, но не обладают их биологическими свойствами. Занимая (например, в ферменте) место соответствующего витамина, аналога по строению, они лишают фермент присущих ему функций и тем самым нарушают обмен веществ. В других случаях структурообразные соединения лишают витамин присущих ему функций, разрушая его молекулу или комплексно соединяясь с ним.

Антивитамин тиамин – окситиамин. Будучи по строению близок тиамину, отличается от него тем, что вместо аминогруппы имеет оксигруппу. Из льняного семени выделено активное вещество линатин – антивитамин пиридоксина. В зерне кукурузы найден антагонист ниацина. Антивитамины нередко образуются в процессе жизнедеятельности растений. Вытяжка из проростков гороха и лепестков мака задерживает рост дрожжей, содержит антивитамины биотина и пантотеновой кислоты.

3. ФЕРМЕНТЫ ЗЕРНА

3.1. Общее понятие о ферментах

Важнейшим свойством ряда белков, как уже отмечено, является их каталитическая активность, теснейшим образом связанная с общими особенностями их структуры.

Каталитически активные белки называют ферментами (от лат. *fermentum* – закваска) или энзимами (от греч. *ен* – внутри, *зим* – закваска). Как вытекает из происхождения названий этих веществ, первые сведения об их существовании были получены при изучении процессов брожения.

Роль ферментов в жизнедеятельности животных, растений и микроорганизмов колоссальна. Благодаря каталитической функции разнообразные ферменты обеспечивают быстрое протекание в организме или вне его огромного числа химических реакций. Складываясь в единый ансамбль саморегулируемых биохимических процессов, эти реакции преобразования веществ составляют материальную и энергетическую основу непрерывного самообновления белковых тел, т.е. самой сущности жизненных явлений. Поэтому ферменты «есть возбудители всех химических превращений» (Павлов И.П.), трансдукторы (т.е. датчики) в регуляции обмена веществ.

В настоящее время в биологических объектах обнаружено несколько тысяч индивидуальных ферментов, а несколько сотен из них выделено и изучено. Подсчитано, что живая клетка может содержать до 1000 различных ферментов, каждый из которых ускоряет ту или иную химическую реакцию.

Биологические катализаторы (ферменты) по ряду признаков резко отличаются от неорганических катализаторов, хотя те и другие лишь ускоряют достижение равновесия в химических процессах, которые протекают сами по себе, но с очень малыми скоростями. Как и катализаторы неорганической природы, биокатализаторы не вызывают каких-либо химических реакций, а лишь ускоряют существующие. Первое различие состоит в том, что по сравнению с катализаторами неорганической природы ферменты «работают» в очень мягких условиях (низкая температура, нормальное давление, невысокие значения рН среды и т. п.) и очень интенсивно. Так, например, гидролитический распад белка до аминокислот в присутствии неорганических катализаторов (крепких кислот или щелочей) осуществляется

при температуре 100 °С и выше за несколько десятков часов. Этот же процесс при каталитическом участии специфических ферментов протекает за десятки минут при температуре 30-40 °С. Для гидролиза крахмала, как указывал еще Й. Берцелиус (1836), при нагревании в растворе кислоты нужно несколько часов, а при участии соответствующего фермента этот процесс идет при комнатной температуре всего несколько минут. Ионы Fe каталитически ускоряют разложение H_2O_2 на H_2O и O_2 . Однако атомы того же Fe, но в составе фермента каталазы действуют в 10 млрд раз энергичнее, и всего 1 мг Fe в ферменте способен заменить в этой реакции 10 т неорганического Fe. Таким образом, исключительно высокая каталитическая активность, проявляемая в условиях нормальной температуры и давления, отличает биокатализаторы от неорганических катализаторов.

Второе различие заключается в том, что ферменты обладают необыкновенно высокой специфичностью действия, чего не наблюдается у катализаторов неорганической природы. Каждый фермент каталитически ускоряет, как правило, одну-единственную химическую реакцию или в крайнем случае группу реакций одного типа.

Наконец, ряд различий между биокатализаторами и неорганическими катализаторами связан с белковой природой ферментов. Сюда относятся термолабильность, зависимость активности от pH среды и наличия активаторов или ингибиторов и др.

Самая существенная разница между ферментами и обычными катализаторами вскрыта лишь в последние годы. Она состоит в том, что благодаря уникальной структуре каждого фермента процесс ферментативного катализа предстает перед нами как серия элементарных превращений вещества, строжайшим образом организованных в пространстве и времени. Кооперативность и жесткая запрограммированность этапов действия – вот что отличает механизм биокатализа от действия катализаторов иной природы, хотя это не исключает некоторой степени варибельности как структуры самого фермента, так и строения промежуточных продуктов в процессе ферментативного катализа.

В природе под каталитическим воздействием ферментов осуществляются процессы гидролиза, фосфоролиза, переноса различных групп (метильные радикалы, остатки фосфорной кислоты и т.д.), окисления и восстановления, расщепления и синтеза, изомеризации и т.п. Практически все химические преобразования в живом веществе протекают с помощью ферментов. Естественно поэтому, что катали-

тическая функция ферментов лежит в основе жизнедеятельности любого организма. При посредстве ферментов реализуется влияние как внутренних, генетических, так и внешних, природных факторов на развитие организма. Благодаря контакту ферментов с лекарственными веществами и антибиотиками достигается такое изменение ферментативных процессов, которое способствует излечению от болезней, в то же время изменение ферментативной активности под влиянием микробных токсинов и иных ядов ведет к гибели организма. Стимуляция роста животных и растений разнообразными препаратами, применяемыми в сельском хозяйстве, в большинстве случаев основана на их воздействии на процесс биосинтеза или активность тех или иных ферментов. Тончайшие различия строения ряда ферментов определяют видовые особенности организмов, а в нарушении биосинтеза некоторых из них заложена причина возникновения наследственных и других заболеваний. Все это свидетельствует об огромном значении ферментов для биологии, сельского хозяйства и медицины.

Будучи выделены из организма, ферменты не утрачивают способности осуществлять каталитическую функцию. На этом основано их практическое применение в химической, пищевой, легкой и фармацевтической промышленности. Особое значение для химического производства имеет специфичность ферментов: ведь до 80% затрат в производстве многих химических веществ приходится на отделение примесей, возникших в результате побочных реакций. Проведение синтеза при посредстве высокоспецифичного фермента, ускоряющего только ту реакцию, которая ведет к образованию нужного продукта, упрощает технологический процесс. Кроме того, ферменты позволяют осуществлять ряд процессов, выполнение которых обычными методами органического синтеза остается пока нерешенной проблемой. Так обстоит дело, например, при получении лекарственных препаратов путем ферментативной трансформации стероидов.

3.2. Строение ферментов

По строению ферменты могут быть однокомпонентными, простыми белками, и двухкомпонентными, сложными белками. Во втором случае в составе фермента обнаруживается добавочная группа небелковой природы.

В разное время возникли различные наименования белковой части и добавочной группы в двухкомпонентных ферментах. Все они до сих пор употребляются в литературе, например:

<i>Фермент в целом</i>	<i>Белковая часть</i>	<i>Добавочная группа</i>
Симплекс	Ферон (носитель)	Агон (активная группа)
Холофермент	Апофермент	Кофермент

Добавочную группу, прочно связанную, не отделяемую от белковой части, называют простетической группой; в отличие от этого добавочную группу, легко отделяющуюся от апофермента и способную к самостоятельному существованию, обычно именуют коферментом.

Химическая природа важнейших коферментов была выяснена в 30-е годы нашего столетия благодаря трудам О. Варбурга, Р. Куна, П. Каррера и др. Оказалось, что роль коферментов в двухкомпонентных ферментах играют большинство витаминов (Е, К, В₂, В₆, В₁₂, С, Н и др.) или соединений, построенных с участием витаминов (коэнзим А, НАД⁺ и т.п.). Кроме того, функцию коферментов выполняют такие соединения, как HS-глутатион, многочисленная группа нуклеотидов и их производных, фосфорные эфиры некоторых моносахаридов и ряд других веществ.

Характерной особенностью двухкомпонентных ферментов является то, что ни белковая часть, ни добавочная группа в отдельности не обладают заметной каталитической активностью. Только их комплекс проявляет ферментативные свойства. При этом белок резко повышает каталитическую активность добавочной группы, присущую ей в свободном состоянии в очень малой степени; добавочная же группа стабилизирует белковую часть и делает ее менее уязвимой к денатурирующим агентам. Таким образом, хотя непосредственным исполнителем каталитической функции является простетическая группа, образующая каталитический центр, ее действие немыслимо без участия полипептидных фрагментов белковой части фермента. Более того, в апоферменте есть участок, характеризующийся специфической структурой, избирательно связывающий кофермент. Это так называемый кофермент, связывающий домен; его структура у различных апоферментов, соединяющихся с одним и тем же кофер-

ментом, очень сходна. Таковы, например, пространственные структуры нуклеотидсвязывающих доменов ряда дегидрогеназ.

Иначе обстоит дело у однокомпонентных ферментов, не имеющих добавочной группы, которая могла бы входить в непосредственный контакт с преобразуемым соединением. Эту функцию выполняет часть белковой молекулы, называемая каталитическим центром. Предполагают, что каталитический центр однокомпонентного фермента представляет собой уникальное сочетание нескольких аминокислотных остатков, располагающихся в определенной части белковой молекулы. Чаще всего в каталитических центрах однокомпонентных ферментов встречаются остатки *сер*, *гис*, *три*, *арг*, *цис*, *асп*, *глу* и *тир*. Радикалы перечисленных аминокислот выполняют здесь ту же функцию, что и кофермент в составе двухкомпонентного фермента.

Аминокислотные остатки, образующие каталитический центр однокомпонентного фермента, расположены в различных точках единой полипептидной цепи. Поэтому каталитический центр возникает в тот момент, когда белковая молекула приобретает присущую ей третичную структуру. Следовательно, изменение третичной структуры фермента под влиянием тех или иных факторов может привести к деформации каталитического центра и изменению ферментативной активности.

Кроме каталитического центра, образованного сочетанием аминокислотных радикалов или присоединением кофермента, у ферментов различают еще два центра: субстратный и аллостерический.

Под субстратным центром понимают участок молекулы фермента, ответственный за присоединение вещества (субстрата), подвергающегося ферментативному превращению. Часто этот участок называют «якорной площадкой» фермента, где, как судно на якорь, становится субстрат. Однако работы последних лет показали, что гораздо большее значение здесь имеют силы гидрофобных взаимодействий и водородные связи, возникающие между радикалами аминокислотных остатков субстратного центра фермента и соответствующими группировками в молекуле субстрата.

Понятие о каталитическом и субстратном центре не следует абсолютизировать. В реальных ферментах субстратный центр может совпадать (или перекрываться) с каталитическим центром. Более того, каталитический центр может окончательно сформироваться в момент присоединения субстрата. Поэтому часто говорят об активном

центре фермента, представляющем сочетание первого и второго. Активный центр у ферментов располагается на дне щели при двухъядерной структуре, например, у лизоцима и рибонуклеазы, или на дне глубокой впадины, как у химотрипсिनогена.

Аллостерический центр представляет участок молекулы фермента, в результате присоединения к которому определенного низкомолекулярного (а иногда – и высокомолекулярного) вещества изменяется третичная структура белковой молекулы. Как следствие этого изменяется конфигурация активного центра, сопровождающаяся либо увеличением, либо снижением каталитической активности фермента. Это явление лежит в основе так называемой аллостерической регуляции каталитической активности ферментов.

Значения молекулярных масс ферментов колеблются в широких пределах: от нескольких тысяч до нескольких миллионов. В природе насчитывается несколько десятков ферментов, обладающих сравнительно небольшими молекулами (до 50 тыс.). Однако большинство ферментов представлено белками более высокой молекулярной массы, построенными из субъединиц. Так, каталаза ($M = 252\ 000$) содержит в молекуле шесть протомеров с $M = 42\ 000$ каждый. Молекула фермента, ускоряющего реакцию синтеза рибонуклеиновых кислот (РНК-полимераза, $M = 475\ 000$), состоит из 5 неравных субъединиц. Полная молекула глутаматдегидрогеназы, ускоряющей процесс окисления глутаминовой кислоты ($M = 336\ 000$), построена из 6 субъединиц с $M = 56\ 000$.

Способы компоновки протомеров в мультимеры разнообразны. Крайне важно, что построенный из субъединиц фермент проявляет максимальную каталитическую активность именно в виде мультимера: диссоциация на протомеры резко снижает активность фермента. Не все ферменты-мультимеры построены исключительно из каталитически активных протомеров. Наряду с каталитическими в их составе отмечены регуляторные субъединицы, как, например, у аспараткарбамилтрансферазы.

Среди ферментов-мультимеров безусловно преобладают димеры и тетрамеры (их несколько сотен), в меньшей мере распространены гексамеры и октамеры (несколько десятков) и необыкновенно редко встречаются тримеры и пентамеры.

Молекулы ферментов-мультимеров в ряде случаев составлены из субъединиц двух типов, обозначаемых условно как субъединицы типа *A* и *B*. Они сходны друг с другом, но отличаются по некоторым деталям первичной и третичной структур. В зависимости от соотношения протомеров типа *A* и *B* в мультимере последний может существовать в виде нескольких изомеров, которые называют изозимами. Так, при четырех субъединицах возможны 5 изозимов:

I	II	III	IV	V
AAAA	AAAB	AABB	ABBB	BBBB

Это явление хорошо изучено у фермента лактатдегидрогеназы. Молекула лактатдегидрогеназы ($M = 140\ 000$) составлена из четырех субъединиц ($M = 35\ 000$), которые условно обозначают *H* и *M* (от англ. *heart* – сердце и *muscle* – мышцы), так как из сердца и скелетных мышц выделены *I* и *V* типы лактатдегидрогеназы. Они отличаются друг от друга по степени активности, некоторым физическим свойствам (например, молекулярной массе, электрофоретической подвижности), локализации в органах и тканях и т.п. В зависимости от возраста, физиологического состояния и других причин в организме устанавливается то или иное соотношение изозимов, которому соответствует определенный уровень активности фермента в целом. Изменение соотношения изозимов во всем организме или в отдельных тканях и органах представляет, таким образом, один из способов регуляции действия ферментов.

В настоящее время интерес к изозимам резко повысился. Оказалось, что кроме генетически детерминированных изозимов существует большая группа ферментов, обладающая множественными формами, возникающими в результате их посттрансляционной модификации. Множественные формы ферментов и изозимы используются сейчас для диагностики болезней в медицине, прогнозирования продуктивности животных, подбора родительских пар при скрещивании для обеспечения максимального гетерозиса в потомстве и т.п.

Значение пространственной организации ферментов особенно ярко выявляется при изучении строения так называемых мультиэнзимов, т.е. ферментов, обладающих способностью ускорять одновременно несколько химических реакций и осуществлять сложные пре-

вращения субстрата. Примером может служить мультиэнзим, ускоряющий реакцию окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Этот многоферментный комплекс с $M = 4\,500\,000$ состоит из трех видов ферментов. Первый из них (E_1) ускоряет реакцию декарбоксилирования пировиноградной кислоты. В состав комплекса входит 12 димерных молекул этого фермента ($M = 192\,000$). Второй и третий ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные процессы при окислении пировиноградной кислоты, сосредоточены внутри мультиэнзимного комплекса. Один из них (E_3) представлен шестью димерными молекулами ($M = 112\,000$), другой (E_2) – 24 протомерами ($M=70\,000$).

В тех случаях, когда мультиэнзимный комплекс обслуживает единый многоступенчатый процесс биохимических превращений, его называют метаболоном (от слова метаболизм – обмен веществ). Таковы метаболоны гликолиза, биосинтеза ряда аминокислот, цикла дикарбоновых и трикарбоновых кислот и др.

В результате слаженного во времени и пространстве действия всех трех видов входящих в его состав ферментов мультиэнзим с огромной скоростью осуществляет превращение пировиноградной кислоты. Именно в кооперативном характере каталитического процесса и кроется главное отличие биокатализаторов от катализаторов неорганической природы, именно поэтому интенсивность биокатализа в десятки, сотни и тысячи раз превосходит мощность действия неорганических катализаторов.

Сравнительно недавно выявлена еще одна своеобразная черта в строении ферментов: некоторые из них являются полифункциональными, т.е. обладают несколькими энзиматическими активностями, но всего лишь одной полипептидной цепью. Дело в том, что эта единая цепь при формировании третичной структуры образует несколько функционально и стерически обособленных глобулярных участков – доменов, каждый из которых характеризуется своей каталитической активностью.

При изучении мультиэнзимных комплексов и полифункциональных ферментов удалось понять наиболее важную особенность ферментативного катализа, а именно – эстафетную передачу промежуточных продуктов реакции от одного компонента каталитической системы к другому без их высвобождения.

3.3. Свойства ферментов

Будучи белками, ферменты обладают всеми их свойствами. Вместе с тем биокатализаторы характеризуются рядом специфических качеств, тоже вытекающих из их белковой природы. Эти качества отличают ферменты от катализаторов обычного типа. Сюда относятся термолабильность ферментов, зависимость их действия от значения рН среды, специфичность и, наконец, подверженность влиянию активаторов и ингибиторов.

Термолабильность ферментов объясняется тем, что температура, с одной стороны, воздействует на белковую часть фермента, приводя при слишком высоких значениях к денатурации белка и снижению каталитической функции, а с другой стороны, оказывает влияние на скорость реакции образования фермент-субстратного комплекса и на все последующие этапы преобразования субстрата, что ведет к усилению катализа.

Зависимость каталитической активности фермента от температуры выражается типичной кривой (рисунок 1). По характеру кривой видно, что до некоторого значения температуры (в среднем до 50 °С) каталитическая активность растет, причем на каждые 10 °С примерно в 2 раза повышается скорость преобразования субстрата. В то же время постепенно возрастает количество инактивированного фермента за счет денатурации его белковой части.

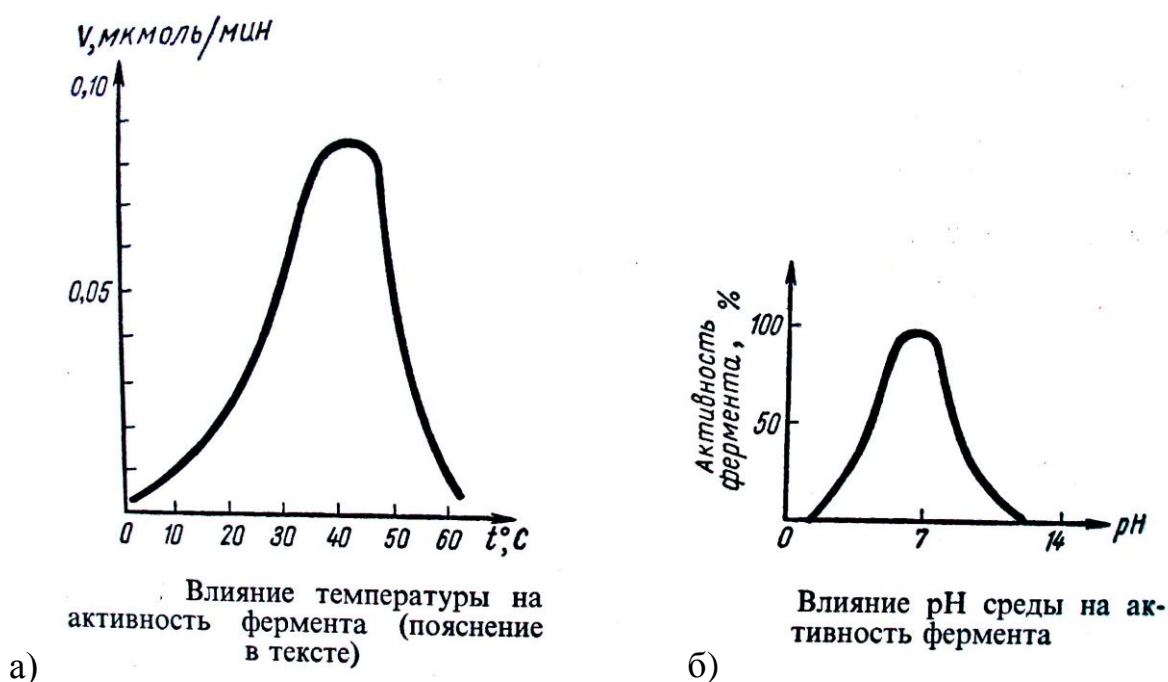


Рисунок 1 – Зависимость каталитической активности фермента от температуры (а) и рН среды (б)

При температуре выше 50 °С денатурация ферментного белка резко усиливается и, хотя скорость реакций преобразования субстрата продолжает расти, активность фермента, выражающаяся количеством превращенного субстрата, падает.

Детальные исследования роста активности ферментов с повышением температуры, проведенные в последнее время, показали более сложный характер этой зависимости, чем указано выше: во многих случаях она не отвечает правилу удвоения активности на каждые 10°С в основном из-за постепенно нарастающих конформационных изменений в молекуле фермента.

Температура, при которой каталитическая активность фермента максимальна, называется его температурным оптимумом.

Температурный оптимум для различных ферментов неодинаков. В общем для ферментов животного происхождения он лежит между 40 и 50 °С, а растительного – между 50 и 60 °С. Однако есть ферменты с более высоким температурным оптимумом, например у папаина (фермент растительного происхождения, ускоряющий гидролиз белка) оптимум находится при 80 °С. В то же время у каталазы (фермент, ускоряющий распад H_2O_2 до H_2O и O_2) оптимальная температура действия находится между 0 и 10 °С, а при более высоких температурах происходит энергичное окисление фермента и его инактивация.

Зависимость активности фермента от значения рН среды была установлена свыше 50 лет назад. Для каждого фермента существует оптимальное значение рН среды, при котором он проявляет максимальную активность. Большинство ферментов имеет максимальную активность в зоне рН поблизости от нейтральной точки. В резко кислой или резко щелочной среде хорошо работают лишь некоторые ферменты.

Таблица 1

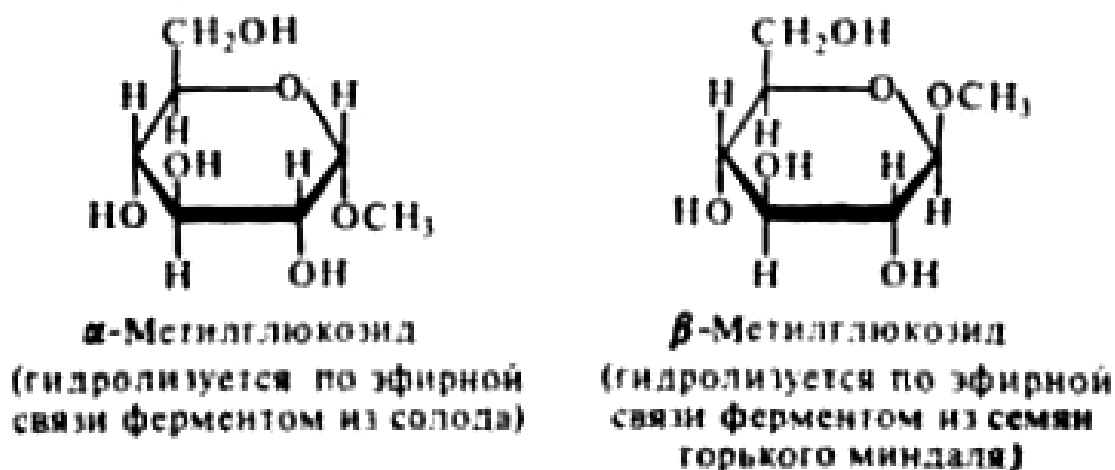
Оптимальные значения рН среды для некоторых ферментов

Фермент	рН
Пепсин	1,5-2,5
Липаза (из семян клещевины)	4,7-5,0
Уреаза	7,0
Трипсин	7,8
Аргиназа	9,5-9,9

Переход к большей или меньшей (по сравнению с оптимальной) концентрации водородных ионов сопровождается более или менее равномерным падением активности фермента. На рисунке 1 представлена кривая, выражающая типичную зависимость каталитического действия фермента от pH среды.

Влияние концентрации водородных ионов на каталитическую активность ферментов состоит в воздействии ее на активный центр. При разных значениях pH в реакционной среде активный центр может быть слабее или сильнее ионизирован, больше или меньше экранирован соседними с ним фрагментами полипептидной цепи белковой части фермента и т.п. Кроме того, pH среды влияет на степень ионизации субстрата, фермент-субстратного комплекса и продуктов реакции, оказывает большое влияние на состояние фермента, определяя соотношение в нем катионных и анионных центров, что сказывается на третичной структуре белковой молекулы. Последнее обстоятельство заслуживает особого внимания, так как определенная третичная структура белка-фермента необходима для образования фермент-субстратного комплекса.

Специфичность – одно из наиболее выдающихся качеств ферментов. Это свойство их было открыто еще в прошлом столетии, когда было сделано наблюдение, что очень близкие по структуре вещества – пространственные изомеры (α - и β -метилглюкозиды) расщепляются по эфирной связи двумя совершенно разными ферментами:



Таким образом, ферменты могут различать химические соединения, отличающиеся друг от друга очень незначительными деталями строения, такими, например, как пространственное расположение ме-

токсильного радикала и атома водорода при первом углеродном атоме молекулы метилглюкозида.

По образному выражению, нередко употребляемому в биохимической литературе, фермент подходит к субстрату, как ключ к замку. Это знаменитое правило было сформулировано Э. Фишером в 1894 г. исходя из того, что специфичность действия фермента предопределяется строгим соответствием геометрической структуры субстрата и активного центра фермента.

В 50-е годы нашего столетия это статическое представление было заменено гипотезой Д. Кошланда об индуцированном соответствии субстрата и фермента.

Сущность ее сводится к тому, что пространственное соответствие структуры субстрата и активного центра фермента создается в момент их взаимодействия друг с другом, что может быть выражено формулой «перчатка – рука». При этом в субстрате уже деформируются некоторые валентные связи и он, таким образом, подготавливается к дальнейшему каталитическому видоизменению, а в молекуле фермента происходят конформационные перестройки. Гипотеза Кошланда, основанная на допущении гибкости активного центра фермента, удовлетворительно объясняла активирование и ингибирование действия ферментов и регуляцию их активности при воздействии различных факторов. В частности, конформационные перестройки в ферменте в процессе изменения его активности Д. Кошланд сравнивал с колебаниями паутины, когда в нее попала добыча (субстрат), подчеркивая этим крайнюю лабильность структуры фермента в процессе каталитического акта.

В настоящее время гипотеза Кошланда постепенно вытесняется гипотезой топохимического соответствия. Сохраняя основные положения гипотезы взаимно индуцированной настройки субстрата и фермента, она фиксирует внимание на том, что специфичность действия ферментов объясняется в первую очередь узнаванием той части субстрата, которая не изменяется при катализе. Между этой частью субстрата и субстратным центром фермента возникают многочисленные точечные гидрофобные взаимодействия и водородные связи.

Несомненно, что специфичность ферментов объясняется в первую очередь совпадением пространственных конфигураций субстрата и субстратного центра фермента. Видимо, только тогда, когда совпадение это достаточно полно, может образоваться фермент-

субстратный комплекс и, следовательно, начаться процесс ферментативного катализа. Выяснение третичной структуры некоторых белков-ферментов полностью оправдало такую точку зрения. Так, в молекуле лизоцима (фермент, ускоряющий гидролиз гликозидных связей в полисахаридах клеточной стенки бактерий) обнаружена выемка (щель) для присоединения субстрата. В эту выемку плотно входит участок молекулы субстрата протяженностью ровно в шесть звеньев.

Детальное изучение специфичности ферментов показало, что пределы ее у разных ферментов различны. Одни ферменты обладают абсолютной специфичностью, т.е. каталитически ускоряют одну-единственную реакцию. Примером такого фермента может служить уреаза. Другие ферменты осуществляют катализ реакций определенного типа независимо от того, какие конкретные вещества в них взаимодействуют или распадаются. Основным признаком для ферментов этого типа является характер разрушаемой или создаваемой связи. Такие ферменты характеризуются групповой специфичностью. Некоторые ферменты отличаются стереохимической специфичностью, т.е. действуют только на один из пространственных изомеров. Примером могут служить уже упоминавшиеся выше ферменты, расщепляющие α - и β -метилглюкозиды.

Влияние на ферменты активаторов и ингибиторов впервые было обнаружено при изучении активаторов (стимулин) и ингибиторов (антиферменты) А.Я. Данилевским с соавторами еще в прошлом столетии. К числу агентов, повышающих активность ферментов, относятся ионы многих металлов и некоторые анионы. Особенно часто активаторами ферментов бывают Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , K^+ и Co^{2+} , а из анионов – Cl^- . В одних случаях ионы металлов входят в состав простетической группы фермента, в других – облегчают образование фермент-субстратного комплекса, в третьих – способствуют присоединению кофермента к апоферменту, в четвертых – обеспечивают становление четвертичной структуры фермента или же действуют иными путями. Как выяснено в последнее время, мощное действие на ферменты оказывают аллостерические активаторы. Они присоединяются по аллостерическому центру фермента и изменяют третичную структуру белковой молекулы. В результате этого субстратный и каталитический центры фермента приобретают наиболее выгодную для осуществления своих функций конфигурацию.

Ингибиторы тормозят действие ферментов. Механизм ингибирующего действия разнообразен, но в большинстве сводится к двум типам торможения: необратимому и обратимому. При необратимом торможении ингибитор, обладающий структурным сходством (изостерией) с субстратом, соединяется с ферментом, подменяя собой субстрат. Наиболее ярким примером такого типа торможения является угнетение действия холинэстеразы при помощи диизопропилфторфосфата, который структурно весьма близок к ацетилхолину и, являясь псевдосубстратом, легко присоединяется вместо него к ферменту.

Диизопропилфторфосфат блокирует активный центр холинэстеразы, фосфорилируя радикал серина. Так как образовавшийся диизопропилфосфосерин гораздо прочнее ацетилсерина и распадается очень медленно, активный центр фермента надолго выводится из строя. Эти и аналогичные ему соединения образуют большую группу так называемых нервных ядов, ибо, приостанавливая гидролиз ацетилхолина, они резко нарушают деятельность нервной системы. Среди них широко известны многочисленные инсектициды и боевые отравляющие вещества.

При необратимом ингибировании фермента ингибитор может не обладать структурным сходством с субстратом, т.е. может модифицировать фермент вне его активного центра, тем не менее резко изменяя каталитическую активность последнего вследствие нарушения конформации как фермента в целом, так и его активного центра. Это происходит, например, при алкилировании сульфгидрильных групп фермента.

Недавно обнаружены необратимые инактиваторы ферментов, возникающие из инертных соединений после их взаимодействия с каталитическим центром фермента.

Присоединяясь к активному центру фермента, такой необратимый ингибитор, возникший в процессе ферментативного катализа, соединяется с активным центром фермента и полностью его блокирует. Поэтому эти ингибиторы образно называют ингибиторами типа «самоубийц».

Обратимое ингибирование действия ферментов может быть конкурентным и неконкурентным. Классическим примером конкурентного ингибирования ферментативной активности является торможение действия дегидрогеназы янтарной кислоты дикарбоновыми кислота-

ми (малоновая, глутаровая), близкими по структуре к янтарной кислоте: между ними идет конкуренция за связывание в активном центре фермента.

При неконкурентном торможении ингибитор взаимодействует с апоферментом или простетической группой, вследствие чего фермент теряет активность. Одним из вариантов такого торможения может служить блокирование ферментов тяжелыми металлами (ртуть, мышьяк, свинец и др., которые присоединяются к сульфгидрильным группам полипептидной цепи), солями синильной кислоты, оксидом углерода (II) и др. (присоединяются к железосодержащим простетическим группам и т.п.). В качестве другого варианта неконкурентного торможения действия фермента следует отметить аллостерическое ингибирование.

Специфическую группу ингибиторов ферментов, которой уделяют огромное внимание в последние годы, составляют ингибиторы белковой природы. Они блокируют действие фермента за счет белок-белковых взаимодействий, в результате чего закрывается активный центр фермента. Особенно энергично белковые ингибиторы регулируют деятельность протеиназ клетки, что сильно сказывается на регуляции обмена веществ в целом, поскольку под воздействием ингибиторов протеиназ тормозится переход проферментов в ферменты, отщепление сигнальных пептидов и других пептидных фрагментов при созревании белков, блокируются реакции протеолиза, ведущие к образованию биологически активных пептидов (гормоны пептидной природы, рилизинг-факторы и т.п.).

Учение об активаторах и ингибиторах ферментов в настоящее время сливается с более широким и общим вопросом о регуляции действия ферментов в целом. В частности, установлено, что конечный, а иногда и промежуточный продукт многостадийного процесса биосинтеза может служить аллостерическим ингибитором одной из первых его реакций (например, ретроингибирование биосинтеза пиримидиновых нуклеотидов).

3.4. Механизм действия ферментов

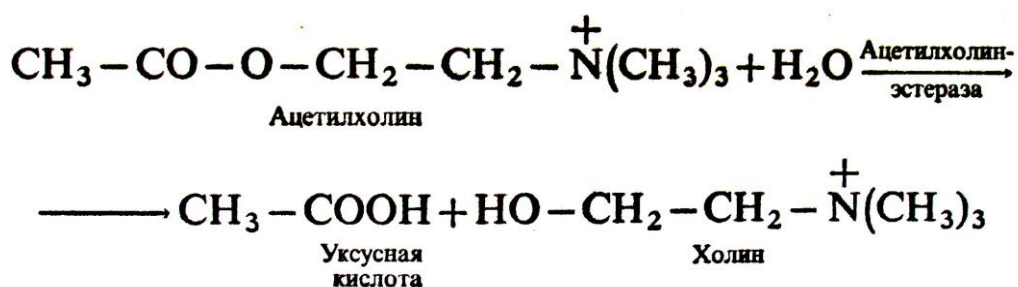
Механизм действия однокомпонентных и двухкомпонентных ферментов однотипен, так как активные центры в их молекулах функционально сходны между собой.

Ведущую роль в механизме ферментативного катализа играет образование фермент-субстратных комплексов, на существование которых впервые указал Д. Браун (1902). На первой фазе ферментативного катализа между субстратом (или субстратами) и ферментом возникает соединение, в котором реагенты связаны друг с другом ионной, ковалентной или иного типа связью. Затем (вторая фаза) субстрат под действием присоединенного к нему фермента претерпевает изменение, делающее его более доступным для соответствующей химической реакции. На третьей фазе происходит сама химическая реакция и, наконец, образовавшиеся продукты реакции на четвертой фазе освобождаются из фермент-продуктного комплекса. Если обозначить фермент E , субстрат S , активированный субстрат S' и продукт реакции P , то указанная последовательность процессов выразится следующей схемой:



Эта схема была первоначально разработана В. Генри (1903), затем Л. Михаэлисом и М. Ментен (1913) и подтверждена прямым выделением ES -, ES' и EP -комплексов.

Одним из примеров ферментативного катализа, осуществляемого в соответствии с приведенной схемой, может служить реакция гидролиза ацетилхолина. Это соединение служит медиатором (посредником) при передаче нервных импульсов: в ответ на выделение окончанием нервного волокна ацетилхолина следует ответная реакция возбуждения нервной клетки. Чтобы этот процесс протекал непрерывно, после каждого акта передачи нервного импульса вызвавшая возбуждение порция ацетилхолина (1-2 мкг) должна быть полностью разрушена. Это достигается посредством реакции гидролиза ацетилхолина при участии фермента ацетилхолинэстеразы. Гидролиз осуществляется с огромной скоростью: 1-2 мкг ацетилхолина за 0,1-0,2 мс:



Ацетилхолинэстераза – однокомпонентный фермент. В ее активном центре сосредоточены по меньшей мере 4 аминокислотных радикала – *глу*, *сер*, *гис* и *тир*, обеспечивающие последовательное осуществление перечисленных выше этапов ферментативного катализа.

Сначала между ферментом (ацетилхолинэстераза) и субстратом (ацетилхолин) возникает фермент-субстратный комплекс. Он образуется за счет электростатического взаимодействия между отрицательно заряженной ионизированной СООН-группой радикала *глу* и положительно заряженным атомом N молекулы ацетилхолина. После образования фермент-субстратного комплекса вступают в действие остальные аминокислотные радикалы активного центра ацетилхолинэстеразы. В первую очередь замыкается связь между углеродом поляризованной СО-группы ацетильного радикала холина и кислородом ОН-группы остатка *сер*. Затем возникает водородная связь между кислородом сложноэфирной связи в молекуле ацетилхолина и ОН-группой радикала *тир*.

Расположение молекулы ацетилхолина и радикалов *сер* и *тир* в активном центре фермента таково, что образование упомянутых связей ослабляет связь между СО-группой и атомом кислорода сложноэфирной связи в молекуле ацетилхолина (эффект «дыбы»). В результате для ее разрыва требуется гораздо меньше энергии, т. е. энергетический барьер оказывается сниженным вследствие активации молекулы ацетилхолина (*ES* '-комплекс). Поэтому под влиянием радикала *гис*, оттягивающего на себя протон от ОН-группы *сер*, упрочняется сложноэфирная связь между радикалом *сер* и ацетильной группой с одновременным разрывом сложноэфирной связи в молекуле ацетилхолина и переходом протона от радикала *тир* к остатку холина. Последний высвобождается из активного центра, а его место занимает молекула воды. Она образует связь с карбонильным кислородом ацетильной группы и кислородом *тир*, после чего протон от остатка *гис* возвращается к кислороду ОН-группы *сер*, а протон воды – к радикалу *тир*. Одновременно выделяется второй продукт реакции – уксусная кислота и регенерируется свободный активный центр ацетилхолинэстеразы, готовый к новому акту катализа.

В процессе образования фермент-субстратного комплекса и на дальнейших фазах ферментативного катализа происходят неоднократные изменения третичной структуры фермента, приводящие к

последовательному сближению с субстратом и ориентации в пространстве тех активных групп, которые взаимодействуют друг с другом на различных этапах преобразования субстрата. Изменение третичной структуры белка невозможно без участия всей или почти всей полипептидной цепи, образующей белковую молекулу. Следовательно, в каталитическом акте принимает участие, по существу, вся или почти вся молекула фермента.

Отдельные этапы взаимодействия фермента и субстрата при ферментативном катализе все более проясняются. В частности, установлено, что за стадией адсорбции субстрата в активном центре фермента наступает «узнавание» субстратным центром фермента той части молекулы субстрата, которая непосредственно не подвергается химическому преобразованию. За счет возникающих при этом многоочечных контактов, реализующихся в виде сил слабого взаимодействия (гидрофобные, водородные и др.), связь субстрата с ферментом упрочняется. Одновременно с этим в активном центре фермента «стабилизируется» та часть субстрата, которая в дальнейшем участвует в химической реакции, – она фиксируется в напряженной конфигурации, близкой к переходному состоянию субстрата при превращении его в продукт. В результате реагирующий фрагмент молекулы субстрата и каталитические группы фермента образуют продуктивный комплекс, где уже частично осуществлены электронно-конформационные переходы, необходимые для протекания собственно химической стадии ферментативного процесса. Это приводит к понижению энергии активации, необходимой для осуществления химической реакции, благодаря энтропийному эффекту вследствие иммобилизации, закрепления, жесткой ориентации субстрата в активном центре фермента. Таким образом, каждое звено в многостадийной химической реакции, ускоряемой ферментом, создает почти оптимальные условия для прохождения ее следующего этапа. Как следствие, химическая реакция при ферментативном катализе идет в десятки, сотни тысяч раз быстрее.

Рассмотрение тонкого механизма ферментативного катализа позволяет понять специфику действия ферментов, отличающую их от катализаторов неорганического происхождения. Уникальная структура и взаимодействие каталитического, субстратного и аллостерического центров фермента обеспечивает кооперативное осуществление многостадийных процессов. Именно упорядоченность реакций в про-

странстве и времени, их кооперативный характер отличают действие биокатализаторов, обеспечивая высокую специфичность и скорость процесса в целом.

3.5. Ферменты, содержащиеся в зерне

В зерне злаковых растений, как и во всяком живом организме, большое количество ферментов. Рассмотрим некоторые из них, имеющие наибольшее значение для биохимических процессов, протекающих в зерне и оказывающих влияние на качественное состояние зерна при хранении и его переработке.

Ферменты первого класса. Это оксидазы: монофенол-монооксигеназа (тирозиназа), аскорбатоксидаза, пероксидаза, каталаза и липоксигеназа.

Монофенол-монооксигеназа (1.14.18.1) окисляет аминокислоту тирозин с образованием темноокрашенных соединений – меланинов. Активная монофенол-монооксигеназа содержится в ржаной муке и грибах. Темный цвет ржаного хлеба частично объясняется действием монофенол-монооксигеназы. Той же причиной объясняется наблюдающееся потемнение некоторых партий макарон при их сушке, некоторые сорта пшеницы содержат активную монофенол-монооксигеназу.

Аскорбатоксидаза (1.10.3.3) представляет собой белок, содержащий медь (0,24%).

В растениях имеется оксидаза, которая превращает аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую.

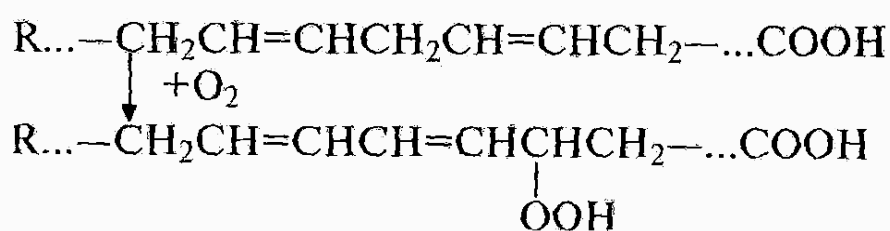
Пероксидаза (1.11.1.7) способствует окислению органических соединений пероксидом водорода в живом организме. Может окислять те или иные соединения с помощью пероксида водорода или каких-либо органических примесей. С пероксидом водорода она образует комплексное соединение, в результате чего пероксид активизируется и приобретает способность действовать как акцептор водорода.

Особенно легко перекиси образуются при окислении кислородом воздуха соединений, имеющих непредельные связи между двумя атомами углерода: терпенов, каротиноидов, ненасыщенных жирных кислот. Пероксидаза, как и каталаза, – двухкомпонентный фермент, простетическая группа его содержит железо, соединенное с

остатками четырех пиррольных колец в виде гематина. Гематин пероксидазы и каталазы имеет одно и то же строение. Различия в каталитической функции каталазы и пероксидазы объясняются разными свойствами белков, связанных в этих ферментах с одной и той же простетической группой. Пероксидаза играет важную роль в дыхании растений. Каталаза (1.11.1.6) состоит из четырех субмолекул, каждая из которых хорошо видна при большом увеличении в электронном микроскопе. Роль каталазы в организме заключается в том, что она разрушает ядовитый для клеток пероксид водорода. Каталаза ингибируется синильной кислотой, сероводородом, фторидами. Гематин также слабо катализирует окисление перекисями различных спиртов и других соединений.

Липоксигеназа (1.13.11.12) широко распространена в растениях, старое название – липоксидаза. Фермент катализирует процесс окисления кислородом воздуха некоторых ненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот и образуемых ими сложных эфиров. Наиболее активна она в семенах сои. Липоксигеназа сои представляет собой глобулин с молекулярной массой 102 000, в виде белковых кристаллов, содержит железо. Оптимум действия липоксигеназы сои находится при pH 6,5-7,0, а злаков при pH 7,0. Из всех ненасыщенных жирных кислот липоксигеназа окисляет с достаточной скоростью лишь линолевою и линоленовую кислоты.

Окисление ненасыщенных жирных кислот под действием липоксигеназы приводит к образованию гидроперекисей.

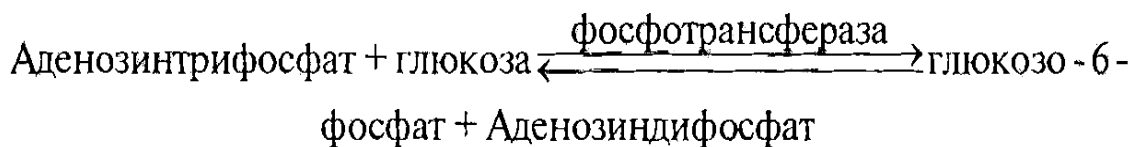


Образующиеся гидроперекиси имеют высокую окислительную способность и могут окислять далее новые порции ненасыщенных жирных кислот, а также каротиноиды, витамин А, аминокислоты, хлорофилл, аскорбиновую кислоту.

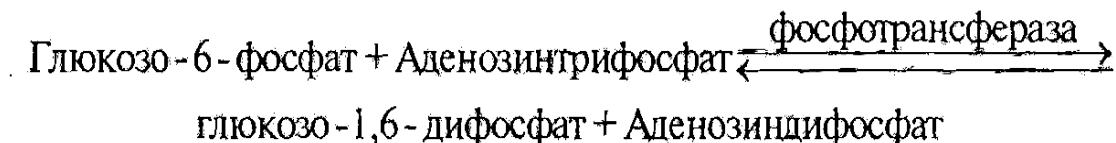
Поскольку липоксигеназа катализирует вторичное окисление каротиноидов, сопровождающееся исчезновением характерной для них желтой окраски, делаются попытки применить липоксигеназу в качестве препарата, отбеливающего тесто, и придающего мякишу

хлеба более светлую окраску. Липоксигеназа играет важную роль при разрушении каротина во время сушки и хранения различных растительных продуктов. Перекиси жирных кислот могут легко подвергаться дальнейшему распаду, по этой причине липоксигеназа играет существенную роль в процессе прогоркания муки и различных круп.

Ферменты второго класса – трансферазы. К этому классу принадлежат ферменты, катализирующие перенос целых атомных группировок от одного соединения к другому. Под действием фосфотрансфераз остатки фосфорной кислоты переносятся от аденозинтрифосфата на глюкозу или фруктозу. При этом образуется аденозиндифосфат и фосфорный эфир соответствующего сахара:

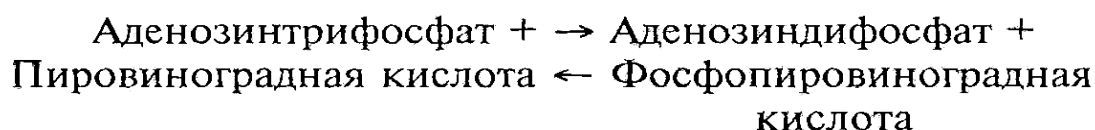


Глюкозо-6-фосфат может далее под действием фосфотрансферазы присоединять еще один остаток фосфорной кислоты, получив его от новой молекулы аденозинтрифосфата:

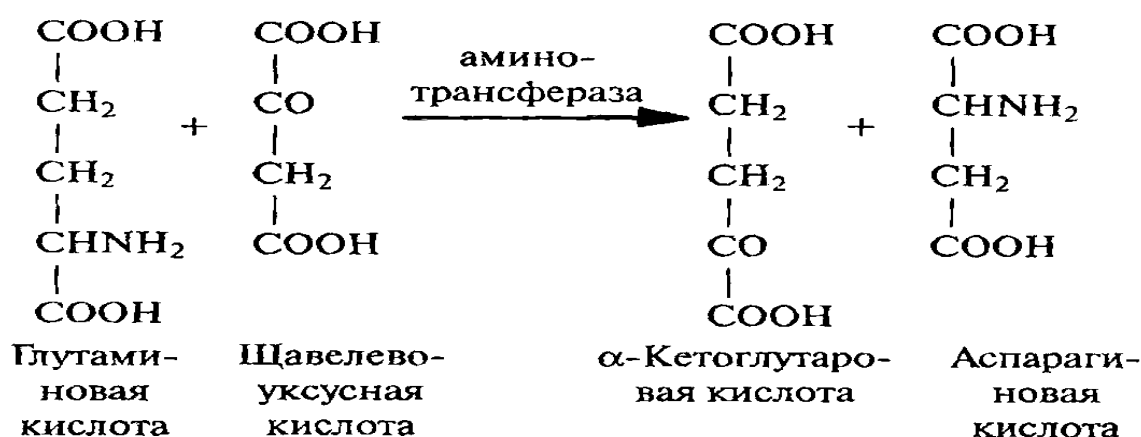


Фосфотрансфераза, катализирующая образование гексозофосфата из гексозы и аденозинтрифосфорной кислоты, получила название гексокиназы (2.7.11), а фермент, под действием которого из глюкозомонофосфата образуется глюкозодифосфат, – фосфоглюкокиназы. Гексокиназа найдена в дрожжах, зерне пшеницы и горохе, проростках овса. Она получена из дрожжей в виде белковых кристаллов.

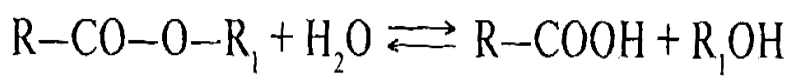
Под действием соответствующей фосфотрансферазы происходит также фосфорилирование пировиноградной кислоты – одного из важнейших промежуточных продуктов дыхания и брожения:



Большую роль в обмене веществ играют реакции переаминирования. Реакция переаминирования заключается в межмолекулярном переносе аминогруппы с аминокислоты на кетокислоту и катализируется ферментами, получившими название аминотрансфераз:



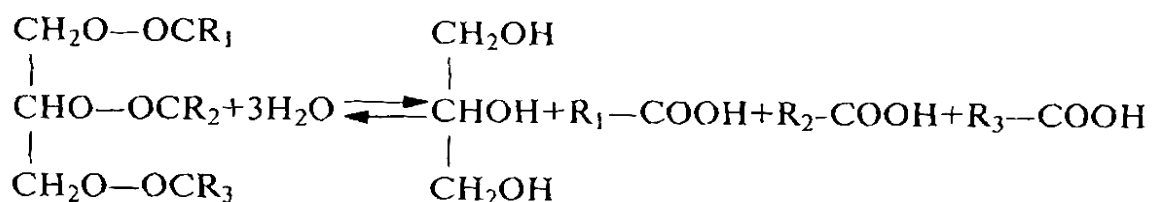
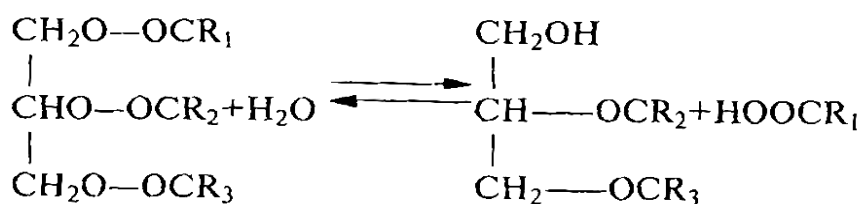
Ферменты третьего класса – гидролазы. Катализируют реакции гидролиза, т.е. расщепление сложных соединений на более простые с присоединением воды. Класс гидролаз весьма обширен, и его подразделяют на ряд подгрупп.



где R – остаток органической (или неорганической) кислоты, R₁ – остаток спирта или фенола.

Фермент, гидролизующий распад жира, или триацилглицеринов (по-старому триглицериды), называется триацилглицерол-липазой (3.1.1.3). Его часто называют по-старому липазой. Липаза действует таким образом, что сначала отщепляет от триацилглицерина один кислотный остаток, затем второй и, наконец, третий.

Ниже приведены реакции, катализируемые триацилглицерол-липазой, где R₁, R₂, R₃ – радикалы высокомолекулярных жирных кислот:



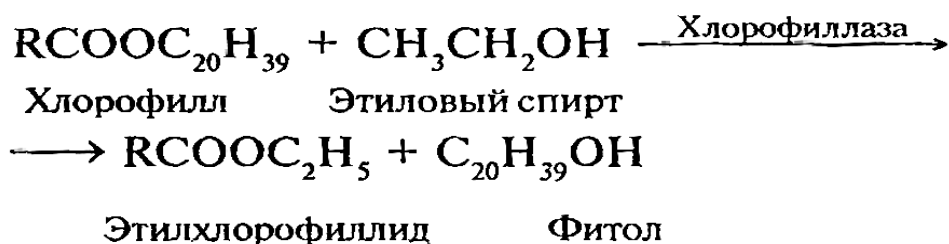
Липазы различного происхождения весьма существенно различаются по свойствам и характеру действия.

В растениях и микроорганизмах липаза содержится в двух формах – в виде не растворимого и растворимого в воде фермента. Нерастворимая липаза содержится в семенах клещевины. С помощью триацилглицерол-липазы клещевины можно не только гидролизовать жир, но при соответствующих условиях синтезировать его (триацилглицерин). Клещевинная липаза обладает большой специфичностью, она почти не действует на водорастворимые эфиры глицерина и низкомолекулярных жирных кислот – уксусной, пропионовой, валериановой и др. Оптимум ее действия соответствует рН 3,6.

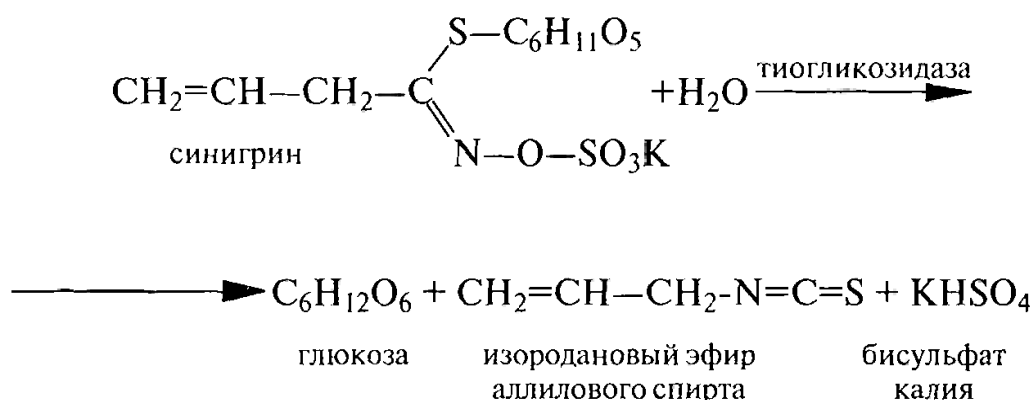
В отличие от липазы клещевины липаза, содержащаяся в семенах злаков, многих масличных культур и в микроорганизмах, относится к растворимым ферментам. Оптимум ее действия по кислотности среды также значительно отличается от клещевинной липазы: он находится при рН 8. Действие липазы имеет большое значение при хранении муки и крупы, особенно содержащих много жира (например, пшено). При повышенной влажности и температуре хранения этих продуктов липаза быстро расщепляет триацилглицерины с образованием свободных жирных кислот, что приводит к повышению кислотности продукта и его быстрому прогорканию.

Во всех звеньях растений содержится эстераза – фермент хлорофиллаза (3.1.1.14), активно действующая в спиртовых растворах и осуществляющая реакцию «переэстерификации»: фермент

отщепляет от хлорофилла остаток фитола и заменяет его остатком того спирта, в среде которого ведется реакция:



Имеются ферменты, катализирующие гидролиз тиоэфиров, например фермент тиогликозидаза (3.2.3.1), ранее называвшаяся мирозиназа, гидролизующая глюкозид синигрин, содержащийся в семенах черной горчицы. При увлажнении растертых семян горчицы под действием мирозиназы синигрин расщепляется на глюкозу, изородановый эфир аллилового спирта и бисульфат калия.



К подгруппе эстераз относят фосфатазы – ферменты, гидролизующие сложные эфиры фосфорной кислоты. Они отличаются друг от друга по химической природе гидролизуемых ими субстратов. В зерне важную роль играют гидролазы фосфомоноэфиров, к которым относят фитазу (3.1.3.8). Она отщепляет фосфорную кислоту от инозитфосфорной кислоты, которая в виде Са-Mg-соли представляет собой фитин. В семенах многих растений и дрожжах содержится активная фитаза. Оптимум действия фитазы пшеничного зерна находится при pH 5,8.

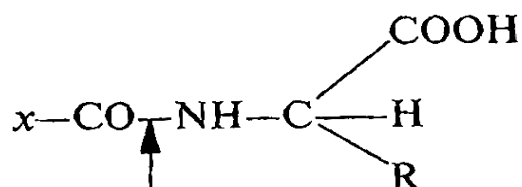
Фитаза оказывает большое влияние на пищевую ценность хлеба. Инозитфосфорная кислота, образуя нерастворимые соли с кальцием, препятствует его усвоению организмом человека. Фитаза дрожжей и муки в процессе брожения теста расщепляет большую часть содер-

жащейся в нем инозитфосфорной кислоты, тем способствует лучшему усвоению солей кальция.

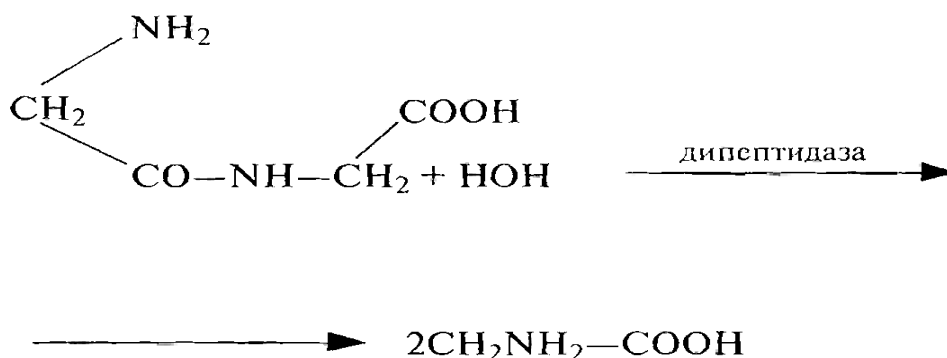
Протеазы (3.4) – ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление белков и полипептидов. Протеазы катализируют расщепление пептидной связи – CO–NH–, поэтому в классификации ферментов их называют пептид гидролазами. Протеазы разделяют на пептидазы и протеиназы. Пептидазы катализируют гидролитическое расщепление полипептидов и дипептидов. Протеиназы осуществляют непосредственно гидролиз белков. Впоследствии оказалось, что протеиназы способны гидролизовать пептидные связи не только в белках, но и в различных полипептидах. Однако условное деление протеаз на пептидазы и протеиназы закрепилось в практике работы с протеазами.

Аминопептидазы (3.4.11) – первая цифра обозначает класс гидролаз, вторая – подкласс пептидгидролаз, третья – группу аминопептидаз. Для действия аминопептидаз необходимо наличие в молекуле субстрата свободной α-аминной группы.

Карбоксипептидазы (3.4.17) расщепляют в полипептидах пептидную связь, находящуюся рядом со свободной карбоксильной группой пептида:



Дипептидазы (3.4.13.11) катализируют гидролитическое расщепление дипептидов на свободные аминокислоты. Глицил-глицин распадается под действием дипептидазы (3.4.13.11) на две молекулы гликокола:



Протеиназы гидролизуют непосредственно белки. При этом из белка образуются пептоны (продукты неполного гидролиза белков), полипептиды и свободные аминокислоты. В зависимости от природы гидролизуемого белка оптимальная зона действия отдельных протеиназ находится при слабокислой, нейтральной или слабощелочной реакции.

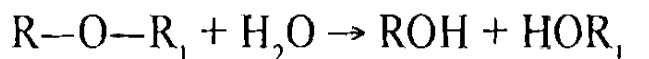
Протеиназы, содержащиеся в млечном соке и в семенах растений, в дрожжах, составляют особую группу ферментов, типичным представителем которых является папаин (3.4.22.2). Его получают в виде сухого порошка из млечного сока дынного дерева (*Carica papaya*). Молекула папаина состоит из 212 аминокислотных остатков. Первичная структура молекулы папаина полностью выяснена. Она содержит три дисульфидных мостика и одну сульфгидрильную группу, входящую в активный центр фермента.

Характерная особенность папаина, как и ряда других протеолитических ферментов растительного происхождения, заключается в том, что они активизируются синильной кислотой и сульфгидрильными соединениями, прежде всего цистеином и восстановленным глутатионом.

На действие ферментов большое влияние оказывает молекулярная структура субстрата – его атакуемость ферментами. Подтверждена различная атакуемость разных белков одними и теми же протеазами. Это обстоятельство оказывает существенное влияние при тестоведении на белки различных сортов пшеницы, резко различающихся по физическим свойствам клейковины, а следовательно, и на их хлебопекарное достоинство.

Скорость расщепления белков протеолитическими ферментами зависит от присутствия в белке определенных химических группировок, например, сульфгидрильных, аминных и оксигрупп. Если эти группы в белковой молекуле каким-либо образом ликвидировать, то атакуемость белков ферментами изменяется. Так, при восстановлении дисульфидных связей белка скорость его расщепления протеиназами возрастает, а в результате блокирования оксигрупп бензилированием или ацетилированием атакуемость белка понижается. Атакуемость белка протеиназами зависит от присутствия в его молекуле определенных химических групп, а также от его первичной, вторичной и третичной структуры.

Класс гидролаз. Карбогидразы – ферменты, катализирующие реакции типа



где R – остаток моно-, ди- или полисахарида; R₁ (может быть также моно-, ди- или полисахаридом или же веществом неуглеводной природы, содержащим спиртовую или фенольную группу (например, агликаны в гликозидах)).

Кислородная связь в веществах, расщепляемых карбогидразами, имеет характер ацетальной или эфирной связи. Карбогидразы делят на олигазы (α-глюкозидаза, β-галактозидаза, β-фруктофуранозидаза) и полиазы (амилазы, глюкоамилаза, целлюлаза, гемицеллюлазы).

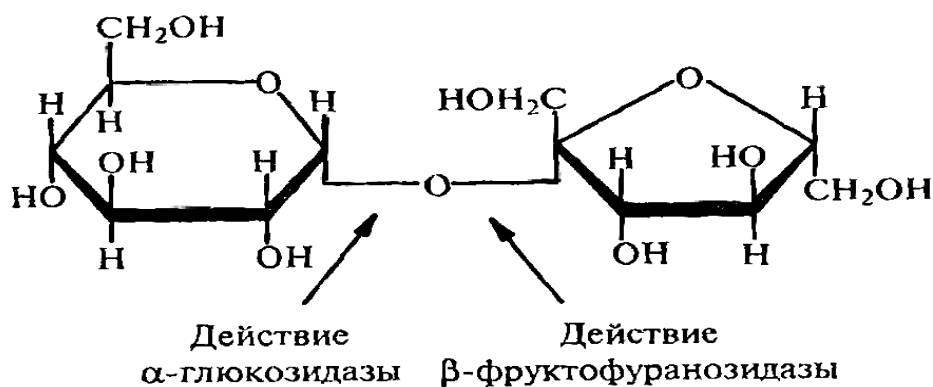
α-Глюкозидаза (3.2.1.20) – систематическое название α-D-глюкозид-глюкогидролаза, старое название – мальтаза. Фермент, расщепляющий α-глюкозидную связь в дисахаридах и глюкозидах, содержится в тканях растений, плесневых грибах, дрожжах, бактериях. Особенно большое количество α-глюкозидазы в проросшем зерне проса. Просяной солод применяется в качестве добавки к ячменному солоду при изготовлении мальтозной патоки. Активная α-глюкозидаза просяного солода обеспечивает гидролиз мальтозы с образованием двух молекул глюкозы. Глюкоза более сладкая, чем мальтоза.

α-Глюкозидаза расщепляет мальтозу, но может гидролизовать и сахарозу, поскольку сахароза, как и мальтоза, является α-глюкозидом. Она не только катализирует реакцию гидролиза, но способна и к реакции синтеза α-глюкозидов из α-глюкозы и соответствующего спирта.

α-Галактозидаза (3.2.1.22) – систематическое название α-D-галактозид-галактогидролаза, старое название – мелибиаза. При действии α-галактозидазы на рафинозу происходит расщепление связи между остатком α-галактопиранозы и остатком глюкопиранозы. В результате из рафинозы образуются α-галактопираноза и сахароза. α-Галактозидаза содержится в пивных дрожжах и грибном солоде – ферментном препарате из плесневого гриба *Aspergillus oryzae*.

β-Фруктофуранозидаза (3.2.1.26) – систематическое название β-D-фруктофуранозид-фруктогидролаза, старые названия – сахараза,

инвертаза. Фермент катализирует расщепление сахарозы на глюкозу и фруктозу. В то время как α -глюкозидаза гидролизует сахарозу у α -глюкозидного углеродного атома остатка глюкозы, β -фруктофуранозидаза разрывает связь у β -глюкозидного углеродного атома остатка фруктозы:



В обоих случаях получается один и тот же результат: свободные глюкоза и фруктоза. У трисахарида рафинозы имеется такая же связь между остатком глюкозы и остатком фруктозы, как и в сахарозе. Поэтому β -фруктофуранозидаза гидролизует также рафинозу. При этом из рафинозы получаются молекула фруктозы и молекула дисахарида мелибиозы (из остатков глюкозы и галактозы). β -Фруктофуранозидаза содержится в высших растениях, микроорганизмах и в пищеварительных соках животных. Особенно активен этот фермент в дрожжах, из которых его обычно получают в виде очищенных препаратов.

Амилазы – ферменты, под действием которых происходит гидролиз крахмала с образованием декстринов и мальтозы. Амилазы гидролизуют неизменные крахмальные зерна и крахмальный клейстер. Гидролиз неизменных крахмальных гранул сопровождается образованием мальтозы и постепенным изменением формы крахмальных зерен – они как бы разъедаются ферментом и теряют свои первоначальные очертания. Скорость расщепления амилазами крахмала из зерна разных культур и сортов или из разных частей одного и того же растения неодинакова. Эта различная податливость крахмала действию амилазы получила название атакуемости крахмала. Таким образом, скорость расщепления крахмала амилазой зависит не только от количества и активности фермента, но также от атакуемости субстрата.

Атакуемость крахмала возрастает с уменьшением размеров крахмальных зерен, т.е. с увеличением их относительной поверхности. Она резко возрастает также при механическом нарушении структуры крахмальных зерен при их длительном перетирании в ступке или при помоле зерна на мукомольном заводе. Действие амилазы на неизмененные или механически поврежденные крахмальные зерна значительно слабее по сравнению с их действием на оклейстеренный крахмал. По этой причине во многих отраслях пищевой промышленности перед осахариванием крахмала солодом (источник активной амилазы) муку или картофель предварительно заваривают горячей водой.

Различают три амилазы: α -амилаза, β -амилаза и глюкоамилаза.

α -Амилаза (3.2.1.1) – систематическое название 1,4- α -D-глюкан-глюканогидролаза, старые названия – диастаза, птиалин, гликогеназа, декстриногенамилаза. α -Амилаза содержится в слюне, пищеварительном соке поджелудочной железы, в плесневых грибах, в проросшем зерне пшеницы, ржи, ячменя.

Характерной особенностью всех α -амилаз является наличие в них по крайней мере одного моля прочно связанного кальция на один моль фермента. Обработка фермента этилендиаминатетраацетатом, связывающим кальций, его инактивирует. Роль кальция заключается в том, что он стабилизирует вторичную и третичную структуру молекулы α -амилазы, обеспечивая таким образом ее каталитическую активность и предохраняя фермент от действия протеолитических ферментов.

Атакуемость крахмала α -амилазой связана с количеством в грануле крахмала амилозы: крупные высокоамилозные гранулы с большей легкостью атакуются α -амилазой.

Выявлена возможность наряду с активацией зимогенной амилазы ее новообразования в прорастающем зерне. При повышенной влажности атмосферы наблюдается усиление синтеза α -амилазы в созревающем зерне, что приводит к ухудшению хлебопекарных достоинств зерна.

β -Амилаза (3.2.1.2) – систематическое название 1,4- α -D-глюкан-мальтогидролаза, старые названия – диастаза, сахарогенамилаза, гликогеназа. β -Амилаза находится в зерне пшеницы, ржи, ячменя, в соевых бобах. Оба фермента существенно различаются по характеру действия на амилозу и амилопектин крахмала.

β -Амилаза расщепляет амилозу нацело, превращая ее на 100% в мальтозу. Амилопектин β -амилаза гидролизует на мальтозу и декстрины, дающие коричнево-красное окрашивание с йодом. β -амилаза расщепляет лишь свободные концы глюкозных цепочек с образованием мальтозы. Ее действие прекращается, когда происходят разветвления в молекуле амилопектина (β -амилаза расщепляет амилопектин с образованием мальтозы лишь на 54%). Декстрины, образовавшиеся при действии β -амилазы на амилопектин, гидролизуются α -амилазой с образованием декстринов с меньшей молекулярной массой, не дающих окрашивания с йодом.

При последующем длительном воздействии β -амилазы на крахмал около 85% его превращается в мальтозу. При действии β -амилазы на крахмал образуются главным образом мальтоза и небольшое количество высокомолекулярных декстринов. При действии на крахмал α -амилазы образуются главным образом декстрины меньшей молекулярной массы и незначительное количество мальтозы. Ни α -, ни β -амилазы в отдельности не могут полностью гидролизовать крахмал или гликоген с образованием мальтозы.

При одновременном действии обеих амилаз крахмал гидролизует на 95%.

α - и β -Амилазы различаются своим отношением к рН – β -амилаза может работать при более кислой среде (оптимальный рН 4,8), чем α -амилаза (рН 5,6-6,3). Вместе с тем β -амилаза более термолабильна, а α -амилаза выдерживает более высокую температуру.

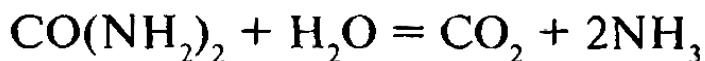
Семена растений различаются по содержанию в них α - и β -амилазы. В непроросших семенах пшеницы и ячменя содержится только β -амилаза; α -амилаза образуется при прорастании.

Во ржи присутствуют оба фермента – α - и β -амилазы, при прорастании количество и активность α -амилазы резко возрастает. В соевых бобах, непроросших и проросших, встречается только β -амилаза. В непроросших семенах сорго имеется главным образом α -амилаза.

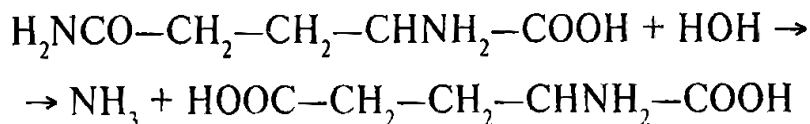
Как и другие ферменты, амилазы могут находиться в клетке в связанном с белками виде, и тогда они лишаются гидролитической активности. Связывание амилаз с белками играет большую роль в регулировании их действия в прорастающем и созревающем зерне.

Экзо-1,4- α -глюкозидаза, ее чаще называют глюкоамилазой (3.2.1.3), имеет систематическое название 1,4- α -Д-глюкан глюкогидролаза. Гидролизует крахмал с образованием преимущественно глюкозы и небольшого количества декстринов. Препараты глюкоамилазы получают из плесневых грибов. С помощью этого фермента получают глюкозную патоку и кристаллическую глюкозу.

Ферменты группы амидаз (3.5) – уреаза и глютаминаза. Уреаза (3.5.1.5) содержится в растениях, плесневых грибах и некоторых бактериях. Особенно большие количества уреазы содержатся в семенах сои и канавалии (род из семейства бобовых), из которых ее получают в кристаллическом виде. Активную уреазу содержат также бактерии, разлагающие мочевину при разложении навоза. При этом мочевина расщепляется на аммиак и диоксид углерода:

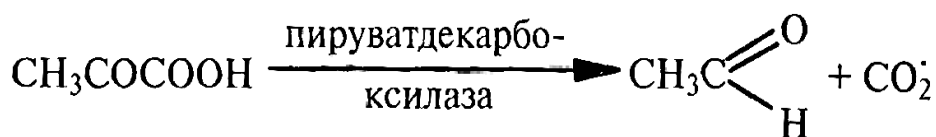


Глютаминаза (3.5.1.2) катализирует гидролиз глютамина с образованием глютаминовой кислоты и аммиака:



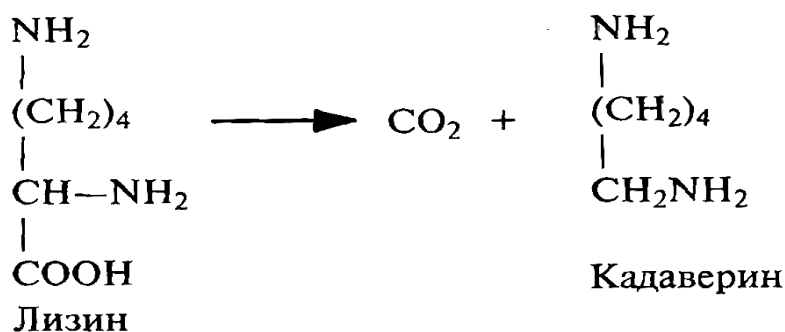
Ферменты четвертого класса – лиазы. Некоторые из них катализируют отщепление воды, другие – отщепление диоксида углерода или аммиака. Из ферментов этого класса рассмотрим пируватдекарбоксилазу и лизиндекарбоксилазу.

Пируватдекарбоксилаза (4.4.1.1) – фермент, содержащийся в растениях и микроорганизмах и расщепляющий пировиноградную кислоту на уксусный альдегид и CO_2 :



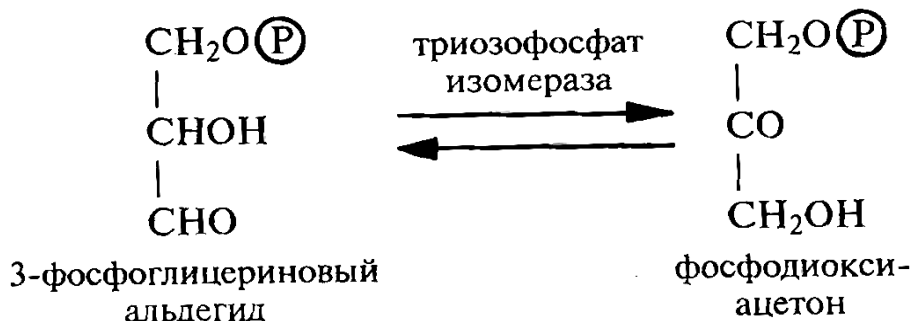
Активная группа пируватдекарбоксилазы состоит из витамина B_1 (тиамина), соединенного с двумя остатками фосфорной кислоты.

Ферментативному декарбоксилированию могут также подвергаться аминокислоты, в результате наряду с CO_2 образуется соответствующий амин, или аминокислота. Так при декарбоксилировании лизина под действием лизин-декарбоксилазы (4.1.1.8) образуется пентаметилендиамин (кадаверин):

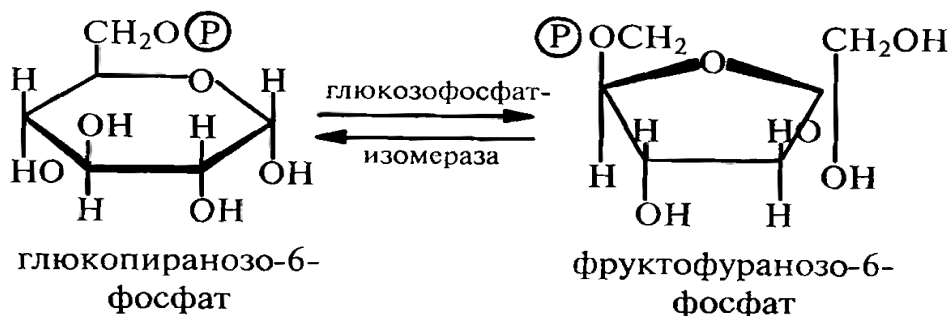


Ферменты пятого класса – изомеразы. Катализируют изомеризацию органических соединений. Некоторые из них принимают участие в брожении теста.

Фермент триозофосфат-изомераза (5.3.1.1) катализирует превращение промежуточных продуктов брожения 3-фосфоглицеринового альдегида и фосфодиоксиацетона:



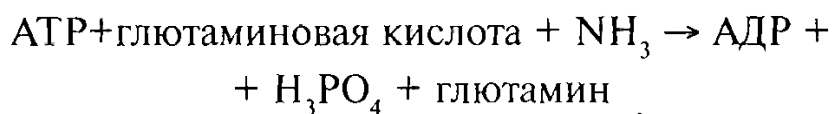
Фермент глюкозофосфат-изомераза, или оксиизомераза (5.3.1.9), катализирует обратимое взаимное превращение глюкопиранозо-6-фосфата и фруктофуранозо-6-фосфата:



Таким образом, глюкозофосфат-изомераза катализирует взаимное превращение фосфорных эфиров глюкозы и фруктозы. В высших растениях эти взаимные превращения глюкозы и фруктозы происходят с чрезвычайной легкостью.

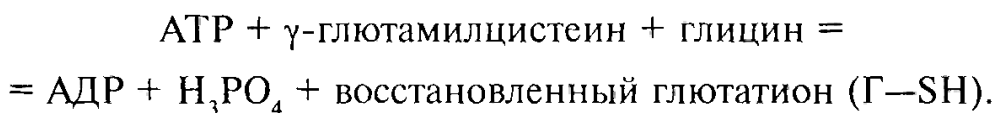
Ферменты шестого класса – лигазы. В этот класс входят ферменты: глутаминсинтетаза, аспарагинсинтетаза, глутатионсинтетаза, пируваткарбоксилаза.

Глутаминсинтетаза (6.3.1.2) катализирует реакцию синтеза глутамина из глутаминовой кислоты и аммиака:



Аспарагинсинтетаза (6.3.1.1) катализирует аналогичную реакцию синтеза аспарагина.

Глутатионсинтетаза (6.3.2.3) катализирует при участии АТР синтез восстановленного глутатиона из γ -глутамилцистеина и глицина:



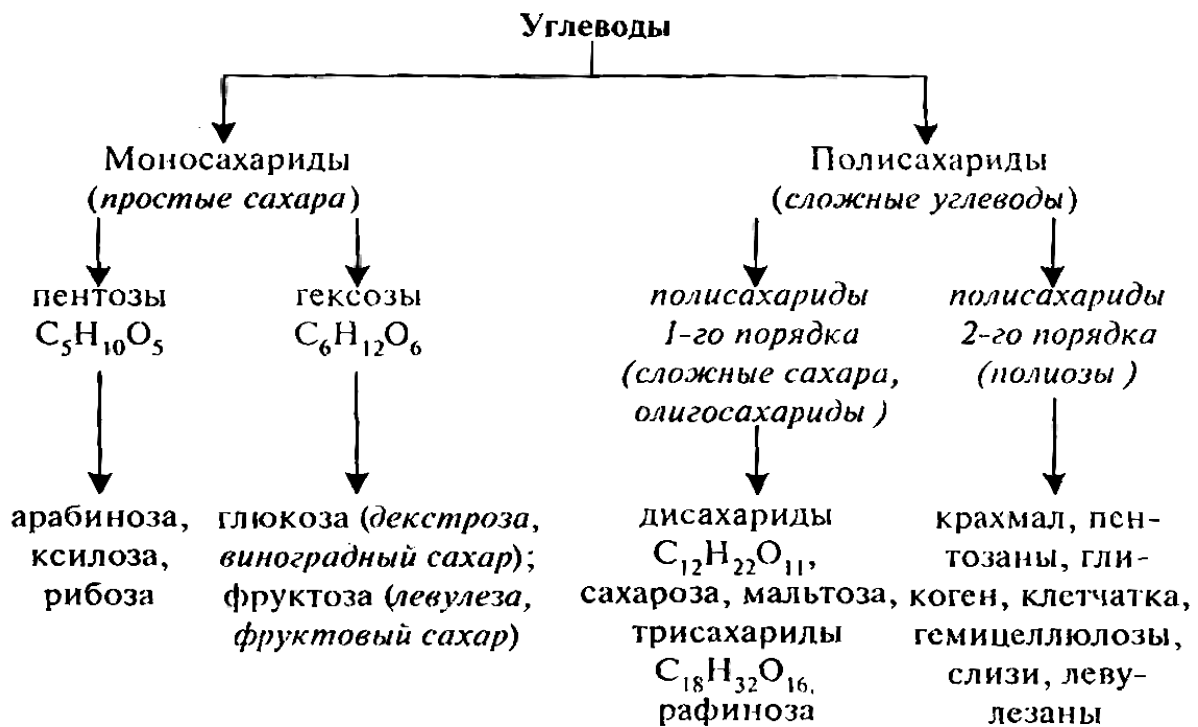
Карбоксилазы – ферменты, которые при участии АТР катализируют присоединение диоксида углерода к различным органическим кислотам, т.е. удлинение углеродной цепочки. Карбоксилазы, катализирующие присоединение CO_2 , содержат в качестве простетической группы биотин.

Ферменты играют большую роль во всех процессах выращивания зерна в поле, при послеуборочном дозревании, хранении, при его переработке в мукомольном производстве, хлебопечении, производстве круп и макарон, пивоварении, спирто-водочном производстве и в ряде других отраслей пищевой промышленности.

4. УГЛЕВОДЫ ЗЕРНА

4.1. Общая классификация

Углеводы составляют главную массу зерна и семян – примерно две трети. Это основной питательный и опорный материал растительных клеток и тканей. Велика их роль в питании человека, они – основная часть кормов сельскохозяйственных животных. Многие углеводы находят широкое техническое применение. Значение углеводов для живых организмов в том, что они представляют собой энергетический материал – главный источник калорий. Сахара – основной субстрат брожения и дыхания. Все углеводы разделяют на две группы: монозы, или моносахариды, и полиозы, или полисахариды, состоящие из остатков молекул моносахаридов. Важнейшие углеводы, встречающиеся в зерне, представлены в следующей схеме:

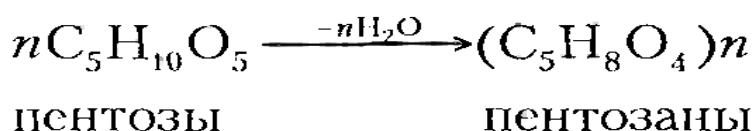


4.2. Моносахариды

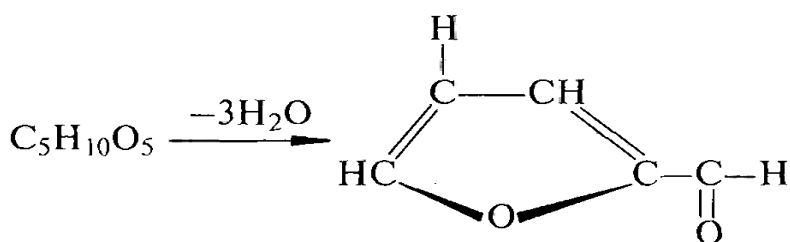
Моносахариды (пентозы и гексозы) легко растворимы в воде, труднее в спирте, нерастворимы в эфире. Многие из них имеют сладкий вкус. При нагревании обугливаются. Они нейтральны, но являются сильными восстановителями. Осаждают серебро из аммиач-

ного раствора азотнокислотного серебра и закись меди из фелинговой жидкости. Последняя реакция лежит в основе метода Бертрана, при помощи которого по количеству выпавшей закиси меди (Cu_2O) определяют содержание восстанавливающих (редуцирующих) сахаров.

Пентозы. К ним относятся арабиноза, ксилоза и рибоза. Арабиноза и ксилоза образуют ряд сложных полисахаридов – пентозанов, которые входят в состав клеточных стенок. Особенно их много в семенных и плодовых оболочках.

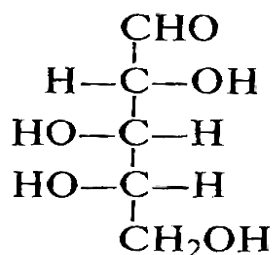


Кроме арабинозы и ксилозы, в состав пентозанов входят и другие пентозы. Пентозам свойственна характерная общая реакция – при нагревании с умеренно разбавленной соляной или серной кислотой они, потеряв три молекулы воды, образуют пятичленное кольцо летучего гетероциклического альдегида фурфурола:

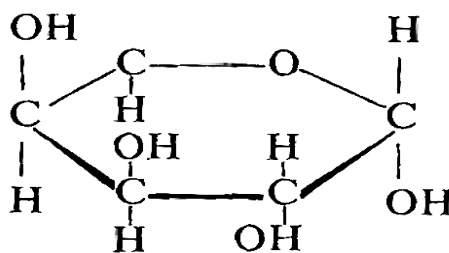


В малых концентрациях фурфурол обладает приятным запахом свежего ржаного хлеба. Он входит в состав веществ, определяющих аромат хлеба. Фурфурол с соляной кислотой и анилином дает интенсивное красное окрашивание, что используют для качественного и количественного определения пентоз.

L-Арабиноза существует в двух видах:



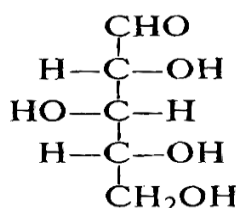
Нециклическая форма



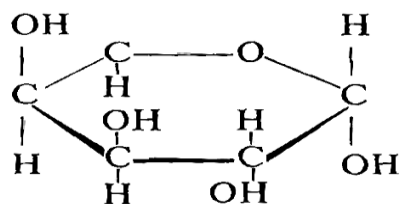
β -пиранозная форма

Преобладает циклическая полуацетальная или окисленная форма. В растворах на нециклическую форму приходится примерно 1%. L-Арабиноза широко распространена в растениях, входит в состав пентозанов, гемицеллюлоз, пектиновых и других веществ, которых много в отрубях, соломе, початках кукурузы. В небольших количествах L-арабиноза может быть в свободном виде. В зерне ржи содержится 1,0-1,5% свободной арабинозы. Дрожжами не сбраживается.

D-Ксилоза встречается также в двух формах:



Нециклическая форма



α -пиранозная форма

D-Ксилозу называют иногда древесным сахаром.

Содержание пентозанов различно и составляет: в целом пшеничном зерне (% сухого вещества) – 8,1, эндосперме – 2,72, зародыше – 9,74, оболочках и алейроновом слое – 36,65. Дрожжами пентозаны не сбраживаются, организмом человека не усваиваются.

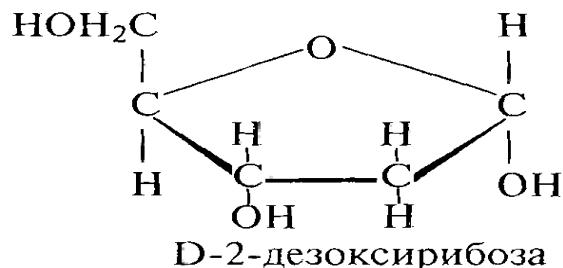
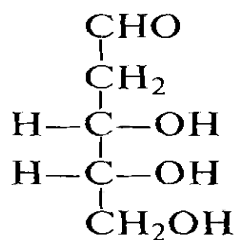
Пентозаны разделяют на водорастворимые (РП) и нерастворимые (НРП), но растворяющиеся в водных растворах щелочей.

В состав эндосперма зерна пшеницы и ржи входит арабаноксилан – один из наиболее распространенных пентозанов. Физические свойства пентозанов обусловлены высокополимерным характером молекул, присутствием в них большого числа гидроксильных группировок.

Водорастворимые пентозаны оказывают большое влияние на качество муки и теста вследствие сильно выраженных коллоидных свойств, способности к гелеобразованию и повышенной способности к гидратации. Важную роль в тестообразовании играют водорастворимые пентозаны зерна ржи (слизи).

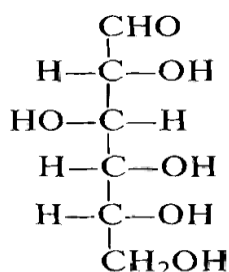
D-Рибоза входит в состав многих биологически важных веществ – рибонуклеиновых кислот, некоторых коферментов.

Особенно важна фуранозная форма производного рибозы – D-2-дезоксирибоза:

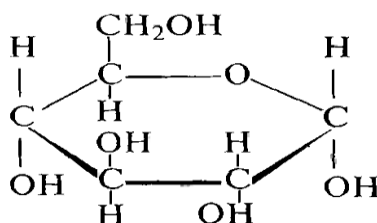


Она входит в состав дезоксирибонуклеиновой кислоты.

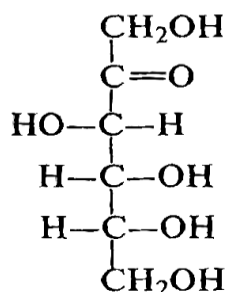
Гексозы. К наиболее важным гексозам относят глюкозу и фруктозу. Каждая из них существует в двух формах – нециклической и циклической (в растворе преобладает):



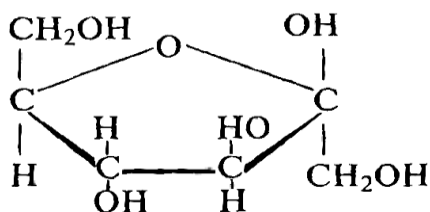
D(+)-глюкоза



α -D-глюкопираноза



D(-)-фруктоза

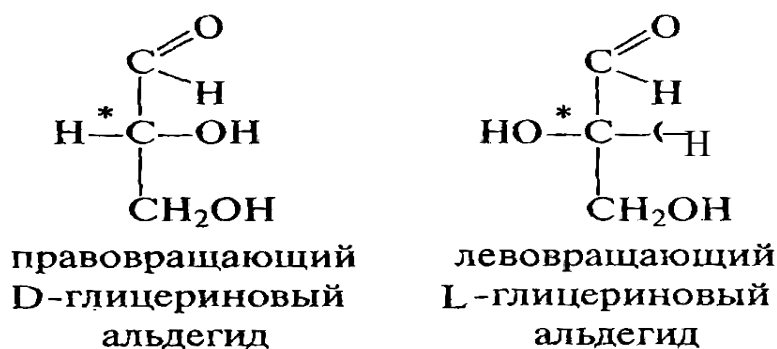


β -D-фруктофураноза

Моносахариды содержат асимметрические атомы углерода, такие, у которых все четыре валентности замещены различными атомными группировками. Это приводит к существованию различных стереоизомеров каждого такого соединения, отличающихся по своим физическим и химическим свойствам.

При установлении конфигурации того или иного моносахарида ее сравнивают с конфигурацией глицеринового альдегида, имеющего один асимметрический атом углерода и три формы – две оптически активные (левовращающую и правовращающую) и в виде равной их

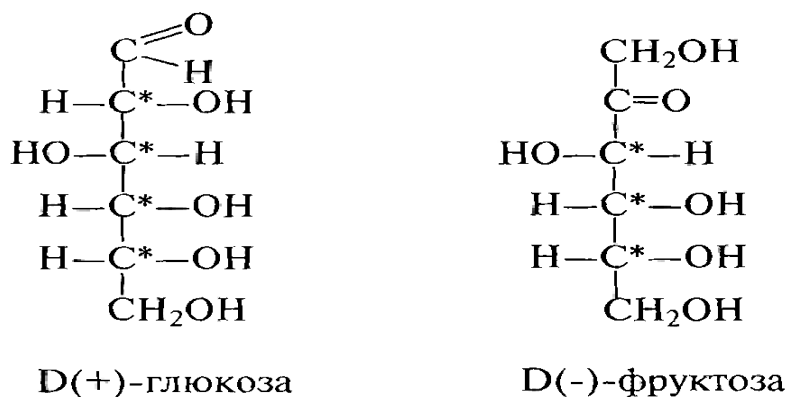
смеси, лишенной оптической активности, называемой рацемическим соединением, или рацематом. (Звездочками обозначены асимметрические атомы углерода.)



Все моносахариды, у которых замещающие группы при углеродном атоме, ближайшем к первичной спиртовой группе CH_2OH , имеют то же расположение в пространстве, что и D-глицериновый альдегид, причисляют к D-ряду, а если такое, как у L-глицеринового альдегида, то к L-ряду.

Направление удельного вращения обозначают знаками «+» (вправо) и «-» (влево).

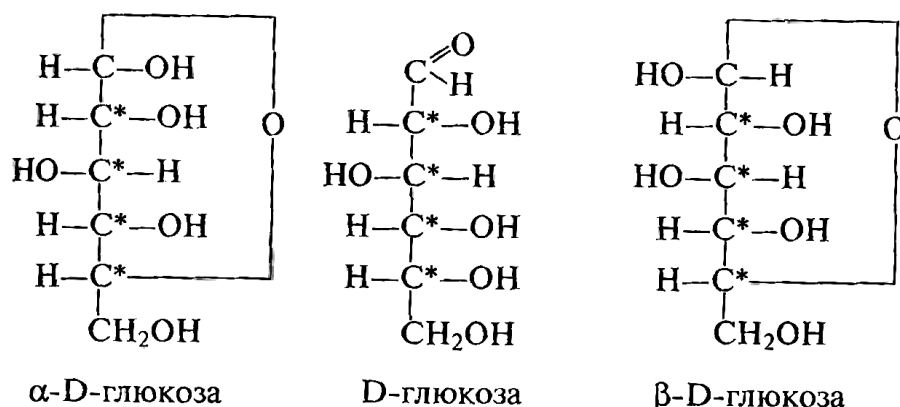
В растениях содержатся только D-формы сахаров, L-формы встречаются очень редко. Так, в зерне содержится:



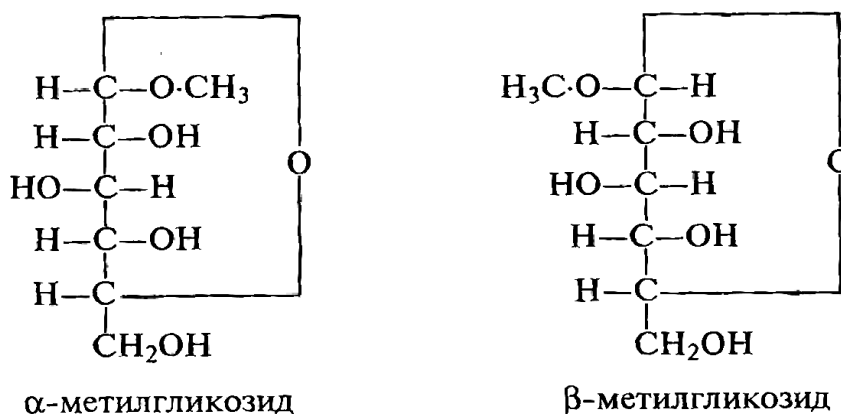
В только что приготовленных растворах моносахаридов удельное вращение сразу изменяется, пока не достигнет некоторой постоянной величины (явление мутаротации). Было выяснено, что глюкоза имеет две изомерные формы – одна с удельным вращением $+113^\circ$ и другая, имеющая удельное вращение $+19^\circ$. При растворении в воде удельное вращение первой формы снижается, а второй повышается, пока у той и другой оно не станет равным $+52,5^\circ$.

В настоящее время установлено, что в растворах D-глюкоза существует в трех взаимопревращающихся формах, из которых две циклические, у них асимметрических углеродных атомов на один больше, чем у нециклической формы. Превращение нециклической формы моносахарида в циклическую сопровождается образованием кислородного «мостика».

Циклические формы принято называть одну α , вторую – β . В случае с D-глюкозой имеем:



α и β -Формы моносахаридов имеют большое значение в связи с тем, что они образуют соответствующие производные – гликозиды, резко отличающиеся по отношению к ферментам:



Гидроксил у первого углеродного атома отличается повышенной реакционной способностью. Он получил название гликозидного гидроксила.

Вещества неуглеводной природы, присоединяющиеся к моносахаридам по месту гликозидного гидроксила, могут быть самыми различными соединениями. Их называют агликонами. Глико-

зиды широко распространены в растениях. Многие из них имеют горький вкус и запах. В семенах черной горчицы содержится гликозид синигрин, от него зависит специфический запах и горький вкус этих семян.

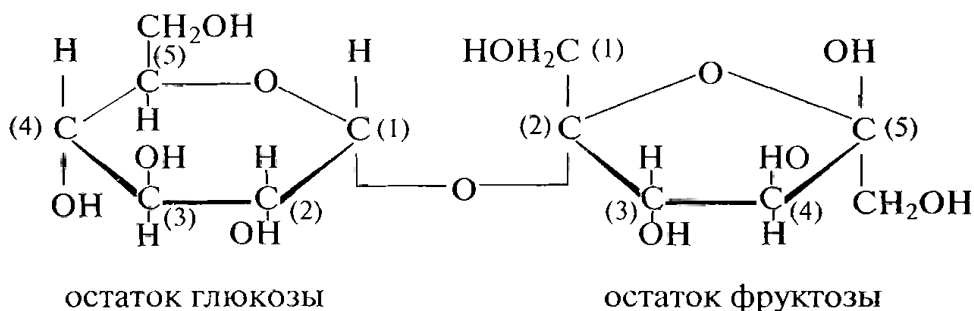
D-глюкоза (декстроза, виноградный сахар) в свободном виде содержится в зеленых частях растений, в семенах, различных фруктах и ягодах, в меде. Входит в состав крахмала, клетчатки, гемицеллюлоз, гликогена, декстринов, сахарозы, мальтозы, рафинозы, многих гликозидов. Чистую глюкозу в больших количествах получают гидролизом крахмала минеральными кислотами или ферментами. Она сбраживается дрожжами до спирта.

D-фруктоза (плодовый сахар, левулеза) содержится в зеленых частях растений, в нектаре цветов, в плодах, семенах, меде. Входит в состав сахарозы, рафинозы и левулезанов. Фруктоза сбраживается дрожжами. Глюкоза и фруктоза играют большую роль при брожении теста.

4.3. Полисахариды первого порядка

Наибольшее значение имеют дисахариды сахароза, мальтоза, а также трисахарид рафиноза.

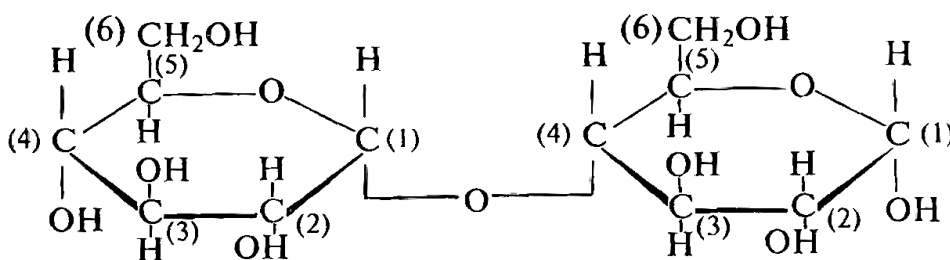
Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар). Широко распространена в растениях, встречается в листьях, стеблях, семенах, фруктах, ягодах, корнях, клубнях. Играет очень важную роль в питании человека. Легко растворима в воде. Кристаллизуется в виде больших моноклинических кристаллов. Температура плавления сахарозы 160-186 °С. Удельное вращение водных растворов плюс 66,5°. Не восстанавливает фелингову жидкость, сбраживается дрожжами. Ее структурная формула имеет следующий вид:



В молекуле сахарозы остатки глюкозы и фруктозы соединены между собой за счет своих гликозидных гидроксильных групп.

При нагревании растворов сахарозы с кислотами она гидролизуется, образуя смесь составляющих ее простых сахаров (глюкозы и фруктозы). Эта смесь называется инвертным сахаром, а процесс расщепления сахарозы на составляющие ее сахара носит название инверсии. Сахарозу гидролизует также фермент β -фруктофуранозидаза. При нагреве выше температуры плавления сахароза карамелизуется – превращается, обезвоживаясь, в смесь сложных веществ. Процесс карамелизации играет большую роль в кондитерском производстве.

Мальтоза (солодовый сахар). Имеет одинаковую с сахарозой эмпирическую формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$. Молекула мальтозы состоит из двух остатков глюкозы, структурная формула ее имеет следующий вид:



При соединении остатков глюкозы в мальтозе использован только один гликозидный гидроксил, второй остается незатронутым, поэтому мальтоза восстанавливает фелингову жидкость, однако вдвое слабее, чем две молекулы глюкозы и обнаруживает в водных растворах мутаротацию. Кристаллизуется в виде игл, содержащих воду.

Удельное вращение мальтозы в водных растворах плюс $130,4^\circ$. Сбраживается дрожжами в присутствии глюкозы. Под действием фермента α -глюкозидазы (мальтазы) гидролизуется с образованием двух молекул глюкозы. В нормальном непроросшем зерне мальтоза практически не содержится, она накапливается в зерне лишь при прорастании. В большом количестве мальтоза содержится в солоде и солодовых экстрактах. Мальтоза образуется в больших количествах в качестве промежуточного продукта при гидролизе крахмала амилазами, играет важную роль при тестоведении, так как, расщепляясь содержащимся в дрожжах и в муке ферментом α -

глюкозидазой, образует глюкозу, потребляемую дрожжами при брожении.

Рафиноза (мелитриоза). Имеет эмпирическую форму $C_{18}H_{32}O_{16}$. Встречается в больших количествах во многих растениях. В заметных количествах содержится в зародышах зерна. В сухом веществе пшеничных зародышей находится от 4 до 6,9% рафинозы. Накапливается в больших количествах в мелассе при производстве свекловичного сахара. Рафиноза кристаллизуется в виде длинных игл с пятью молекулами воды. Удельное вращение водных растворов плюс $105,2^\circ$. Не восстанавливает фелингову жидкость. При нагревании с кислотами рафиноза гидролизуется, присоединяя две молекулы воды, она распадается на три молекулы моносахаридов: глюкозу, галактозу и фруктозу.

Ферментативный гидролиз рафинозы идет по двум направлениям. Под действием фермента β -фруктофуранозидазы от рафинозы отщепляется фруктоза. При действии фермента α -галактозидазы, содержащейся в эмульсине (ферментном препарате, получаемом из миндаля), рафиноза расщепляется на галактозу и тростниковый сахар.

Фруктоза самая сладкая среди сахаров. По сладости сахара можно расположить следующим образом: фруктоза > сахароза > глюкоза > мальтоза. В зерне ячменя, ржи, пшеницы содержится в среднем 2-3% сахаров (главным образом сахарозы). В горохе и фасоли сахаров от 4 до 7%, а в сое – от 4 до 15%. Особенно много сахаров в зародышах ржи и пшеницы – 16-25%, кукурузы – 11%. В зародышах сахар состоит из сахарозы с примесью рафинозы и очень малого количества глюкозы и фруктозы. В периферических слоях зерна сахаров больше, чем в центральных частях.

4.4. Полисахариды второго порядка

Большая часть углеводов, входящих в группу полисахаридов второго порядка, представляет собой вещества с большой молекулярной массой.

Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_n$. Не является химически индивидуальным веществом, на 96,1-8,6% он состоит из двух полисахаридов – амилозы и амилопектина, образующих при кислотном гидролизе глюкозу; в нем найдены высокомолекулярные жирные кислоты (до 0,6%) и минеральные вещества, главным образом фосфорная кислота (0,2-

0,7%). Крахмал – главное из веществ, содержащихся в зерне злаковых. Содержание крахмала в зерне пшеницы, ржи, овса и кукурузы составляет от 60 до 75%, у ячменя – от 50 до 60%, особенно много крахмала в зерне риса – от 75 до 80%. В семенах других культур крахмал в среднем составляет (%): гречиха – 77, горох – 34, фасоль – 44, соя – 3.

В зерне крахмал содержится в виде крахмальных зерен (гранул) различного размера и формы. Крахмальные зерна в большинстве случаев напоминают линзы сферической, овальной или неправильной формы размером от 2 до 170 мкм с характерной слоистостью. Особенно крупные зерна крахмала у картофеля. Каждая культура имеет свою, характерную для нее форму крахмальных зерен.

Крахмальные зерна пшеницы, ржи и ячменя простые, а кукурузы, овса и риса сложные, состоящие из отдельных, как бы склеенных между собой мелких крахмальных зернышек.

Различия в размерах, форме и строении крахмальных зерен по культурам позволяют применять микроскопический анализ для определения вида муки и наличия в ней примесей. Физико-химические свойства крахмала зависят от размеров крахмальных зерен, количественного соотношения отдельных фракций в смеси и их молекулярной структуры.

В крупных зерновках доля более мелких крахмальных зерен (менее 10 мкм в диаметре) значительно больше, чем в меньших по размерам зерновках. По некоторым данным крахмал крупных зерновок имеет большую молекулярную массу, повышенное содержание амилозы и обладает большей набухаемостью при нагревании с водой.

Крахмал мелких зерновок имеет большую гигроскопичность, легче расщепляется амилазами. Он дает характерную реакцию с раствором йода – окрашивается в синий цвет. Эта реакция используется для обнаружения и количественного определения крахмала.

Крахмальные зерна при нагревании в воде образуют крахмальный клейстер. Клейстеризация крахмала разного происхождения наступает при различной температуре. Пшеничный крахмал клейстеризуется в среднем при 62,5°C, ржаной – при 55°C. Полисахариды, входящие в состав крахмала (амилоза и амилопектин), сильно различаются по своим физическим и

химическим свойствам. От йода амилоза окрашивается в синий цвет, а амилопектин – в красно-фиолетовый. Они различаются и по растворимости – амилоза легко растворяется в теплой воде и дает растворы со сравнительно невысокой вязкостью, в то время как амилопектин растворяется в воде лишь при нагревании под давлением и дает очень вязкие растворы.

В картофельном крахмале содержится от 19 до 22% амилозы и от 78 до 81% амилопектина; в пшеничном и кукурузном соответственно 25 и 75%. Амилоза и амилопектин отличаются по своему химическому строению. В молекуле амилозы отдельные остатки глюкозы связаны между собой в виде неразветвленной цепочки. Амилопектин построен иначе – его молекула в отличие от молекулы амилозы сильно разветвлена. Молекулярная масса амилопектина достигает сотен миллионов.

При кипячении с кислотами крахмал гидролизуеться с образованием глюкозы. При более слабом воздействии кислот (например, 7,5%-й HCl в течение семи суток при 18-20 °C) образуется так называемый растворимый крахмал (частично декстринизированный), применяемый в лабораториях. Крахмал гидролизуеться амилазами. Особенно много амилаз в проросшем зерне. Они расщепляют крахмал с образованием декстринов и мальтозы. Декстрины – это высокомолекулярные вещества, являющиеся промежуточными продуктами расщепления крахмала под действием амилаз и кислот. При расщеплении крахмала амилазами образуется не глюкоза, а мальтоза, а при гидролизе под действием кислот – глюкоза.

На первых стадиях гидролиза получают декстрины, мало отличающиеся от крахмала по размерам молекулы и по свойствам. С йодом они дают синюю или фиолетовую окраску. По мере дальнейшего гидролиза молекулярная масса декстринов понижается, увеличивается их способность восстанавливать фелингову жидкость, и они от йода начинают окрашиваться в темно-бурый, затем красный цвет и, наконец, перестают давать реакцию с йодом. В соответствии со свойствами различают следующие виды декстринов:

- 1) амилодекстрины, окрашивающиеся раствором йода в фиолетово-синий цвет и представляющие собой белые порошки, растворимые в 25%-м растворе спирта и осаждаемые 40%-м раствором спирта;

2) эритродекстрины, окрашивающиеся йодом в красно-бурый цвет, растворяются в 55%-м растворе этилового спирта, но осаждаются при его концентрации 65%, из теплых спиртовых растворов они кристаллизуются в виде сферокристаллов;

3) ахродекстрины, не окрашивающиеся йодом, растворимые в 70%-м растворе спирта, при выпаривании горячих спиртовых растворов образуют сферокристаллы;

4) мальтодекстрины не дают реакции с йодом и не осаждаются спиртом.

Амилазы разжижают крахмал, обладают декстринирующим действием, т.е. способны превращать крахмал в различные декстрины, что можно легко проследить по изменению окраски йодом. Поскольку при действии амилаз на крахмал образуется сахар (мальтоза), они обладают осахаривающим действием. Амилазы содержатся в зерне в двух видах – в виде свободных амилаз, которые могут быть легко экстрагированы из муки водой, и в виде связанных, прочно адсорбированных, связанных с белками. В зерне имеются специфические ингибиторы амилаз.

При связывании амилаз с белками происходит их инактивирование. Такое связывание является фактором, регулирующим действие амилаз в прорастающем и созревающем зерне. Амилазы имеют очень большое значение в оценке качества зерна и муки – процесс накопления сахара во время брожения теста и сам процесс брожения зависит от скорости накопления в тесте мальтозы, что, в свою очередь, зависит от действия α -амилазы. α - и β -Амилазы существенно различаются по своим свойствам: β -амилаза интенсивнее действует в более кислой среде, чем α -амилаза. Если подкислять тесто, α -амилаза будет быстро терять свою активность. Это имеет большое значение при переработке муки из проросшего зерна, в которой много α -амилазы, ухудшающей ее хлебопекарные достоинства. α - и β -Амилазы различаются также по термостабильности, устойчивости к действию высоких температур. Температурный оптимум действия α -амилазы пшеничного зерна находится около 64°C , а β -амилазы – $49-51^{\circ}\text{C}$; α -амилаза более устойчива к повышенной температуре.

Этим различием пользуются при исследованиях. Если требуется устранить действие β -амилазы, изучаемый материал нагревают до

60-65°C. В этом случае β -амилаза инактивируется и проявляется лишь действие α -амилазы.

Зависимость действия амилолитического комплекса от температуры имеет большое значение в практике работы с зерном. Самосогревание зерна может вызвать глубокие изменения активности амилаз, что скажется на хлебопекарном достоинстве муки из такого зерна. Гидротермическая обработка зерна, особенно при повышенной температуре, также вызовет изменение активности амилаз и хлебопекарных достоинств муки.

Влияние температуры на активность амилаз имеет большое значение на различных этапах хлебопечения – приготовления заварок, брожения и расстойки теста, самой выпечки.

α -Амилаза концентрируется в щитке. В эндосперме и в зародыше фермент практически отсутствует.

Гликоген. Близкий к крахмалу полисахарид содержится в некоторых сортах и видах кукурузы и в дрожжах.

Гликоген имеет структуру, сходную со структурой амилопектина, т.е. также представляет собой разветвленный полисахарид, однако в отличие от амилопектина молекула гликогена построена более компактно.

В горячей воде гликоген образует коллоидные растворы, дающие с йодом красно-бурое, а иногда фиолетовое окрашивание. При гидролизе кислотами, а также при действии γ -амилазы (глюкоамилазы) гликоген дает глюкозу, а при комплексном действии α - и β -амилаз расщепляется до мальтозы.

Слизи (гумми). Представляют собой полисахариды, в большинстве случаев растворимые в воде. Сравнительно много слизи в зерне ржи – от 2,5 до 7,4% от сухого вещества зерна. Слизь ржаного зерна – полисахариды, которые при кипячении с кислотами (при гидролизе) дают пентозы, а именно арабинозу и ксилозу. В состав слизи входят также глюкоза (до 20%), немного фруктозы и галактозы. Слизь зерна ржи очень легко набухает в воде и образует чрезвычайно вязкие растворы. Если приготовить растворы желатина и слизи определенной концентрации, то окажется, что вязкость раствора ржаных слизи во много раз выше вязкости раствора желатина той же концентрации.

Слизь имеет большое значение при переработке зерна ржи, потому что благодаря содержащейся слизи оно размалывается

труднее, чем зерно пшеницы. Повышенная по сравнению с зерном пшеницы вязкость ржи при размоле объясняется наличием слизи в ее зерне.

Содержание слизи в зерне ржи неравномерно. Наиболее богаты слизистыми веществами периферийные части зерна. К центру зерна содержание слизистых веществ уменьшается почти в два раза. Вместе с тем относительная вязкость слизи в центральных частях в 50 раз выше, чем у слизи, выделенных из периферийных частей зерна. Установлена зависимость вязкости слизи от их химического состава – с повышением доли пентозанов и одновременным уменьшением относительного содержания гексозанов их вязкость возрастает. Слизь играет определенную роль в формировании структуры ржаного теста и его реологических свойств.

Левулезаны. Содержатся в зерне многих культур (ржи, пшеницы, овса, ячменя). Левулезаны – полисахариды, состоящие из остатков левулезы (фруктозы), сложные полисахариды, в большинстве случаев растворимые в воде, которые при гидролизе (при кипячении с кислотами) дают левулезу. Левулезаны в заметном количестве содержатся в зерне ржи – до 1,5% от сухого вещества. Они играют важную роль в процессе созревания зерна пшеницы и ржи, в процессе образования крахмала. Углеводы, образовавшиеся в листьях при фотосинтезе, превращаются в левулезаны различной молекулярной массы, в виде которых они поступают затем в стебель и созревающий колос и превращаются в крахмал. На ранних фазах созревания зерна левулезанов в нем содержится до 35% от сухого вещества. По мере дальнейшего созревания количество левулезанов постепенно падает до 2...1,5%, в то время как количество крахмала соответственно возрастает.

В зерне пшеницы левулезанов значительно меньше – около 0,3%. На этом основании применяют метод распознавания примеси ржаной муки к пшеничной (реакция Селиванова) по разной интенсивности цветной реакции на фруктозу. С этой целью пробу муки нагревают с крепкой соляной кислотой и резорцином. В присутствии левулезы появляется интенсивное вишнево-красное окрашивание. При большой концентрации левулезанов образуется красно-бурый осадок.

Клетчатка, или целлюлоза. Наиболее распространенное органическое соединение, образует структурную основу оболочек

растительных клеток. Содержится главным образом в цветковых оболочках зерна и в стенках клеток алейронового слоя.

Это очень прочное химическое вещество, не растворимое в воде и большинстве других растворителей. Клетчатка растворяется в аммиачном растворе окиси меди (реактив Швейцера), в концентрированном растворе хлористого цинка, в концентрированных минеральных кислотах и в растворах некоторых других веществ.

При кипячении с крепкой серной кислотой вся клетчатка превращается в глюкозу. При более слабом гидролизе из клетчатки получается целлобиоза. Молекула клетчатки имеет нитевидную форму. Нитевидные молекулы за счет водородных связей атомов гидроксильных групп клетчатки и адсорбированных молекул воды соединяются в пучки, называемые мицеллами. В каждую мицеллу входит около 60 молекул клетчатки.

Клетчатка, как и крахмал, состоит из остатков глюкозы. В чем различие химического строения крахмала и клетчатки? Основной «строительный кирпичик» крахмала – дисахарид мальтоза. У клетчатки основная строительная единица – дисахарид целлобиоза. Если у мальтозы α -1,4-глюкозидная связь и она представляет собой α -глюкозидоглюкозу, то у целлобиозы – β -1,4-гликозидная связь и она является β -глюкозидоглюкозой.

В молекуле клетчатки остатки целлобиозы связаны гликозидными связями в виде длинной цепочки.

Зерно и семена содержат клетчатку в следующих количествах (%): пшеница 3; рожь 2,2; ячмень с цветковыми оболочками до 8; кукуруза 2,2; рис с цветковыми оболочками 9 и без них 1,2; горох 4; соя 3,8; подсолнечник с плодовой оболочкой 15 и ядро 2,2.

Гемицеллюлозы (полуклетчатки). Объединяют полисахариды разнообразного химического состава с общими физическими свойствами. Они не растворяются в воде, но растворимы в щелочах. Содержатся главным образом в отрубях, в периферических, оболочечных частях зерна, в кукурузных початках, соломе. Кислотами они гидролизуются легче, чем клетчатка. Продукты гидролиза дают основание разделить гемицеллюлозы на две группы. Те из них, которые дают гексозы, называют гексозанами. При этом среди гексозанов в зависимости от сахара различают маннаны (если образуется манноза), галактаны (галактоза) и т.д.

Гемицеллюлозы, гидролизующиеся до пентоз, называют пентозанами. Они дают главным образом арабинозу и ксилозу и соответственно называются арабан и ксилан. Имеются также гемицеллюлозы смешанного состава, дающие при гидролизе гексозы, пентозы и уроновые кислоты. В зерне пшеницы и ржи содержится от 8 до 10% гемицеллюлоз (в отдельных случаях до 14%), в том числе от 5 до 8% пентозанов.

В недавнем прошлом считали, что клетчатка и гемицеллюлозы не усваиваются организмом человека, относили их к балластным веществам. По этой причине стремились при производстве пищи как можно больше ее рафинировать, очищать от пищевых волокон – так стали называть клетчатку и гемицеллюлозу, а также некоторые другие вещества.

Исследованиями конца XX века установлена многообразная и важная роль пищевых волокон в питании человека. Пищевые волокна являются питательной средой для микрофлоры желудочно-кишечного тракта, продукты обмена которой становятся одним из источников некоторых нутриентов для организма; частично снабжают его энергией; выводят из него ряд продуктов биологического обмена и загрязняющих веществ; регулируют физиологические и биохимические процессы в органах пищеварения.

5. ЛИПИДЫ ЗЕРНА

5.1. Общая характеристика и классификация липидов

К липидам относят природные органические соединения, не растворимые в воде, но растворимые в жирорастворителях (бензин, серный эфир, ацетон, хлороформ, сероуглерод, метиловый и этиловый спирты и т.п.), являющиеся производными высших жирных кислот и способные утилизироваться живыми организмами.

Название одной из групп липидов, а именно – жиров (от греч. липос – жир) взято для обозначения класса в целом. Липиды – сборная группа органических соединений и поэтому не имеют единой химической характеристики. Однако в известной мере их можно рассматривать как класс органических соединений, большинство из которых принадлежит к сложным эфирам многоатомных или специфически построенных спиртов с высшими жирными кислотами. В зависимости от состава, строения и роли в организме сложилась следующая классификация липидов.

1. Простые липиды представлены двухкомпонентными веществами – сложными эфирами высших жирных кислот с глицерином, высшими или полициклическими спиртами. Сюда относятся: жиры (триглицериды) – сложные эфиры высших жирных кислот и трехатомного спирта – глицерина; воски – сложные эфиры высших жирных кислот и высших спиртов; стериды – сложные эфиры высших жирных кислот и полициклических спиртов – стеролов.

2. Сложные липиды имеют многокомпонентные молекулы, компоненты которых соединены химическими связями различного типа. К ним принадлежат: фосфолипиды, состоящие из остатков высших жирных кислот, глицерина или других многоатомных спиртов, фосфорной кислоты и азотистых оснований той или иной природы; гликолипиды, включающие в свой состав наряду с многоатомным спиртом и высшей жирной кислотой также углеводы.

В последнее время открыты две новые группы липидов, в составе которых представлены и простые, и сложные липиды. К ним относятся: диольные липиды – простые и сложные эфиры двухатомных спиртов с высшими спиртами и высшими жирными кислотами, содержащие в ряде случаев фосфорную кислоту, азотистые основания и углеводы; орнитинолипиды, построенные из остатков высших жир-

ных кислот, аминокислоты орнитина (или лизина) и включающие в некоторых случаях двухатомные спирты.

Простые и сложные липиды легко омыляются. Однако в суммарной фракции липидов, выделенной из природного материала экстракцией жирорастворителями, всегда присутствуют вещества, обладающие такой же растворимостью, как и липиды, но не способные омыляться. Они называются неомыляемой фракцией липидов. В ее состав входят свободные высшие жирные кислоты, высшие спирты и полициклические спирты (стеролы), производные стеролов – стероиды, жирорастворимые витамины, высшие гомологи предельных углеводородов и другие соединения. Это дало повод некоторым авторам рассматривать неомыляемую фракцию липидов как одну из групп липидов. Однако для такого расширения границ класса липидов нет достаточных оснований.

Из указанных веществ жиры, стериды, фосфолипиды и диольные липиды распространены повсеместно, их участие в построении клеточных структур и в биохимических процессах весьма велико. Воски представляют в этом смысле менее важную группу соединений. Долгое время считали, что гликолипиды присутствуют только в нервной ткани, однако впоследствии их нашли в хлоропластах растений. Орнитинолипиды присущи микроорганизмам.

Липиды обладают способностью образовывать со многими другими органическими соединениями (особенно с высокомолекулярными – белками, углеводами) комплексы, которым в настоящее время придают большое значение в осуществлении ряда важнейших биохимических функций. В виде таких комплексов, особенно с белками, липиды входят в состав цитоплазматических мембран, субклеточных частиц и бактериальных мембран. Так, в ядрах клеток липиды составляют около 15% от сухого вещества, в митохондриях ~ 20, в эндоплазматическом ретикулуме ~ 30 и в гиалоплазме ~ 10%. Только в гиалоплазме в составе липидов преобладают триглицериды (~70%), тогда как в остальных субклеточных элементах более 90% приходится на фосфолипиды, стериды и гликолипиды.

Широко известно значение липидов, особенно жиров, как субстратов для окисления и обеспечения организма энергией: при распаде 1 г жира до CO_2 и H_2O ее выделяется 38,9 кДж, тогда как при распаде 1 г углеводов или белков – всего 16,1 кДж. Естественно, что при окислении липидов возникают метаболиты, широко вовлекаемые в биосинтез других соединений. Важнейшей функцией липидов явля-

ется также структурная. Образую матрикс мембран в виде двойных липидных слоев, липиды являются основой любой биологической мембраны. Липидный бислой образует ее самую существенную часть, составляя от 15 до 50% ее сухого вещества. Перечисленные функции липидов (энергетическая, запасная, поставщика метаболитов и структурная) получили название канонических.

Благодаря участию в деятельности мембранного аппарата клетки реализуются такие важнейшие биологические функции липидов, как регуляция деятельности ряда гормонов и активности ферментов (сейчас известно несколько сотен липидзависимых ферментов), влияние на процессы транспорта метаболитов и макромолекул, контроль реакций биологического окисления и энергетического обмена, связь с репликацией ДНК и ее матричной активностью, компартментализация обменных процессов в клетке вплоть до формирования мембранных машин (хлоропластов, митохондрий), участие в межклеточных взаимодействиях (особенно в эмбрио- и онтогенезе), обеспечение молекулярной памяти и пиктографического механизма записи информации. Перечисленные функции липидов характеризуют как неканонические. За выяснение некоторых из них большой группе советских ученых (Крепе Е.М., Бергельсон Л.Д., Евстигнеева Р.П. и др.) в 1985 г. присуждена Государственная премия.

Свойства мембран как надсистем регуляции клеточного метаболизма, их конформационные перестройки, изменение их вязкости зависят от соотношения различных видов липидов в мембране, степени окисленности последних, состояния межмембранного и внутримембранного переноса липидов и т.п. Все названные явления столь важны для понимания процессов жизнедеятельности, что биохимия мембран постепенно перерастает в биологию мембран, объясняющую ряд фундаментальных закономерностей в развитии организма.

5.2. Простые липиды

Жиры. Жиры исключительно широко распространены в природе: они входят в состав организма человека, животных, растений, микробов и даже некоторых вирусов. Содержание их в некоторых биологических объектах, тканях и органах достигает 90%.

Термин *жиры* употребляют в двух смыслах. Те вещества, которые называют жирами в обыденной жизни (говяжий жир, сливочное масло и т.п.), не представляют химически определенных соединений, так как сложены из многих составляющих: смесей различных тригли-

церидов, свободных высших жирных кислот, пигментов, ароматических соединений, а часто и клеточных структур. В этом смысле, следовательно, жир представляет понятие более морфологическое или технологическое. В частности, растительные жиры принято называть маслами, а морфологически обособленные жиры животных – салом. Из разных источников выделено свыше 600 различных видов жиров, среди которых насчитывается 420 видов жиров растительного происхождения, 80 видов жиров сухопутных животных и более 100 видов жиров обитателей водоемов.

С точки зрения состава под жирами подразумевают строго определенные соединения, а именно: сложные эфиры высших жирных кислот и трехатомного спирта – глицерина.

В связи с этим химики предпочитают употреблять название триглицериды.

В составе природных триглицеридов найдено более пятисот органических кислот, и список их расширяется с каждым годом. Среди них большая доля принадлежит высшим жирным монокарбоновым кислотам, т.е. кислотам с числом углеродных атомов в молекуле, равным 16 и более. Высшие органические кислоты, обнаруженные в триглицеридах, часто содержат двойные связи и оксигруппы в углеводородном радикале. В таблице 2 приведен список, формулы и температуры плавления кислот, наиболее часто встречающихся в составе жиров.

Таблица 2

Некоторые монокарбоновые кислоты, выделенные из природных жиров

Наименование и формула	Температура плавления, С	Кем и когда открыта
1	2	3
<i>Насыщенные кислоты</i>		
Масляная (C ₄ H ₈ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₂ -COOH	-5,3	Шеврале (1820)
Изовалериановая (C ₅ H ₁₀ O ₂) (CH ₃) ₂ -CH-CH ₂ -COOH	-51,0	Шеврале (1817)
Капроновая (C ₆ H ₁₂ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₄ -COOH	-4,0	Шеврале (1820)

Окончание табл. 2

1	2	3
Каприловая (C ₈ H ₁₆ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₆ -COOH	+ 16,0	Лерч (1844)
Каприновая (C ₁₀ H ₂₀ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₈ -COOH	+ 31,3	Шеврале (1820)
Лауриновая (C ₁₂ H ₂₄ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -COOH	+43,5	Марссон (1842)
Миристиновая (C ₁₄ H ₂₈ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₁₂ -COOH	+ 54,4	Плайфар (1841)
Пальмитиновая (C ₁₆ H ₃₂ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH	+ 62,9	Шеврале (1816)
Стеариновая (C ₁₈ H ₃₆ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH	+ 69,6	Шеврале (1816)
Арахидиновая (C ₂₀ H ₄₀ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₁₈ -COOH	+ 75,4	Гессман (1854)
Бегеновая (C ₂₂ H ₄₄ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₂₀ -COOH	+ 80,0	Фолкер (1848)
Лигноцериновая (C ₂₄ H ₄₈ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₂₂ -COOH	+ 84,2	Гелл и Герман (1880)
Церотиновая (C ₂₆ H ₅₂ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₂₄ -COOH	+ 87,7	Броди (1848)
<i>Ненасыщенные кислоты с одной двойной связью</i>		
Пальмитоолеиновая (C ₁₆ H ₃₀ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	цис- + 0,5 транс- + 31,0	Гофштадтер (1854)
Олеиновая (C ₁₈ H ₃₄ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	цис- +16,0	Шеврале (1815)
Эруковая (C ₂₂ H ₄₂ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₁₁ -COOH	цис- + 33,5 транс- + 60,0	Дерби (1849)
Нервоновая (C ₂₄ H ₄₆ O ₂) CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₁₃ -COOH	цис- + 40,5 транс- + 60,5	Цумото (1927)

Как видно из данных таблицы 2, в составе природных жиров вначале были найдены почти исключительно кислоты нормального строения с четным числом углеродных атомов в молекуле. Лишь изовалериановая кислота, обнаруженная в жире печени дельфина, имела нечетное число атомов углерода и разветвленную цепь.

В последнее время разработаны новые высокоэффективные методы разделения (тонкослойная и газовая хроматография) и установления структуры (инфракрасная спектрофотометрия) высших жирных кислот. В результате в составе натуральных жиров обнаружен ряд новых представителей высших жирных кислот – циклических, с нечетным числом атомов углерода и разветвленным углеродным скелетом. Последние, в частности, резко понижают температуру плавления жиров, обладают антибиотическими свойствами и видовой специфичностью.

Наиболее часто и в наибольшей пропорции в природных жирах встречается олеиновая кислота (в большинстве жиров ее более 30%), а также пальмитиновая кислота (от 15 до 50%). Поэтому олеиновую и пальмитиновую кислоты относят к категории главных жирных кислот, содержащихся в жирах. Остальные жирные кислоты присутствуют в природных жирах, как правило, в небольшом количестве (несколько процентов) и лишь в некоторых видах природных жиров их содержание измеряется десятками процентов. Так, масляная и капроновая кислоты хорошо представлены в некоторых жирах животного происхождения, а каприловая и каприновая кислоты – в кокосовом масле. Лауриновой кислоты много в лавровом масле, миристиновой – в масле мускатного ореха, арахиновой, бегеновой и лигноцериновой – в арахисовом и соевом маслах. Полиеновые высшие жирные кислоты – линолевая и линоленовая – составляют главную часть льняного, конопляного, подсолнечного, хлопкового и некоторых других растительных масел. Стеариновая кислота содержится в значительном количестве (25% и более) в некоторых твердых животных жирах (жир баранов и быков) и маслах тропических растений (кокосовое масло).

В природных жирах, представляющих собой смеси разнообразных триглицеридов, доля простых триглицеридов незначительна, тогда как процентное содержание смешанных триглицеридов может быть очень высоким. Так, из 8 различных триглицеридов, найденных в составе свиного сала, лишь 1% приходится на долю трипальмитина и 3% – триолеина. Остальные шесть триглицеридов свиного жира являются смешанными, из них преобладают пальмитодиолеин (53%) и пальмитостеароолеин (27%). В кокосовом и пальмовом маслах найдены стеародипальмитин, олеодипальмитин, миристоридипальмитин,

миристоридолаурин, пальмитодимиристин и лауродимиристин. Таким образом, природные жиры, выделенные из того или иного объекта, представляют всегда сложные смеси растворенных друг в друге разнообразных триглицеридов.

Физические свойства триглицеридов зависят от характера высших жирных кислот, входящих в состав их молекул. Особенно наглядной становится эта зависимость при рассмотрении температур плавления триглицеридов: если в составе триглицерида преобладают насыщенные (твердые) жирные кислоты, то и триглицерид твердый; если преобладают ненасыщенные (жидкие) кислоты, температура плавления триглицерида низкая и при обычных условиях он жидкий.

Такую же зависимость можно обнаружить у натуральных жиров: при наличии преимущественно насыщенных триглицеридов в составе жира температура плавления последнего высокая, ненасыщенных – низкая. Бараний жир, например, имеет температуру плавления примерно на 10°C выше, чем свиной, потому что в нем содержится на несколько процентов меньше пальмитодиолеина (46 и 53% соответственно) и больше олеодипальмитина (13 и 5% соответственно). Низкая температура плавления многих растительных масел находится в полном соответствии с весьма значительным содержанием непредельных кислот в составе их триглицеридов. Например, триглицериды жидкого при обычных условиях подсолнечного масла ($t_{\text{пл}} = -21^{\circ}\text{C}$) включают 39% олеиновой и 46% линолевой кислоты, тогда как твердое растительное масло бобов какао ($t_{\text{пл}} = 30-34^{\circ}\text{C}$) имеет в своем составе 35% пальмитиновой и 40% стеариновой кислот.

Триглицериды образуют оптические и геометрические изомеры, так как во многих случаях обладают асимметрическим углеродным атомом в остатке глицерина и одной или несколькими двойными связями в радикалах кислотных остатков. Многочисленные комбинации, которые могут осуществляться за счет перестановки ацильных группировок в смешанных триглицеридах, дают начало семействам структурных изомеров. Характерно, что непредельные высшие жирные кислоты в триглицеридах находятся, как правило, в цис-конфигурации, что сказывается на форме молекулы.

Таким образом, в природе потенциально может существовать громадное число индивидуальных триглицеридов, чем обеспечивается их видовая и иная специфичность. Как обстоит дело в действительности неизвестно: проблема пространственной изомерии и видовой специфичности жиров почти не изучена.

5.3. Воски

Воски – группа простых липидов, являющихся сложными эфирами высших спиртов и высших монокарбоновых кислот. Натуральные воски кроме упомянутых сложных эфиров содержат некоторое количество свободных высших спиртов и высших кислот, а также немного углеводов всегда с нечетным числом углеродных атомов (от 27 до 33), красящих и душистых веществ. Общее количество этих примесей может достигать 50%. Воски встречаются как в животном, так и в растительном царстве, где выполняют главным образом защитные функции. Так, в растениях они покрывают тонким слоем листья, стебли и плоды, предохраняя их от смачивания водой и проникновения микроорганизмов. От качества воскового покрытия зависят, в частности, сроки хранения фруктов. Под покровом из пчелиного воска хранится мед и развиваются личинки пчелы. Другие виды животного воска (ланолин) предохраняют волосы и кожу от действия воды. Все воски представляют собой твердые вещества разнообразной окраски – чаще всего желтой или зеленоватой (в зависимости от происхождения); температура их плавления – от 30 до 90° С. В составе восков найдены как в свободном состоянии, так и в виде сложных эфиров несколько десятков высших жирных кислот и спиртов. Вот некоторые из них:

<i>Кислоты</i>		<i>Источник</i>
Пальмитиновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	Пчелиный воск, спермацет Воск пальмы
Лигноцериновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{22}-\text{COOH}$	
Церотиновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{24}-\text{COOH}$	Пчелиный воск, воск листьев и фруктов
Монтановая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{26}-\text{COOH}$	
Мелиссиновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{28}-\text{COOH}$	
Лацериновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{30}-\text{COOH}$	
<i>Спирты</i>		
Цетиловый	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_2\text{OH}$	Спермацет
Цериловый	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{24}-\text{CH}_2\text{OH}$	Пчелиный воск
Монтановый	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{26}-\text{CH}_2\text{OH}$	Пчелиный воск, воск листьев и фруктов
Мирициловый	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{28}-\text{CH}_2\text{OH}$	

В пчелином воске и воске, покрывающем поверхность листьев растений и фруктов, найдены спирты и кислоты с 32 и 34 атомами углерода в молекуле. Один из видов японского воска содержит в своем

составе дикарбоновые высшие кислоты. В составе рыбьего и китового жира обнаружены непредельные высшие спирты – олеиловый и др. Непредельные кислоты в восках встречаются сравнительно редко.

Воск пальмы *Copernicia cerifera*, произрастающей в Бразилии, называемый карнаубским воском, является в основном церотиново-мирициловым эфиром: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{24}-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_{28}-\text{CH}_3$. Карнаубский воск – вещество желтовато-серого цвета, покрывающее листья пальмы. Он защищает растение от потери влаги.

Экстракцией органическими растворителями бурого угля или торфа удается выделить монтанный воск, в состав которого входят монтановая кислота и ее эфиры ($t_{\text{пл}} = 72-74^\circ\text{C}$).

Воски более устойчивы к действию света, окислителей, нагреванию и другим физическим воздействиям, а также хуже гидролизуются, чем жиры. Известны случаи, когда пчелиный воск сохранялся тысячелетиями. Именно поэтому воски выполняют в организме защитные функции.

5.4. Сложные липиды

Фосфолипиды. Фосфолипиды – сложные эфиры многоатомных спиртов с высшими жирными кислотами, содержащие остатки фосфорной кислоты и связанные с нею добавочные группировки (азотистые основания, аминокислоты, глицерин, инозит и др.).

Из многоатомных спиртов в составе различных фосфолипидов найдено три: глицерин, миоинозит и сфингозин.

В соответствии с этим фосфолипиды делят на три группы: глицерофосфолипиды, инозитфосфолипиды и сфингофосфолипиды. Глицерофосфолипиды часто называют фосфагидами, так как их можно рассматривать как производные фосфатидной кислоты, а инозитфосфолипиды – фосфоинозитами.

В качестве высших жирных кислот в молекулах фосфолипидов содержатся пальмитиновая, стеариновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты, а также лигноцериновая, нервоновая и др.

В зависимости от типа фосфолипида в построении его молекулы принимают участие один или два остатка высшей жирной кислоты. Фосфорная же кислота входит, как правило, в состав фосфолипидов в количестве одной молекулы.

Лишь некоторые виды инозитфосфолипидов содержат два и более остатка фосфорной кислоты.

Азотсодержащие составляющие фосфолипидов разнообразны. Наиболее часто встречаются этаноламин, холин и серин. Из химического строения фосфолипидов ясно, что в их молекулах есть участки, способные диаметрально противоположно взаимодействовать с молекулами растворителя.

Углеродородный радикал остатка (или остатков) высших жирных кислот формирует лиофобную часть, а остатки фосфорной кислоты и азотистого основания, способные ионизироваться, – лиофильную. Благодаря этой особенности фосфолипиды, видимо, участвуют в обеспечении односторонней проницаемости мембран субклеточных структур.

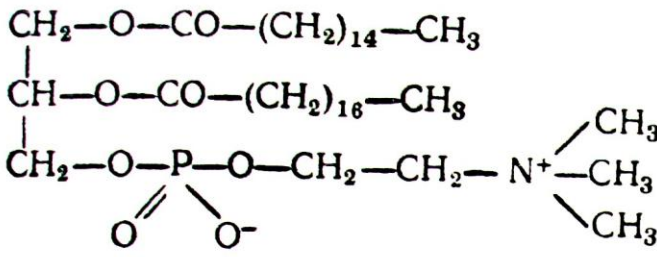
Фосфолипиды – твердые вещества жироподобного вида; они бесцветны, но быстро темнеют на воздухе вследствие окисления по двойным связям входящих в их состав непредельных кислот. Хорошо растворяются в бензоле, хлороформе и т.п. Растворимость в спирте, ацетоне и серном эфире у разных групп фосфолипидов различна. В воде они нерастворимы, но могут образовывать стойкие эмульсии, а в некоторых случаях – коллоидные растворы.

Фосфолипиды найдены в животных и растительных организмах, но особенно много содержит их нервная ткань человека и позвоночных животных. У беспозвоночных содержание фосфолипидов в нервной системе в 2-3 раза ниже. Много фосфолипидов в семенах растений, сердце и печени животных, яйцах птиц и т.п. Специфическими фосфолипидами обладают микроорганизмы.

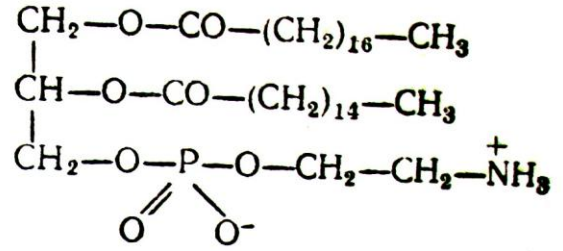
Фосфолипиды легко образуют комплексы с белками и в виде фосфолипопротеинов присутствуют во всех клетках живых существ, участвуя главным образом в формировании клеточной оболочки и внутриклеточных мембран.

Глицерофосфолипиды, или фосфатиды, – сложные эфиры глицерина, высших жирных кислот, фосфорной кислоты и азотистого основания. Их рассматривают как производные фосфатидной кислоты, откуда и происходит само название этой группы фосфолипидов.

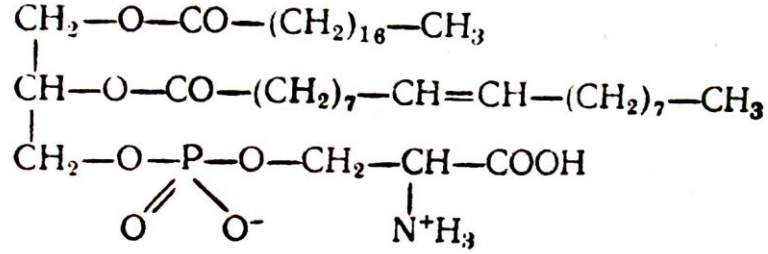
В зависимости от характера азотистого основания среди фосфатидов различают фосфатидилхолин (лецитины), фосфатидилколамин (кефалины), фосфатидилсерин и фосфатидилтреонин:



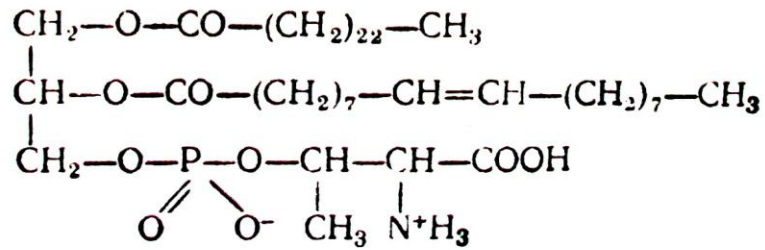
Лецитин (фосфатидилхолин)



Кефалин (фосфатидилколагин)



Фосфатидилсерин



Фосфатидилтреонин

Из них лецитины наиболее распространены в природе. Наличие в лецитинах холина в качестве азотистого основания впервые было установлено К.С. Дьяконовым (1867).

Обладая асимметрическим строением (2-й углеродный атом остатка глицерина всегда асимметричен), фосфатиды оптически активны и образуют соответствующие стереоизомеры. Вместе с тем им свойственна изомерия за счет перестановки остатков высших жирных кислот из α - в β -положение или наоборот.

6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ВЛАГА И КИСЛОТНОСТЬ ЗЕРНА

6.1. Минеральные вещества зерна

Зерно высушенное, не содержащее влагу, состоит из элементов двух групп. На долю первой группы приходится примерно (%): углерода – 45, кислорода – 42; водорода – 6,5; азота – 1,5, итого 95-98%. Остальную часть сухих веществ (2-5%) составляют другие минеральные элементы, образующие после сжигания зерна золу. Качественный состав и содержание этих элементов в зерне сильно варьируют в зависимости от различных условий. Исходя из количественного содержания минеральных элементов в тканях зерна, их принято делить на следующие подгруппы (% к массе золы):

1) макроэлементы объединяют элементы, содержание которых колеблется от десятков до сотых долей процента (10^{-1} - 10^{-2}). К ним относятся следующие элементы: P, K, Mg, Na, Fe, S, Al, Si, Ca;

2) микроэлементы объединяют элементы, содержание которых колеблется от тысячных до сотысячных долей процента (10^{-3} - 10^{-5}). К этой группе относятся Mn, B, Sr, Cu, Zn, Ba, Ti, Li, I, Br, Mo, Co и др.;

3) ультрамикроэлементы объединяют элементы, содержание которых исчисляется миллионными долями (10^{-8}) процента и меньше: Cs, Se, Cd, Hg, Ag, Au, Ra.

Содержание минеральных веществ определяют, сжигая навеску зерна или муки при температуре 650-850 °С. Массу золы, выраженную в процентах к исходной массе зерна, называют *зольностью зерна*. Величина зольности и качественный состав золы сильно изменяются в зависимости от вида, сорта и почвенно-климатических условий выращивания зерна. Минеральные вещества в состав золы за редким исключением входят в виде окислов.

В золе пшеницы и ржи преобладают фосфор, калий и магний. На фосфор приходится около половины всей золы, на калий – около 1/3 и на магний – 12-13%. В пленчатых культурах резко возрастает доля кремния в результате его высокого содержания в лузге. В семенах бобовых содержание фосфора меньше, чем в злаковых, доля железа возрастает примерно вдвое. Химический состав золы семян масличных по культурам заметно различается. Зола подсолнечника богата не только фосфором, но и калием, магнием, кальцием. Зола семян хлопчатника и особенно сои, содержит повышенное

количество калия. В золе зерна и семян содержится также большое число микроэлементов.

Зола образуется главным образом из разных органических соединений, в состав которых входят те или иные элементы, превращающиеся при сжигании в золу. Ниже излагается значение отдельных элементов для растения.

Макроэлементы. Фосфор. Разнообразные фосфорорганические соединения, встречающиеся в растительной ткани, характеризуются одной общей чертой – все они содержат фосфор только в окисленной форме. В растении фосфорная кислота распределена крайне неравномерно. Наиболее богаты его репродуктивные органы (в семенах в 5-10 раз выше, чем в вегетативных органах). Роль фосфора в обмене веществ растения определяется в первую очередь тем, что он входит в состав нуклеопротеидов, которыми в особенности богаты клеточные ядра, зародыши семян и другие важные органы и части растения. Важнейшую роль играет фосфорная кислота в процессе дыхания и фотосинтеза, поскольку она участвует в построении образующегося при дыхании и фотосинтезе аденозинтрифосфата (АТФ), являющегося источником энергии для различных процессов обмена веществ.

Сера. Входит в состав белков в виде аминокислот метионина, цистеина и является составной частью глутатиона. Ассимиляция серы растением выражается в восстановлении поглощенных сульфатов и синтезе аминокислот и белков. Этот процесс особенно выражен в созревающих семенах. Исключительно высокая активность и важная роль кофермента А (КоА) в обмене веществ обусловлены его –SH-группой.

Калий и натрий. При большом сходстве их химических свойств в физиологическом отношении эти элементы различны. Если большое значение калия для нормального существования и развития растений очевидно, то о значении натрия до последнего времени определенной точки зрения нет. Натрий обычно не относят к числу необходимых элементов. Калий повышает гидрофильность протоплазмы и увеличивает ее водоудерживающую способность. Повышенная оводненность коллоидов благоприятствует сохранению нормального состояния протоплазменных структур, нормальной проницаемости мембран, обеспечивает благоприятные условия для развертывания в клетке синтетических процессов.

Кальций. Ему принадлежит важная и разносторонняя роль в обмене веществ растения. Кальций – необходимая составная часть протоплазмальных структур. Наряду с магнием он входит в состав различных субклеточных структур. Соединения кальция с пектиновыми веществами (Са-пектаты) составляют основу так называемых срединных пластинок, склеивающих стенки отдельных клеток. Кальций стабилизирует вторичную и третичную структуру молекулы α -амилазы, обеспечивая таким образом ее каталитическую активность и одновременно предохраняя фермент от действия протеолитических ферментов.

Магний. Участвует в построении молекулы хлорофилла. Ему принадлежит также существенная роль в обмене веществ клетки, поскольку он является кофактором, необходимым для действия многих ферментов. Структурная организация рибосом зависит от концентрации в них магния. Рибосомы содержат заметное количество магния.

Железо. Без железа не происходит образования хлорофилла, хотя оно и отсутствует в его молекуле. Железо входит в состав ряда дыхательных ферментов – цитохромоксидазы, каталазы и пероксидазы. Оно входит в состав так называемых негеминовых железопротеинов, участвующих в процессе дыхания, фотосинтеза и фиксации молекулярного азота.

Железо – одно из наиболее важных веществ в составе пищи человека. Входит в состав красного дыхательного пигмента – гемоглобина, который переносит кислород от легких к тканям тела и углекислый газ от них к дыхательным органам.

Азотфиксирующие бактерии, живущие в клубеньках на корнях бобовых растений, не могут существовать без железа. Оно входит в состав особого белка, аналогичного гемоглобину крови и называемого леоглобином. В клубеньках бобовых содержится около 4% леоглобина, включающего 0,34% железа.

Микроэлементы. Доказано, что нормальная жизнедеятельность растительного организма возможна лишь при условии полной его обеспеченности микроэлементами. При недостатке в почве того или иного микроэлемента у растения возникают серьезные нарушения обмена веществ, и оно может погибнуть. Ряд микроэлементов – коферменты многих ферментов: железо, медь, молибден, марганец, цинк, магний и кобальт.

Зерно и продукты его переработки – один из важных источников поступления минеральных элементов с пищей в организм человека, прежде всего фосфора, калия, магния, кальция, серы и железа. Минеральные вещества по зерну распределены неравномерно.

Состав золы по отдельным частям зерна также неоднороден. В клейковине содержание минеральных веществ иное, чем в зерне, из которого она отмыта.

При отмывании клейковины некоторые минеральные вещества в ней концентрируются (P, Mg, S). Особое место занимает калий. Он отличается повышенной прочностью связи с неклеяковыми веществами зерна и при отмывании почти весь остается в зерновых остатках. Общая зольность клейковины по сравнению с зерном увеличивается. В клейковине значительно больше, чем в зерне, железа, цинка и меди. Если в золе зерна пшеницы железа 0,26%, то в золе клейковины 1,90%.

Содержание и состав золы клейковины в зависимости от сорта, почвы и удобрений сильно изменяются. Много калия в золе водорастворимых веществ – почти в три раза больше, чем в золе крахмала, и в шесть раз больше, чем в золе клейковины.

Минеральные вещества в семенах бобовых культур распределены различно.

У семян гороха зольность ростков значительно превышает зольность оболочек. У фасоли минеральные вещества распределены по частям семени более или менее равномерно. Распределение минеральных веществ в семени чечевицы прямо противоположно тому, что наблюдается в семени гороха: зольность оболочек выше зольности ростков и семени в целом.

Семена масличных культур содержат значительные количества минеральных веществ с неравномерным распределением их по частям семени. В отличие от злаковых в семенах масличных культур в большинстве случаев в ядре содержится больше минеральных веществ, чем в оболочках.

Большие различия в зольности отдельных частей зерна используют для контроля выхода по сортам и качества пшеничной муки. Поскольку зольность оболочек зерна пшеницы в 20 с лишним раз больше зольности эндосперма, то по зольности пшеничной муки можно судить о количестве периферийных частиц и зародыша, перешедших в муку.

В недавнем прошлом наличие клетчатки и гемицеллюлоз в сортовой муке признавали нежелательным, считая их не усваиваемыми человеческим организмом. По современным представлениям эти вещества входят в состав пищевых волокон, играющих значительную полезную роль в пищеварении. Поэтому зольность следует рассматривать относительным показателем выходов сортовой муки и мерой внесения зерновыми продуктами в пищевые продукты минеральных веществ.

Стандартами установлены нормы зольности для каждого сорта муки: если зольность выше нормы, мука считается нестандартной.

Если в зольности целого зерна пшеницы и ржи существенных различий нет, то зольность эндосперма и зародыша зерна ржи в среднем выше, чем у пшеницы, зольность семенных оболочек, а также суммарно оболочек с алейроновым слоем, наоборот, в зерне пшеницы более высокая, чем в зерне ржи. Зольность эндосперма и зародыша зерна пшеницы и ржи изменяется в более широких пределах, чем зольность остальных его частей, при наибольшем диапазоне колебаний у зерна пшеницы.

В целом зольность зерна ржи и его составных частей изменяется в более узких границах по сравнению с пшеницей. Наблюдаются колебания в зольности зерна пшеницы твердой и мягкой. Зольность эндосперма у твердой пшеницы часто выше, чем у мягкой пшеницы, а зольность оболочек с алейроновым слоем обычно меньше, чем у твердой пшеницы.

Анализ зерна из 19 стран показал, что зольность зерна пшеницы изменяется от 1,44 до 1,91% и эндосперма – от 0,26 до 0,47%. Различия в зольности выявлены в пределах самого эндосперма. Из общего количества минеральных веществ около 1/4 находится в эндосперме, около 1/10 – в зародыше со щитком и более 2/3 – в оболочках с алейроновым слоем.

Золообразующие элементы по эндосперму распределяются также весьма неравномерно. Если его внутренние слои имеют самую низкую зольность, то по мере приближения к периферийным слоям зольность нарастает и в слое, прилегающем к алейроновому, увеличивается в 3-5 раз. Сосредоточение наибольшего количества минеральных веществ в алейроновом слое свидетельствует о том, что зольность муки в решающей степени зависит от его количества, перешедшего в готовую продукцию.

Материалы о зольности составных частей зерна показывают, что высокая зольность зерна не может служить показателем пониженного содержания эндосперма, а низкая зольность зерна еще не гарантирует высокого содержания в нем эндосперма.

Белок в эндосперме распределяется с той же закономерностью, как и зольность: периферийные слои содержат больше белка и имеют зольность выше, чем внутренние слои. Были попытки установить зависимость между содержанием белка и зольностью эндосперма. Фракции с большим содержанием белка всегда имеют большую зольность, чем исходная мука. Если разделить муку воздушной струей на две фракции, то для каждой фракции можно найти линейную зависимость между зольностью и содержанием белка. Однако нельзя утверждать, что пшеница, бедная белком, всегда дает муку с пониженной зольностью, так как общий уровень зольности и содержания белка в эндосперме варьируются независимо друг от друга.

Некоторая зависимость между содержанием белка и зольностью зерна существует только для пшеницы данного района, выращенной при определенных одинаковых почвенно-климатических условиях. Для пшеницы различных районов произрастания такой зависимости не существует. Неудобство использования показателя зольности для оценки качества муки (чем выше зольность, тем ниже качество) заключается и в том, что минеральные вещества зерна пшеницы – сами по себе ценные питательные вещества, необходимые для человеческого организма.

Соотношение зольности эндосперма и оболочек зерна пшеницы и ржи имели большое практическое значение. Зольность оболочек с алейроновым слоем пшеницы в 20 раз и ржи более, чем в 10 раз превышает зольность эндосперма. Превышение зольности муки над зольностью эндосперма позволяло количественно судить о величине оболочек зерна, перешедших в муку, и поэтому показателю классифицировать ее по сортам.

Долгие годы зольность зерна и зольность получаемой сортовой муки были базой режимов помола мельзаводов и основанием их рентабельности. Складывающиеся фенотипы зерна пшеницы и ржи не гарантировали устойчивости близости фактического качества готовой продукции стандартным нормам. Не имея других, более совершенных и обоснованных норм выходов и качества сортовой

муки, мельзаводам приходилось действующие нормы муки по зольности считать относительными и ими руководствоваться. В нашей стране и за рубежом проводились обширные исследования по замене показателя зольности пшеничной муки по фотометрическим свойствам зерна и его частей. ВНИИЗом разработан и предложен экспрессный метод – показатель белизны муки, основанный на значительном различии фотометрических признаков эндосперма и отрубянистых частиц зерна по коэффициенту отражения. Создан прибор для определения белизны муки СКИБ-м (сканирующий прибор для определения белизны муки). Утвержден стандарт ГОСТ 26361-84 «Метод определения белизны».

Прибор для определения белизны широко внедрен. Его применение проходит переходный период: часть мельзаводов по-прежнему используют показатель зольности.

Токсичные элементы. Научно-техническая революция наряду с положительными и жизненно необходимыми результатами влечет за собой и отрицательные последствия, связанные в первую очередь с загрязнением окружающей среды, прежде всего тяжелыми металлами. В основном они поступают в организм человека (до 70%) с пищевыми продуктами, в том числе с зернопродуктами. Источниками загрязнения атмосферы, почвы и растительности тяжелыми металлами и другими токсическими элементами служат выбросы металлургических, горнодобывающих и химических предприятий, продукты сгорания топлива, ядохимикаты, минеральные удобрения и сточные воды.

На интенсивных автомагистралях страны выхлопные газы, содержащие значительное количество свинца, увеличивают содержание этого элемента в зерне на расстоянии до 200 м от дороги даже при наличии лесозащитной полосы. Накопление тяжелых металлов и других токсичных элементов в почве приводит к повышению их концентрации в растениях, в том числе в зерне.

Объединенная комиссия ФАО и ВОЗ по Пищевому кодексу включила в число обязательных компонентов пищевых продуктов, подвергаемых контролю при международной торговле, 8 наиболее опасных токсичных элементов: ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, олово, цинк и железо. Это не значит, что другие элементы являются безвредными. Многие из них в определенных концентрациях могут

представлять опасность для здоровья человека. В нашей стране, где забота о здоровье человека – государственная проблема, список содержащихся в пищевых продуктах элементов, подлежащих гигиеническому контролю, увеличен до 15, в него добавлены сурьма, никель, селен, хром, алюминий, фтор и йод. Особенно тщательному контролю подвергают продукты детского и диетического питания.

Одним из источников токсинов в зерне можно быть извлечение зерном из почвы нитратов в период его выращивания. При самосогревании создаются благоприятные условия для развития на зерне токсигенных грибов, хранения и загрязнения его микотоксинами, в первую очередь наиболее канцерогенными и ядовитыми из них – афлатоксинами. Наиболее реальным путем загрязнения зерна микотоксинами является образование их в поле при созревании зерновых культур, пораженных токсигенными грибами (фузарии, спорынья и др.). Фузарии могут накапливать при развитии на зерне дезоксиниваленол (ДОН), зеараленон (Зл), ниваленон (НИВ), токсин Т-2 и их производных, а также другие токсины. Токсичные элементы могут накапливаться в зерне в результате разрушений при обработке растений в поле гербицидами, средствами борьбы с вредителями и болезнями, хлебных растений. То же самое возможно с обработкой зерновых запасов фумигантами (хлорпикрином, фосфином и др.) с целью борьбы с вредителями при хранении.

Настораживает тот факт, что за последние десять лет содержание токсичных элементов в продуктах питания возросло в 2-3 раза. Определено их фоновое содержание в зерне пшеницы (мг/кг): меди – 3,5-6,5, цинка – 18-61, свинца и кадмия – 0,02-2,00 мышьяка – не более 0,05, ртути – не более 0,025. Выявлено влияние района выращивания на содержание меди и цинка в зерне пшеницы.

При переработке зерна пшеницы в муку наблюдается перераспределение токсичных элементов. В муке высшего сорта содержание меди, цинка, свинца и кадмия снижается в 2-4 раза по сравнению с исходным зерном. Максимальное содержание токсичных элементов в отрубях: меди 19,0 мг/кг, цинка 160 (в зародыше), свинца 1,16, кадмия 0,178 мг/кг.

6.2. Влага и кислотность зерна

При формировании зерна в колосе, его хранении и переработке вода выполняет многие функции с изменяющейся интенсивностью и глубиной воздействия на зерно, как в целом, так и на его отдельные части. Таким образом, вода:

растворитель большинства органических и неорганических соединений в зерне;

среда, в которой реализуются почти все физико-химические и биохимические процессы;

активный участник этих процессов;

активатор ферментных процессов;

составная часть природных полимеров и большинства других органических соединений;

обязательное условие и транспортный агент при переносе веществ зерна через все виды мембран, передвижения их в пределах клетки и в межклеточном пространстве, а также между тканями хлебного растения, зерна и семян.

Для каждой из этих функций характерен свой механизм, количественная мера и свое биологическое значение. Во-первых, состояние и влияние на качественно-технологическое достоинство по физическим показателям: морфолого-анатомические признаки, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, прочность и твердость, аэродинамические особенности. Во-вторых, биохимические процессы зерна: ферментативная активность дыхания, всхожесть и энергия прорастания, развитие микрофлоры.

Влага в зерне имеет большое значение для его качественной оценки, хранения. Хранение зерна и все виды его переработки теснейшим образом связаны с содержанием влаги. Она – важнейший фактор сохранности зерна. Влага обеспечивает структуру коллоидов цитоплазмы, определяет конформацию и функциональную активность ферментов, а также структурных белков клеточных мембран и органоидов.

Увлажнение изменяет физические свойства зерна, снижает сопротивление раздавливанию, повышает эластичность оболочек. При высокой влажности затрудняется дробление, повышаются затраты электроэнергии, снижается выход готовой продукции, снижается ее качество. Сушку – важнейший способ обработки зерна

при хранении и переработке его в муку, крупу и другие продукты – организуют с учетом содержания влаги в зерне. Развитие микроорганизмов, а также клещей, насекомых и других вредителей, жизнедеятельность которых приводит к большим потерям зерна, связано с содержанием влаги в зерне.

Увлажнение вызывает или ускоряет многие физико-химические и биологические процессы (набухание, гидролитическое расщепление высокомолекулярных веществ, дыхание), усложняющие хранение и переработку зерна. Если не принять необходимых мер, эти процессы приводят к ухудшению качества зерна и даже к полной его порче. Влага на разных этапах биохимических превращений в зерне обладает неодинаковой реакционной способностью. Различная степень готовности влаги вступать в те или иные биохимические реакции – следствие разной величины прочности ее связи с тканями зерна. Если в сухом зерне эти процессы выражены настолько слабо, что практически с ними при хранении и переработке можно не считаться, то при увлажнении они становятся решающими для технологического достоинства и качества зерна.

С повышением влажности зерна активность ферментов возрастает. Чем больше влаги, тем менее прочно она связана с сухими веществами зерна и тем легче протекают ферментативные реакции. Влага в зерне – могучий фактор всех биологических и физико-химических процессов, а также технологического достоинства зерна.

Форма и виды связи влаги с сухими веществами зерновки, распределение по отдельным ее тканям и частям оказывают решающее влияние на состояние зерна, весь комплекс процессов, происходящих в нем, сохранность, переработку и пищевое достоинство. В основе современных представлений о формах и видах связи влаги с материалом лежит предложенный П.А. Ребиндером термодинамический принцип – величина энергии этой связи, развитый Е.Д. Казаковым применительно к живым растительным тканям с учетом роли воды в жизнедеятельности клетки. При работе с зерном обычно учитывают равновесную, гигроскопическую и критическую влажность. Различают также влагу свободную и связанную.

Под *свободной* понимают влагу, отличающуюся невысокой энергией связи с тканями зерна, легко из него удаляемую. Наличие

свободной влаги обуславливает значительную интенсивность дыхания и других биохимических процессов, приводящих к быстрой порче зерна при хранении и ухудшающих его физико-механические свойства.

Под *связанной* понимают влагу, характеризующуюся высокой энергией связи с тканями зерна, при которой все процессы в зерне затухают и оно становится стойким при хранении. Связанная влага имеет ряд особенностей: по сравнению с капельно-жидкой водой у нее более низкая температура замерзания; теплоемкость меньше; пониженная упругость пара; большая теплота испарения; резко уменьшенная способность растворять твердые вещества. Удалить всю связанную влагу невозможно, так как это сопряжено с разрушением тканей зерна.

Влажность зерна, определяемая приборами, которая входит в стандарты, представляет собой содержание физически связанной с тканями зерна влаги, удаляемой в конкретных условиях ее определения. В нее входит вся свободная влага и часть связанной. Влажность, ниже которой биохимические процессы в зерне резко ослабляются, а выше которой начинают бурно нарастать, называют критической. Это состояние зерна, при котором появляется свободная вода, т.е. вода с пониженной энергией связи, обеспечивающей интенсификацию ферментативных процессов. Для зерна основных злаковых культур критическая влажность находится в пределах 14,5-15,5%. Для семян масличных культур она значительно меньше в связи с большим содержанием липидов.

Гигроскопическая влага – это влага, поглощенная (сорбированная) зерном из воздуха. Равновесная влага – это влага, содержащаяся в зерне в таком количестве, которое соответствует данному сочетанию относительной влажности и температуры воздуха.

Если поместить зерно в замкнутое пространство, в котором создана определенная относительная влажность воздуха (например, 85%), то сухое зерно будет поглощать водяные пары и увлажняться. Наступает состояние, когда зерно перестает сорбировать влагу и его влажность будет равна влажности окружающего воздуха. Если поместить влажное зерно в сухой воздух, оно будет подсыхать до тех пор, пока влажность зерна не придет в равновесие с влажностью

воздуха. Влажность зерна, соответствующая состоянию равновесия, называют равновесной.

При равновесном влагосодержании упругость паров в капиллярах зерна равна упругости в окружающем воздухе. Количество гигроскопической и равновесной влаги зависит от ряда условий, из которых основные: химический состав и физическая структура зерна; способ достижения равновесия (увлажнение или высушивание); величина исходной влажности и характер предварительных воздействий на зерно (многократность увлажнения и высушивания, механические повреждения); степень зрелости зерна и т.д.

На величину равновесной влажности оказывает влияние температура: при одной и той же относительной влажности воздуха более высокой температуре отвечает более низкая равновесная влажность зерна, и, наоборот, сниженная температура приводит к повышению равновесной влажности зерна. Мелкое зерно при равных условиях быстрее и больше поглощает гигроскопической влаги, чем крупное. Это объясняется тем, что мелкое зерно имеет большую относительную поверхность, чем крупное.

Зерно с большим содержанием белка поглощает больше водяных паров, хотя и ненамного. Резко различающиеся пробы по содержанию белка зерна пшеницы имели разницу по влажности не более 0,7%. Воздействие температуры наружного воздуха на зерновую насыпь проявляется постепенно и сопровождается ослаблением – «затуханием» по мере проникновения в глубь зерновой насыпи. Колебания температуры воздуха образуют температурные волны: суточные – от более низкой температуры (минимум) ночью к более высокой температуре (максимум) днем и годовые – от зимнего минимума к летнему максимуму с соответствующим изменением относительной влажности воздуха и его влиянием на равновесную влажность зерна.

Относительная влажность воздуха и его температура влияют на равновесную влажность зерна и в поле. В утренние часы уборки урожая зерно более влажное, чем собранное в дневные часы.

В производственных условиях хранения зерна наблюдается явление термовлагопроводности – перемещения влаги, вызванного градиентом температуры. В этих условиях влага перемещается из мест более нагретых по направлению к слоям или участкам зерновой

массы более холодным. Одновременно влажность отдельных участков зерна в том же направлении изменяется под влиянием конвективных потоков воздуха, несущих с собой пары влаги.

При хранении и переработке зерна его часто увлажняют капельно-жидкой влагой, что приводит к весьма важным изменениям (например, при гидротермической обработке при подготовке зерна к помолу). Поглощение зерном капельно-жидкой влаги изучалось многими исследователями. В поглощении влаги участвует вся поверхность зерна, поглощение происходит с неодинаковой интенсивностью. В наибольшем количестве влага поглощается зародышем и в наименьшем – бороздкой.

Эндосперм поглощает воду неравномерно: наиболее энергично спинная часть и в наименьшей степени со стороны хохолковой части. На скорость поглощения воды зерном большое внимание оказывает температура. Интенсивность поглощения воды зерном при его увлажнении увеличивается с повышением температуры, в особенности свыше 40 °С.

Процесс набухания зерна, относящегося к капиллярно-пористым телам, имеет свои особенности, вытекающие из его биологической природы и усложняющие поведение воды при ее проникании в ткани зерна. Поглощение влаги вначале происходит с выделением тепла и контракцией системы в результате присоединения адсорбционной воды. Затем присоединение воды идет путем осмотического проникания ее внутрь замкнутых ячеек капиллярно-пористого тела без выделения тепла и контракции системы. Вода в клетки тканей зерна проникает не только под влиянием физических законов, но и биологических сил, проявляющихся в действии тонких клеточных механизмов, регулирующих поступление воды внутрь и выведение ее за пределы клетки. Наконец, поглощенная вода включается в биологический обмен веществ в клетке, ведущий к динамическому изменению физических, химических и технологических свойств зерна.

Большая часть веществ, входящих в состав зерна, способна к ограниченному набуханию в воде. К ним относят: большинство белковых веществ, крахмал, клетчатку, пентозаны, слизи и другие высокомолекулярные углеводы. Не набухают в воде и не растворяются в ней гидрофобные вещества – жиры и другие липиды, растворимые в жирах пигменты, каротиноиды, хлорофилл,

жирорастворимые витамины и др. Часть веществ зерна растворяются в воде (сахара, свободные аминокислоты, фосфаты, большинство левулезанов и др.). Белковые вещества, набухая, могут поглотить воды до 250% и более, крахмал – 30-35, слизи – до 800%. Вещества, способные к набуханию в воде, составляют в зерне пшеницы 80-85%, ржи – 72-75%.

В состав зерна входят вещества, которые в водных растворах диссоциируют с образованием ионов водорода и гидроксила. Таким образом, зерно способно связывать кислоту и щелочь.

Способность связывать щелочь зависит: от белков, которые содержат карбоксильные группы, связывающие щелочь; от жирных кислот, которые освобождаются в результате расщепления жиров под действием триацилглицерол-липазы; от фосфорной кислоты, которая в виде различных соединений содержится в зерне в значительном количестве; от уксусной, молочной, яблочной и других органических кислот, обычно содержащихся в зерне и муке в незначительном количестве. Наибольшее количество щелочи связывают белки и неорганические фосфаты.

Кислоту связывают в основном белковые вещества и фосфаты. Фосфаты играют заметную роль в кислотности зерна. Соединения кислого характера несколько преобладают, поэтому водные вытяжки (например, из зерна пшеницы и пшеничной муки) имеют слабокислую реакцию (рН 6).

Для оценки кислотности зерна обычно не применяют определение активной кислотности вследствие большой буферной способности веществ, входящих в состав зерна, в связи с чем концентрации водородных ионов суспензий или водных вытяжек изменяются в узких границах и не отражают истинного качества зерна.

Качество зерна более полно характеризуется показателями так называемой титруемой кислотности. Она измеряется градусами кислотности.

Градус кислотности равен одному миллилитру нормальной щелочи, пошедшей на нейтрализацию 100 г размолотого зерна (муки).

Для определения кислотности зерна применяют водную болтушку (суспензию) размолотого зерна, а также водную, спиртовую и эфирную вытяжки.

Если водная болтушка позволяет определять суммарную кислотность с учетом всех связывающих щелочь веществ, то титрованием вытяжек устанавливается только та часть этих веществ, которая способна перейти в тот или иной растворитель.

Несмотря на некоторые недостатки (трудность установления окончания титрования, частичное адсорбирование щелочи поверхностью твердых частиц суспензии), для производственного контроля качества зерна и готовой продукции наиболее приемлемым оказалось титрование водной болтушки. Нормальное, созревшее здоровое зерно пшеницы имеет кислотность по болтушке не более 3°.

Большинство биохимических процессов в зерне, муке и крупе при хранении сопровождается накоплением кислых продуктов.

В результате самосогревания или прокисания зерна, муки и крупы значительно увеличивается содержание уксусной и молочной кислот.

После размола или при порче зерна начинается гидролиз жира под влиянием триацилглицерол-липазы. В результате накапливаются свободные жирные кислоты. Они частично растворяются в воде, вступают в реакцию со щелочными фосфатами и переводят их в кислые фосфаты. Свободные жирные кислоты и появившиеся кислые фосфаты повышают концентрацию водородных ионов – размолотое зерно (мука) становится более кислым.

Очень чувствительным показателем свежести муки и крупы является кислотность спиртовой и эфирной вытяжек, так как в них переходят жирные кислоты, отщепляющиеся при гидролизе жира.

Значительным источником кислотности зерна и продуктов его переработки являются фосфатиды и фитин, выделяющие под воздействием ферментов фосфорную кислоту.

По величине кислотности можно судить о степени свежести зерна и муки.

Установлено, что после 11 лет хранения зерна пшеницы имели кислотность 4,1°, а зерна ржи после 14 лет хранения – 5,7°. Из обеих партии зерна изготовлен хлеб удовлетворительного качества. Надо отметить, что один показатель кислотности недостаточен для оценки качества зерна.

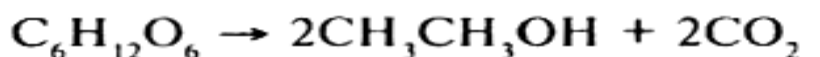
7. ДЫХАНИЕ ЗЕРНА

7.1. Изменения в зерновой массе, вызываемые интенсивностью дыхания

Жизнь любого организма связана с постоянной затратой энергии для разнообразных биохимических процессов в организме, роста и развития, обмена веществ. Важнейшим источником энергии у высших растений является процесс дыхания. В зависимости от того, в каких условиях находится зерно, в нем могут происходить два вида дыхания: аэробное и анаэробное (брожение). Если доступ воздуха достаточен, в зерне происходит процесс аэробного дыхания. Если зерно хранится без доступа воздуха, в нем происходит процесс брожения. Суммарное уравнение аэробного дыхания зерна представлено ниже.



Кроме CO_2 и H_2O при дыхании выделяется свободная энергия – 2870 кДж на один моль израсходованной глюкозы (180 г). Процесс анаэробного (бескислородного, интрамолекулярного) дыхания протекает в соответствии с уравнением



При анаэробном дыхании, являющимся в сущности спиртовым брожением, выделяется энергия – 234 кДж на 1 М израсходованной глюкозы. Для обеспечения себя необходимым количеством энергии растение при брожении (анаэробном дыхании) должно израсходовать большее количество гексоз, чем при аэробном дыхании. Доступ кислорода, обеспечивающий более эффективное в энергетическом отношении аэробное дыхание, предохраняет растение (зерно) от излишних затрат органического вещества, характерных для анаэробного дыхания.

Действие кислорода, уменьшающего расход углеводов на дыхание и угнетающего брожение и образование продуктов анаэробного обмена, получило название эффекта Пастера. Приведенные выше

уравнения дыхания показывают баланс веществ при дыхании, т.е. начальные и конечные вещества. Они не дают представления о многочисленных промежуточных реакциях, происходящих в сложном процессе дыхания, и о тех веществах, которые возникают и исчезают на различных этапах этого процесса. Образующиеся при окислении углеводов в процессе дыхания многочисленные промежуточные продукты играют очень важную роль в обмене веществ растения и зерна.

Дыхание вызывает большие изменения в зерне и зерновой массе. В результате расходования органического вещества (глюкозы) происходит уменьшение сухой массы зерна.

Если учесть, что хранят огромные количества зерна, то потери от дыхания, так называемая естественная убыль, могут достигать значительных величин.

Состав воздуха в межзерновом пространстве изменяется – потребляется кислород, а CO_2 накапливается. Отмечены случаи накопления в воздухе межзернового пространства до 12-15% CO_2 и более (в нормальном воздухе содержится всего лишь 0,03% CO_2). В результате дыхания зерна выделяется вода. При усиленном дыхании зерна накапливаются водяные пары и, следовательно, влажность зерна повышается.

Чрезвычайно важное следствие интенсивного дыхания – выделение тепла. Зерновая масса обладает плохой теплопроводностью, поэтому тепло, выделяющееся в результате интенсивного дыхания зерна, как бы аккумулируется в зерновой массе, что способствует усилению дыхания и возникновению процесса самосогревания. Если зерно находится в герметических условиях и в зерновой массе происходит процесс брожения, то зародыш зерна погибает от образующихся этилового спирта и других соединений, отравляющих зародыш, в результате чего зерно теряет всхожесть. Поэтому семенное зерно необходимо хранить в условиях хорошего доступа воздуха. Иногда при анаэробном дыхании зерна наряду со спиртовым брожением частично происходит процесс молочнокислого брожения, при котором из глюкозы образуется молочная кислота. При этом выделяется 94,2 кДж энергии. Интенсивность дыхания зерна зависит от ряда факторов: влажности, температуры, качества зерна, физиологического состояния зерна.

Влажность зерна. Чем выше влажность зерна, тем интенсивнее оно дышит. Потери сухого вещества у влажного зерна больше, чем у

зерна средней сухости при одинаковой температуре. У сырого зерна интенсивность дыхания, а следовательно, и расход сухого вещества возрастают еще больше.

До тех пор, пока влажность не превышает 14-15%, интенсивность дыхания очень незначительна. Как только влажность превышает 15% (критическая влажность), интенсивность дыхания резко усиливается. Зерно пшеницы, ржи и других злаков с влажностью ниже 14-15% и масличные семена с влажностью, не превышающей 8-9%, будут дышать очень слабо, следовательно, надежно храниться.

Температура. При низких температурах близких к нулю, дыхания практически не происходит, зерно не дышит. По мере повышения температуры интенсивность дыхания зерна резко возрастает и при 50-55 °С достигает максимума, после чего начинается резкое падение кривой. Это резкое падение интенсивности дыхания зерна происходит из-за слишком высокой температуры, при которой начинается денатурация белков, ферменты теряют свою активность, зерно погибает. Если понижать температуру зерновой массы, то дыхание зерна ослабевает, а при температурах, близких к 0 °С, полностью прекращается. Следовательно, если охлаждать или замораживать зерно, препятствуя, таким образом, возникновению процесса дыхания, зерновая масса будет сохраняться лучше. Необходимо отметить, что влажное семенное зерно нельзя охлаждать слишком сильно (промораживать), так как оно может потерять всхожесть.

Качество зерна. Чем хуже зерно по качеству, тем при прочих равных условиях оно интенсивнее дышит и тем труднее его хранить. Нормальное зерно дышит слабее, чем морозобойное, поэтому его и другие виды поврежденного зерна хранить труднее, чем нормальное, доброкачественное. Поврежденное зерно следует подвергать особенно внимательному наблюдению при хранении.

Физиологическое состояние зерна. Зерно, не прошедшее послеуборочного дозревания, дышит значительно интенсивнее, чем то, у которого период послеуборочного дозревания закончен. Отсюда следует, что свежубранное зерно особенно легко может подвергнуться самосогреванию и порче, вследствие чего за ним нужно вести особенно тщательное наблюдение.

Для характеристики дыхания зерна большое значение имеет дыхательный коэффициент – отношение объема выделяемого при дыхании диоксида углерода к объему поглощаемого кислорода. Дыша-

тельный коэффициент нормального зерна обычно равен единице. Это происходит в связи с тем, что процесс аэробного дыхания протекает в точном соответствии с уравнением дыхания. Если дыхательный коэффициент больше единицы, то это значит, что зерно выделяет больше диоксида углерода, чем поглощает кислорода. Такую картину можно наблюдать на ранних этапах прорастания некоторых семян, плотная оболочка которых недостаточно проницаема для кислорода. В таких семенах наряду с аэробным процессом дыхания происходит также процесс спиртового брожения, который прекращается после того, как развивающийся корешок прорвет оболочку.

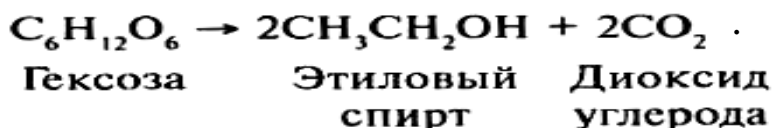
При созревании масличных семян дыхательный коэффициент обычно превышает единицу. Это следствие того, что часть потребляемого на дыхание кислорода заимствуется из углеводов. Сухое зерно с влажностью 12-14% имеет дыхательный коэффициент выше единицы (1,2-1,3), поскольку в зародыше зерна даже в присутствии кислорода частично происходит анаэробное брожение. Небольшое количество CO_2 без использования кислорода воздуха в зерне может образоваться в результате декарбонирования глютаминовой кислоты под воздействием фермента глютаматдекарбоксилазы с образованием гамма-аминомасляной кислоты и CO_2 .

Иногда дыхательный коэффициент меньше единицы. При высокой влажности семян подсолнечника на ранних стадиях созревания дыхательные коэффициенты имеют величину 0,6-0,7 при одновременном интенсивном процессе накопления масла. В прорастающих семенах масличных культур дыхательный коэффициент меньше единицы. Это объясняется тем, что процесс прорастания этих семян сопровождается окислением бедных кислородом жирных кислот и превращением жира в сахар, происходящим с потреблением значительного количества кислорода.

Интенсивность дыхания растений и зерна учитывают по количеству выделяемого CO_2 или поглощаемого кислорода. Продукты растительного происхождения, а также ткани растений резко различаются по интенсивности дыхания. Наиболее слабым дыханием обладают сухие семена, более интенсивно дышат листья. Наибольшую интенсивность дыхания обнаруживают микроорганизмы, особенно велика она у плесневых грибов. Именно поэтому интенсивность дыхания зерна при плесневении резко возрастает. Энергичным дыханием отличаются молодые, растущие ткани растений. Имеется тесная связь

между ростом растительных тканей и их дыханием: чем интенсивнее при прочих равных условиях растет ткань, тем энергичнее они дышат, и наоборот.

Брожение – процесс глубокого окислительного распада органических веществ, преимущественно сахаров, не сопровождающийся потреблением молекулярного кислорода.



Брожение, как и дыхание, состоит из большого числа промежуточных окислительно-восстановительных реакций, но в отличие от дыхания не приводит к полному окислению органического вещества. Основные типы брожения – спиртовое, молочнокислое и маслянокислое. Все остальные наблюдаемые в природе виды брожения представляют собой сочетание этих трех основных типов. Среди микроорганизмов, вызывающих спиртовое брожение, следует назвать дрожжи – микроорганизмы из класса сумчатых грибов.

При этом выделяется энергия в количестве 234 кДж/М сброженной гексозы (стандартное изменение свободной энергии). Кроме главных продуктов, образующихся при таком виде брожения – этилового спирта и диоксида углерода, выделяются незначительные количества и других продуктов: сивушных масел (смеси амилового, изоамилового, бутилового и других спиртов), янтарной кислоты, ацетальдегида, глицерина и др.

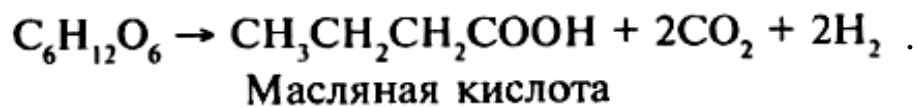
Велика роль спиртового брожения при тестоведении и выпечке хлеба. Выделяющийся диоксид углерода разрыхляет тесто, придавая хлебу пористое строение, а спирт и другие продукты брожения участвуют в образовании аромата. В присутствии кислорода спиртовое брожение прекращается и дрожжи переходят к обычному аэробному дыханию (эффект Пастера).

Молочнокислое брожение вызывают молочнокислые бактерии. Микроорганизмы, осуществляющие молочнокислое брожение, разделяют на две группы. Первая группа сбраживает гексозу с образованием преимущественно молочной кислоты и очень малого количества побочных продуктов – их называют гомоферментативными (типичными) бактериями. Вторая группа, называемая гетероферментативными (нетипичными) молочнокислыми бактериями, вызывает более

сложное брожение, при котором наряду с молочной кислотой образуются другие продукты: уксусная кислота, этиловый спирт, диоксид углерода, водород, метан, диацетил, эфиры и др. В зависимости от микроба, питательной среды и внешних условий эти продукты накапливаются в разных количественных соотношениях.

Молочнокислое брожение играет большую роль при изготовлении хлебных заквасок и жидких дрожжей в хлебопечении. В ржаном тесте и хлебе содержится заметное количество молочной и уксусной кислот – результат совместного присутствия дрожжей, вызывающих спиртовое брожение и молочнокислых бактерий, вызывающих молочнокислое брожение. Молочнокислое брожение часто происходит одновременно со спиртовым брожением при изготовлении многих пищевых продуктов и полуфабрикатов: простокваши, ацидофилина, кефира, кумыса, кваса, айрана, кавказского «мацони», при квашении капусты, огурцов, при силосовании кормов.

Маслянокислое брожение вызывают микроорганизмы, большинство которых – анаэробные бактерии. Они превращают углеводы, спирты и другие вещества в масляную кислоту по суммарному уравнению



Три главных типа брожения, органически связанных между собой, обычно протекают в данной среде одновременно. Вместе с тем они находятся в самой тесной органической связи с нормальным кислородным дыханием.

Генетическая связь между процессами брожения и дыхания

Суммарные уравнения брожения (анаэробного) и аэробного дыхания дают представления только о балансе исходных и образующихся веществ. Эти уравнения не отражают сложных превращений веществ, происходящих в процессе дыхания или брожения, и не дают представления о химической связи промежуточных продуктов. Брожение и дыхание имеют первоначальный общий, подготовительный этап химических превращений, называемый гликолизом.

Общий этап завершается образованием пировиноградной кислоты, что можно показать схемой



Пировиноградная кислота, образовавшаяся в первый общий для брожения и дыхания этап, может далее подвергаться превращениям в одном из двух направлений, характерных для брожения (анаэробного дыхания) или аэробного дыхания, что зависит от условий среды (аэробных или анаэробных) и от специфических особенностей организма, сложившихся в процессе эволюционного развития. В анаэробных условиях пировиноградная кислота подвергается превращениям, происходящим при спиртовом или молочнокислом брожении. В аэробных условиях она окисляется до уксусной кислоты или полностью до CO₂ и H₂O в соответствии с уравнением аэробного дыхания.

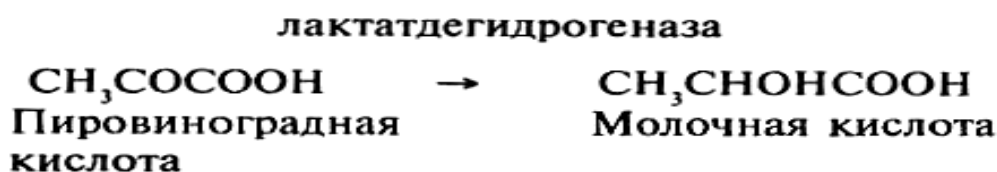
Превращения пировиноградной кислоты при брожении

При спиртовом брожении, вызываемом микробами или происходящем в растительных тканях, пировиноградная кислота расщепляется под действием фермента пируватдекарбоксилазы на CO₂ и уксусный альдегид, который вступает во взаимодействие с ранее образовавшимся NADH при окислении фосфоглицеринового альдегида в фосфоглицериновую кислоту. Образуется этиловый спирт и регенерируется молекула NAD⁺. Реакция восстановления уксусного альдегида катализируется ферментом алкогольдегидрогеназой (1.1.1.1), у которой кофермент NAD⁺.

Превращения пировиноградной кислоты при спиртовом брожении иллюстрируются следующей схемой:



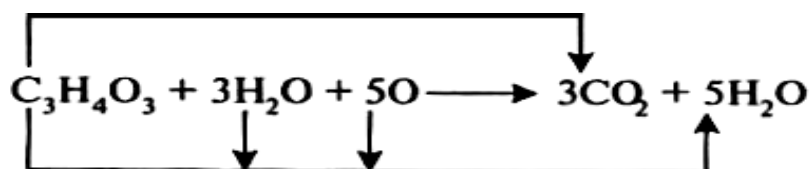
При молочнокислом брожении расщепления пировиноградной кислоты пируватдекарбоксилазой не происходит, и пировиноградная кислота восстанавливается с участием фермента лактатдегидрогеназы (1.1.1.27), превращаясь в молочную кислоту:



При детальном рассмотрении всех промежуточных реакций гликолиза устанавливается, что при анаэробном превращении глюкозы в пировиноградную кислоту расходуется две молекулы АТФ, а в более поздних реакциях синтезируется четыре молекулы АТФ. Таким образом, количество энергии, запасаемой в виде АТФ при спиртовом и молочнокислом брожении, эквивалентно всего лишь двум высокоэнергетическим связям АТФ на один моль сброженной глюкозы, что равно около 60 кДж.

7.2. Особенности дыхания зерна

Суммарно балансовое уравнение окисления пировиноградной кислоты можно представить так:



Из уравнения следует, что кислород воздуха, активизируемый цитохромной системой, потребляется на окисление водорода пирови-

ноградной кислоты и водорода H_2O , присоединяющейся к соответствующим субстратам на определенных этапах цикла.

При сокращении в уравнении окисления пировиноградной кислоты получится следующее балансовое уравнение:



Учитывая, что из одной молекулы глюкозы в процессе ее анаэробного расщепления образуется две молекулы пировиноградной кислоты, а также то, что при окислении фосфоглицеринового альдегида в фосфоглицериновую кислоту от каждой окисляемой молекулы отнимаются два атома водорода, которые окисляются в конце концов кислородом воздуха до воды, можно подвести баланс израсходованных и образовавшихся веществ и получить в итоге обычное суммарное уравнение аэробного дыхания.

Процессы дегидрогенизации

Дальнейшее раскрытие механизма дыхания заключается в том, что окисление любого из соединений, образующихся на первом, общем для брожения и дыхания этапе, или на втором, отдельном для брожения и дыхания, начинается с дегидрогенизации – отнятия водорода от данного соединения соответствующей пиридиновой дегидрогеназой. Два компонента атома водорода (электрон и протон) отделяются друг от друга, таким образом, основной источник клеточной энергии, необходимой для биохимических превращений – электрон.

Электрон водорода, отнятого от субстрата пиридиновыми дегидрогеназами, воспринимают флавиновые ферменты и при участии негеминовых железопротеидов и ряда жирорастворимых хинонов, называемых убихинонами (коферментов Q), передают цитохромной системе. Цитохромная система окисляет водород, присоединяя к нему кислород воздуха с образованием воды или пероксида водорода.

Коферменты Q являются производными 2,3-диметокси-5-метилбензохинона. Если $n = 9$, то это кофермент Q_9 , если $n = 8$, то кофермент Q_8 и т.д. Они легко восстанавливаются, образуя соответствующие гидрохиноны.

Субстратами дыхания, окисляющимися в результате отнятия водорода с помощью анаэробных (пиридиновых) дегидрогеназ, служат фосфоглицериновый альдегид, возникающий в анаэробной фазе дыхания, или пировиноградная, изолимонная, α -кетоглутаровая и яблочная кислоты, образующиеся в цикле Кребса. Реакции цикла трикарбоновых кислот и переноса водорода и электронов в процессе дыхания происходят в органеллах цитоплазмы – митохондриях. Митохондрия – высокоорганизованная структура, похожая на многокамерный мешочек обычно удлиненной формы с эластичной мембраной, образующей ряд ответвлений (кrist), как бы разделяющих внутренность митохондрии на отдельные, соединяющиеся между собой камеры.

Внутренняя часть митохондрии – матрикс – заполнена полужидким содержимым. Мембрана митохондрии содержит 65% белка и 35% липидов. Липиды митохондрии богаты ненасыщенными жирными кислотами. В двойном липидном слое мембраны «утоплена» часть белков (интегральные белки), а другая их часть (периферические белки) электростатическими или водородными связями слабо прикреплена к поверхности мембраны. Подобное строение свойственно всем мембранам клетки, отделяющим от цитоплазмы ту или иную субклеточную структуру. Двойной липидный слой мембраны имеет «толщину» примерно 6 нм. В клетке высших растений, в зависимости от размеров и типа клетки, имеются сотни и даже тысячи митохондрий.

Митохондрии образно считают «силовыми станциями» клетки. В них происходят реакции цикла Кребса и связанные с ними окислительные процессы, заканчивающиеся окислительным фосфорилированием и синтезом АТФ. Ферментные системы цикла Кребса сосредоточены в матриксе, а ферментные системы окисления – в мембране.

Различия между горением и дыханием

Из уравнения дыхания видно, что основной субстрат дыхания в тканях высших растений – углеводы. Но это не значит, что другие вещества (белки, жиры и др.) не могут вовлекаться в процесс дыхания. Трудно назвать соединение, для которого не были бы известны пути окислительного распада. Промежуточные продукты этого рас-

пада включаются в основное русло окислительного распада углеводов.

Суммарная (балансовая) реакция дыхания не дает представления об огромном разнообразии превращений глюкозы, пока она не превратится в воду и диоксид углерода. Окисление, происходящее при дыхании, резко отличается от процесса горения по своим движущим силам и внутреннему механизму.

Дыхание отличается от горения тремя особенностями:

1. Активизация кислорода при горении происходит под влиянием высокой начальной температуры, которая самопроизвольно поддерживается в течение всего периода горения под действием тепловой энергии, выделяющейся в результате химического процесса окисления сжигаемого вещества (аутооксидация). Процесс дыхания происходит с обязательным участием ферментов при обычной температуре.

Открытие дыхательных ферментов привело к современным представлениям о сущности биологического окисления, которая заключается прежде всего в том, что независимо от вещества, вовлеченного в процесс дыхания, универсальным биологическим горючим служит водород дыхательного субстрата, окисляемый кислородом воздуха до воды.

2. Энергия при дыхании выделяется не сразу, а мелкими порциями. И все это происходит потому, что водород и электроны передаются к кислороду воздуха с помощью ферментов по особой цепи переносчиков, имеющейся в клетке и входящей в митохондрии.

3. Выделение энергии небольшими частями позволяет запасать ее в форме специальных химических связей, называемых высокоэнергетическими. Соединение, аккумулирующее энергию, выделяемую при дыхании, – аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), которая образуется на нескольких этапах в общей цепи процесса дыхания.

8. КОМБИКОРМОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

8.1. Показатели качества комбикормов

После составления рецептов комбикормов рассчитывают питательность комбикормов, которая характеризует продуктивность животного или жиросотложение за определенное время. Общую питательную ценность комбикормов для крупного рогатого скота, лошадей и свиней выражают в кормовых единицах, число которых относят к 100 кг комбикорма.

*Кормовая единица** (* В СССР принята в 1923 г. В других странах за единицу питательности принята общая питательность 1 кг кукурузы) условно выражает питательность всех входящих в комбикорма компонентов и формирует общую питательность комбикорма. За кормовую единицу в России принята общая питательность 1 кг овса хорошего качества, натурой 450... 480 г/л, влажностью 13%. Общая питательность 1 корм. ед. измеряется по жиросотложению у крупного рогатого скота, приблизительно равна 150 г жира.

Массовая доля сырого протеина служит объективным показателем белковой ценности комбикорма. Ее определяют химическим путем в каждой партии выпускаемого комбикорма и выражают в процентах.

Сырой жир – показатель свежести комбикорма и компонентов, входящих в состав рецепта. Жиры характеризуются показателями кислотного и перекисного числа. Свежий жир не содержит свободных жирных кислот, и его кислотное число равно 0.

При развитии окислительных процессов кислотное число жира увеличивается. Перекисное число характеризует доброкачественность жира.

Массовая доля сырой клетчатки – наиболее трудно переваримой составной части комбикорма. Ее также выражают в процентах. В отличие от других углеводов (крахмала, сахара) клетчатка трудно переваривается организмом животных (птицы), так как нет ферментов, способных осуществить расщепление (гидролиз) клетчатки. Увеличение содержания клетчатки в комбикормах снижает их использование, повышает затраты на единицу животноводческой (птицеводческой) продукции. Клетчатка нормируется

для различных видов и групп животных, поэтому при оценке качества выпускаемой продукции является одним из обязательных определений.

Обменная энергия. Объем экологической и биологической энергии, содержащейся в произведенной продукции растительного происхождения, определяется как сумма произведений биомасс полученных j–z-продуктов на соответствующие им энергетические эквиваленты (энергоотдачу):

$$\mathring{A}_{ijy} = \sum_{j=1}^p \mathring{I}_{i \partial j} \mathring{Y}_{ij} k_{wj} k_{sj},$$

где M_{npj} – объем производства j-го вида продукции в физических единицах измерения;

\mathring{E}_{oj} – энергетический эквивалент единицы массы сухого вещества j-го вида продукции;

k_{wj} – коэффициент перевода фактических единиц продукта в абсолютно сухое вещество;

k_{sj} – коэффициент выхода неучитываемой биомассы.

Одним из основных факторов, определяющих поступление энергии в организм животных и птицы, является потребление сухого вещества рационов. Содержание сухого вещества в корме или рационе – важный показатель питательности. Следовательно, повышение содержания концентрированных кормов в рационах животных и птицы увеличивает и потребление сухого вещества. По мере увеличения концентрации обменной энергии в рационах животных переваримость питательных веществ кормов увеличивается.

В комбикормах для птицы питательность определяют как разность при вычитании из энергии (калорийности) комбикорма энергии, выделяющейся с продуктами обмена. Обменную энергию выражают в килокалориях (ккал) в 100 г комбикорма. Этот показатель применяют и при оценке комбикормов для пушных зверей (норок, нутрий, лисиц).

Прочие показатели. Во всех рецептах обязательными показателями являются: содержание кальция, натрия, фосфора,

лизина, метионина, цистина. Одни показатели определяют расчетным путем, другие – химическим, по фактическому содержанию.

Качество комбикормов зависит не только от качества перерабатываемого сырья, но и от правильности ведения технологического процесса. При недостаточной очистке сырья, не соответствующей степени измельчения компонентов, а также при нарушении рецепта получается нестандартная продукция. Технологическими показателями качества комбикормов являются влажность, содержание посторонних примесей, крупность размола, отклонения от заданного рецепта. Продукция повышенной влажности получается при переработке сырья, нестандартного по влажности (более 15% влаги).

Из посторонних примесей следует обращать внимание на содержание металломагнитных примесей, наличие песка или другой минеральной примеси, а также на содержание вредной примеси – семян ядовитых растений. Содержание этих примесей сверх допустимых норм объясняется плохой работой очистительных машин.

Отклонение от заданного рецепта свидетельствует о неточной регулировке дозаторов. Нарушение крупности размола указывает на плохую работу измельчающих машин.

8.2. Компоненты для производства комбикормов

Комбикормовую промышленность отличает применение разнообразного по происхождению сырья: растительного, животного, минерального, микробиологического. Компоненты растительного происхождения занимают наибольший объем в составе рецепта комбикорма. Используемые плоды зерновых культур по составу семян и специфическим свойствам подразделяют на три группы: злаки, бобовые и масличные. В комбикорма включают семена этих культур, побочные продукты их технической переработки и муку, приготовленную из зеленой массы. Содержание питательных веществ в компонентах растительного происхождения зависит от многочисленных факторов: условий и района произрастания, почвы, влаги и др.

В производстве комбикормов используют полноценные и зрелые семена, так как только в созревшем зерне, бобе (плоде) в

полном наборе содержатся вещества, обладающие соответствующими физиологическими и биохимическими свойствами, которые необходимы для развития организма животного.

Зерно злаковых культур. Содержание углеводов в зерне злаковых – важной составной части – достигает 80%. Основные из них следующие: крахмал (49...80%), сахар (2,5...3), клетчатка (2...24), гемицеллюлозы, пентозаны (7...12%), пектиновые вещества.

Содержание белков в зерне злаков колеблется от 5 до 26%. Основная масса этих белков относится к альбуминам, глобулинам, проламинам и глютелинам. Наиболее хорошо усваиваются животными проламины.

В зерне злаков содержатся также небелковые азотистые соединения – свободные аминокислоты и их амиды. Общее количество этих соединений в доброкачественном зерне не превышает 1% массы сухого зерна.

Содержание жиров в зерне злаков колеблется от 1,6 до 15%. На долю незаменимых кислот, линолевой и олеиновой, приходится до 70...85% общего количества жирных кислот. Наряду с жирами в зерне злаковых содержатся фосфатиды и стероиды. Особенно много в них лецитина (0,4...0,6%). Зольные вещества составляют 0,9...8,0%, причем на долю фосфора и калия приходится до 80% общего количества зольных элементов, на долю магния – 11...13%.

Однако других элементов в злаках мало. Это необходимо учитывать при балансировании комбикормов по минеральному составу. Фосфор в зерне злаков находится главным образом в органической форме в виде фосфатидов, большая часть серы в виде азотсодержащих аминокислот и меньшая – в виде сульфатов. В зерне злаков содержится незначительное количество марганца, меди, цинка, молибдена, фтора, селена, олова, титана, мышьяка, лития, бария, стронция и других химических элементов.

Среди составных частей, определяющих кормовую ценность зерна злаков, важное значение имеют витамины. Особенно много в зерне витаминов группы В. В переваривании питательных веществ, поступающих в пищеварительные органы животных, принимают участие также ферменты (карбогидраза, липаза, протеиназа).

Овес. По ботаническим признакам овес подразделяют на три типа: I – белый отборный; II – желтый отборный; III – обыкновенный. Зерна овса покрыты легкоотделяющимися цветковыми пленками,

которые содержат большое количество клетчатки и по общей питательности могут быть приравнены к соломе. Содержание цветковых пленок в зерне составляет от 25 до 40%. Овес – самый сбалансированный по аминокислотному составу компонент для производства комбикормов.

Кукуруза. По общей питательности зерно кукурузы занимает первое место среди злаковых растений. Зерновки кукурузы не имеют цветковой пленки и отличаются высоким содержанием углеводов, особенно крахмала, количество которого достигает 70%. Кукурузу считают хорошим кормом для всех сельскохозяйственных животных и птицы. Зерна кукурузы оранжевого и желтого цвета, относящиеся к типам желтозерной кукурузы, содержат в 1 кг 3, 2...9, 0 мг каротина – провитамина А. Зерна кукурузы белого, палевого и бледно-розового цвета, относящиеся к типам белозерной кукурузы, или вовсе не содержат каротина, или его количество не превышает 1,1 мг/кг.

Ячмень. Зерна ячменя, как и овса, покрыты цветковыми пленками, но в отличие от овса цветковые пленки срастаются с ядром зерновки. Поэтому отделить их от ядра трудно. Пленчатость ячменя колеблется от 9 до 15%. По сравнению с овсом ячмень содержит меньше клетчатки и жира и больше безазотистых экстрактивных веществ, преимущественно крахмал.

По общей питательности ячмень превосходит овес примерно на 20%. Вводят ячмень в комбикорма для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы. Ячмень способствует улучшению качества молока и масла, а также качества мяса и сала при откорме свиней.

Рожь. Зерна ржи не покрыты цветковыми пленками. По химическому составу и общей питательности, а также по благоприятному влиянию на качество получаемого при скармливании свиньям мяса и сала рожь близка к ячменю. Крахмал ржи обладает способностью сильно набухать в желудке животного, а это может вызвать расстройство пищеварения. Поэтому ввод ржи в комбикорма ограничен.

Пшеница. Зерна пшеницы не покрыты цветковыми пленками. По химическому составу и по общей питательности они приближаются к зернам ячменя. В отличие от перечисленных злаков (овес, ячмень, рожь) пшеница содержит несколько больше белковых веществ, количество которых иногда достигает 20% и более. Пшеница – ценный компонент комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных.

Просо. Зерна проса плотно окружены цветковыми пленками, легко отделяемыми от ядра. Цветковые пленки очень тверды. Содержание их колеблется от 17 до 25% и более от общей массы зерна. Пленки богаты труднопереваримой клетчаткой, количество которой в них достигает 34% и более. Кроме того, цветковые пленки проса содержат много двуокиси кремния, которая почти не переваривается.

Чумиза. Зерновки чумизы так же, как и проса плотно окружены цветковыми пленками. Отличаются они от зерновок проса меньшими размерами. Цветковые пленки чумизы красного или светло-желтого цвета составляют 15...17% от массы зерна. По химическому составу и питательной ценности зерно чумизы близко к зерну проса. Вводят чумизу в основном в комбикорма для птицы.

Рапс – ценная масличная культура. В комбикормовой промышленности используют жмых и шрот, представляющие ценный источник белка для сельскохозяйственных животных. По кормовой ценности рапсовый жмых намного превосходит льняной. Белки рапсового жмыха и шрота сбалансированы по всем незаменимым аминокислотам. Рапс богат минеральными веществами и микроэлементами. Семена рапса содержат 40...45% жира. Питательная ценность 100 кг зеленой массы рапса 12,8 корм. ед.

Рапс широко культивируется в мире в связи с высоким содержанием масла (38-45%) и белка (24-31%). В России засеваются на небольших площадях. Плод рапса – узкий стручок длиной 5-10 см, гладкий или слабобугорчатый с тонким коротким носиком. Семенная оболочка имеет точечно-ячеистую поверхность. Диаметр семени ярового рапса до 1,8 мм, озимого до 2,5 мм. Масло из семян рапса содержит эруковую кислоту. В семенах рапса обнаружены токсичные и придающие горький вкус органические серосодержащие соединения – гликозинолаты, которые оказывают вредное действие на щитовидную железу.

В последнее десятилетие эта культура получает широкое распространение как компонент комбикорма, так как за рубежом и в нашей стране получены сорта Канола-00 с низким содержанием в массе эруковой кислоты (менее 2%) и не содержащие ее совсем, а также с небольшим содержанием в семенах гликозинолатов (0,1-0,2%). Это позволяет использовать в комбикормовой промышленности не только рапсовый жмых или шрот, но и полножировые семена. За рубежом производится более 20 млн т рапса (в России в

2002 г. – 98 тыс. т), который успешно используется на продовольственные и кормовые цели, так как по аминокислотному составу рапс приближается к сое.

Зернобобовые культуры. Характерная особенность всех бобовых – высокое содержание белков, которое в 2...3 раза больше, чем в зернах злаковых культур. Поэтому для повышения белковой питательности комбикормов стали использовать зернобобовые культуры. Биологическая ценность белков семян бобовых намного выше, чем зерновых злаков, и составляет 75...85% биологической ценности молока. Кроме того, в семенах бобовых по сравнению с другими культурами содержится больше ферментов гидролитического действия, способствующих лучшей переваримости питательных веществ в организме животных. Легкая растворимость белков бобовых обуславливает и высокое усвоение их аминокислот организмом животного. Зернобобовыми можно изменять уровень протеина в комбикормах. Для этого используют горох, кормовые бобы, чину, сою, чечевицу и люпин.

Горох. Один из лучших видов высокобелкового растительного сырья. Семена кормового гороха по окраске могут быть зелеными, фиолетовыми, черными, бурыми или пятнистыми.

Родиной гороха считают Восточный Афганистан и Северо-Западную Индию, где он возделывается с IV в. до н.э.

Особенностью гороха, как и других бобовых, является то, что белки гороха содержат незаменимые аминокислоты (лизин, валин и др.), в семенах много крахмала. Благодаря этому горох является ценным поставщиком растительного протеина для комбикормовой промышленности.

Сорго входит в группу основных источников зеленых кормов и силосной массы. По кормовым достоинствам сорго приближается к кукурузе. Питательная ценность 100 кг сорго 24...25 корм. ед. В них содержится 21,2% протеина, 2,0...3,0 клетчатки, 2,5...3,0% жира. Сорго содержит микроэлементы: кальций, фосфор, натрий, калий и другие, регулирующие солевой баланс, а также аминокислоты (лизин, метионин, цистин, триптофан).

Родина сорго – экваториальная Африка. В Индии сорго выращивают с III, в Китае и Египте – со II тысячелетия до н.э. В России сорго возделывают в Южном, Приволжском и Центральном федеральных округах. Сорго – культура с повышенной засухоустойчивостью.

Чечевица. Наряду с горохом используют при производстве комбикормов.

Соя. Среди бобовых культур выделяется высоким содержанием сырого протеина и жира. В сое содержатся вещества, тормозящие переваривание и использование протеина, однако при термической обработке питательность ее повышается.

Белок и жир – наиболее важные составные компоненты сои. Содержание белка колеблется в пределах 36...48% и более, масла – 20...26%. В состав зерна и зеленой массы сои входят также углеводы, сахара, витамины, минеральные соли и другие вещества. Переваримость органического вещества соевых кормов составляет 60...91%. Включение соевых кормов в рацион животных не только балансирует его по белку, незаменимым аминокислотам, минеральным веществам, но и дополняет витаминами, ферментами и повышает переваримость комбикорма или других кормовых рационов.

Люпин. По содержанию переваримого протеина может относиться к лучшим бобовым культурам. В комбикормовой промышленности используют только сладкий люпин, так как горький содержит алкалоиды и непригоден на корм животным.

Вика. Одна из распространенных кормовых культур, однако чаще всего ее используют на корм скоту в виде травы и силоса. Для приготовления комбикормов используют семена. В семенах вики содержатся ядовито горькие вещества, поэтому перед использованием их необходимо проверить на содержание синильной кислоты.

Бобы кормовые. Богаты белком и крахмалом. Бобы подразделяют на два типа: крупносемянные (длина боба 15 мм и более) и мелкосемянные (длина боба до 15 мм).

Чина. Подразделяют на два типа: первый – чина белая, зерно белого цвета с желтым или зеленоватым оттенком, длиной 4...8 мм; второй – чина темноокрашенная, от коричневого до красного цвета различных оттенков, размер зерен меньше размера зерен первого типа. Из-за неблагоприятного действия на организм животных чину вводят в комбикорма в ограниченных количествах.

В комбикормовой промышленности можно использовать и такие мало распространенные культуры, как нут, зерно которого хорошо переваривается всеми видами сельскохозяйственных животных и птиц. Питательная ценность 100 кг зерна нута составляет

115 корм. ед. В 100 кг зерна содержится 21% сырого протеина и 5,1% клетчатки.

К растительным кормам относят и плоды некоторых деревьев, например, желуди. Они относительно бедны протеином, которого содержат всего до 6%, и жиром, содержание которого до 3,5%. Однако желуди содержат безазотистые экстрактивные вещества в количестве до 70%, состоящие в основном из крахмала. Питательная ценность 100 кг желудей составляет 110 корм. ед. В нешелушенных желудях содержится 3,7% сырого протеина и 9,2% сырой клетчатки.

Мука из растений. Травяная мука. В большей части производимых растительных компонентов комбикормов ощущается недостаток белков, минеральных веществ и витаминов. Это ведет не только к нарушению обмена веществ, уменьшению сопротивляемости организма животных различным заболеваниям, но и вызывает перерасход кормов на производство единицы продукции, повышая ее себестоимость.

Одним из важнейших источников, позволяющих сбалансировать рационы сельскохозяйственных животных по белку, витаминам и минеральным веществам, является травяная мука. Ценность ее определяется не просто высоким содержанием питательных веществ, но и особой полноценностью растительных белков, наличием ряда незаменимых аминокислот. Каждый килограмм муки, например, из бобовых трав, убранных в ранние фазы вегетации, содержит 18...20% протеина, не более 24% клетчатки, 200...300 и более миллиграммов каротина, а также необходимые для животных и птицы витамины С, Е, К, группы В и др. Богата травяная мука минеральными веществами и микроэлементами.

Потребление такого корма предупреждает развитие анемии – болезни, поражающей птицу зимой и ранней весной. Хлорофилл, содержащийся в кормах, способствует увеличению количества гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов в крови животных, а также обладает свойством общего действия на их организм. Хлорофилл и продукты его распада оказывают на животных тонизирующее действие, стимулируют кроветворение.

Травяную муку получают путем искусственной сушки – наиболее рациональным способом консервирования. При быстром обезвоживании травы в процессе искусственной сушки корма

сохраняют свой первоначальный цвет и не имеют посторонних запахов.

Исследованиями Г.А. Романенко и А.И. Тютюнникова установлено, что термическая сушка травы позволяет не только почти полностью сохранить в ней имеющиеся питательные вещества, но и повысить усвояемость организмом животного, хотя попытки объяснить это явление изменением состава или соотношением аминокислот белка при нагревании не увенчались успехом.

По общей питательности искусственно обезвоженные корма из трав приближаются к зерновым злакам и намного превосходят их по содержанию протеина и его качеству, по количеству минеральных веществ и витаминов. Искусственно высушенные корма используют в рационах сельскохозяйственных животных и птицы для частичной замены концентрированных кормов и в качестве источника каротина.

Особенно высока кормовая ценность травяной муки из бобовых трав. В среднем 1 кг люцерновой муки содержит каротина в 6,7 раза, кормовых единиц на 37%, переваримого протеина на 72, кальция на 42 и фосфора на 29% больше, чем сено.

По общей питательности и переваримости мука из молодых, особенно бобовых трав, приближается к кормам из зерна гороха, вики, кормового люпина и кормовых бобов, а по содержанию каротина превосходит их в несколько раз. По содержанию сырого протеина травяная мука превосходит овес, просо, кукурузу и некоторые другие зерновые культуры.

Замена части зерновых компонентов травяной мукой дает повышенный эффект при кормлении животных. В рационах птицы она успешно заменяет дорогостоящие компоненты животного происхождения. Так, 1 кг люцерновой муки по содержанию витамина А заменяет 1 кг рыбьего жира. В ее белках содержится необходимый комплекс аминокислот, отсутствующих в рыбьем жире.

В комбикормовой промышленности травяная мука – единственный компонент, богатый каротином. Особенно важно включать травяную муку в комбикорма в зимние месяцы, когда в рационах животных и птицы недостает каротина. Добавление травяной муки в комбикорма наряду с улучшением кормовых достоинств снижает их себестоимость, обеспечивает экономию белковых видов сырья (таких, как рыбная и мясокостная мука, шроты и жмыхи из семян масличных культур) и позволяет уменьшить расход зерновых

компонентов. Питательная ценность 100 кг травяной муки составляет 47 корм. ед. В 100 кг травяной муки в среднем содержится 12...16% сырого протеина, 27,4 клетчатки, 2,7% сырого жира. Травяная мука содержит в 1 кг 150...350 мг каротина – провитамина А. В 100 г муки содержится 167 ккал обменной энергии. Травяную муку вводят в комбикорм для птицы в количестве от 2 до 15%, для свиней от 2 до 10 и более, для телят и быков-производителей 10 и более, для кроликов до 40%.

Эффективность использования травяной муки весьма высока. Травяную муку в кормлении животных и птицы в основном используют для повышения полноценности рационов. Так, при скармливании ее курам-несушкам их яйценоскость повышается на 12-17%, удой у коров – на 17-24%, настриг шерсти у овец – на 15%. В зависимости от продуктивности дойного стада в рацион включают 30-60% муки от общей питательности рациона. Чем выше удои, тем больше энергии должно быть в 1 кг сухого вещества рациона.

В рационы свиней травяную муку вводят до 10%, птицы – 3-5% по общей питательности. Для определения эффективности скармливания обезвоженных кормов животным и птице в составе концентратов разработаны модели расчета энергетического дохода и определения эффективности использования технологий и культур зеленого конвейера.

Концентраты предусматривается скармливать молодняку с целью получения мясной свинины, белым курам-несушкам яичных кроссов (яйценоскость 80-85%), коровам живой массой 500 кг при суточном удое 24 кг в зимний период.

Хвойная мука также используется для производства комбикормов. Ее готовят в леспромхозах и лесхозах из хвои ели и сосны. Питательная ценность 100 кг хвойной муки составляет 40 корм. ед. В хвойной муке содержится 4...6% сырого протеина. В 1 кг ее содержится 12,25 мг кальция, 320,5 мг железа, 103 мг фосфора, 101,6 мг марганца, 4,98 мг цинка и 2,41 мг меди. Особенно положительное действие оказывает добавка хвойной муки в рационы животных и птицы зимой и весной.

Мука из морских водорослей (ламинарии, фукуса пузырчатого). Высушенные и измельченные водоросли используют как компонент комбикормов, являющийся ценным источником витаминов и микроэлементов, особенно йода. Питательная ценность 100 кг фуку-

совой крупки составляет 35 корм. ед. В 100 кг фукусовой крупки содержится 2,8% сырого протеина, 7,4 клетчатки и 12,7% кальция.

Компоненты технической переработки растительных культур. Эту группу компонентов составляют продукты переработки мукомольной, крупяной, пивоваренной, спиртовой, масло-жировой, крахмало-паточной промышленности: отруби, мельничная пыль, различные кормовые мучки, барда, пивная дробина, шроты, жмыхи, кормовая патока, свекловичный жом, картофель сушеный.

Отруби получают в качестве побочного продукта при переработке зерна в муку на мукомольных заводах. Отруби представляют собой хороший концентрированный корм для всех сельскохозяйственных животных. В зависимости от способов помола отруби бывают крупные, с преобладанием оболочек зерна, и мелкие, с частицами эндосперма, более богатые крахмалом. В отрубях много минеральных веществ, особенно фосфора. Они содержат больше протеина, жира и клетчатки, чем зерно.

Отруби пшеничные состоят из частиц оболочек зерна различной величины с примесью зародыша. Чем меньше в отрубях мучнистых частиц и больше оболочек, тем отруби менее питательны. Пшеничные отруби содержат много клетчатки и плохо перевариваются свиньями и птицами, поэтому в комбикорма их вводят в меньших количествах. Отруби ржаные используют в качестве компонента в комбикормах для свиней, крупного рогатого скота, лошадей.

Отруби кукурузные получают при помоле кукурузы в муку. Они содержат разнообразные частицы оболочек зерна с примесью муки и зародышей. Питательная ценность кукурузных отрубей выше, чем пшеничных и ржаных, однако содержание переваримого протеина в них меньше.

Мучки кормовые в качестве побочных продуктов получают при переработке зерна (пшеницы, овса, ячменя, проса, кукурузы, риса, гречихи, гороха) в крупу. Кроме того, пшеничную и ржаную мучки получают на мукомольных заводах. В состав кормовой мучки входят частицы мучнистого ядра, плодовых и семенных оболочек, а также частично зародыша. В комбикорма вводят мучки пшеничные, ржаные, просяные, гречневые, овсяные, ячменные, рисовые, гороховые, кукурузные. Они не должны быть затхлыми, плесневелыми, прогорклыми, зараженными вредителями хлебных запасов.

Ржаная мучка по своей питательности близка к ржаной муке и считается хорошим компонентом в комбикормах для свиней. Гречневую мучку вводить в комбикорма для животных со светлой окраской в большом количестве не рекомендуется, так как она может вызвать заболевание под названием гречишная болезнь. Кроме того, включение в комбикорма этой мучки ограничено из-за содержания в ней плохо переваримых плодовых оболочек. Мучку ячменную можно использовать для всех животных, особенно для откорма свиней, так как она способствует улучшению качества мяса и сала. Овсяная и просяная мучки содержат большое количество труднопереваримых цветковых пленок. Просяная и рисовая мучки богаты жиром (до 9%). Кукурузная и гороховая мучки – хороший компонент для многих видов комбикормов.

Сухие кукурузные корма получают при производстве крахмала из кукурузного зерна. Представляют собой смесь побочных кормовых продуктов – таких, как кормовой кукурузный глютеин, мезга (плодовые и семенные оболочки с примесью крахмала), шрот из зародышей зерна кукурузы при выработке масла.

Шроты и жмыхи получают при переработке масличных культур. Жмых остается при отжиме масла на шнековых или гидравлических прессах из предварительно очищенных, размолотых и обработанных теплом и влагой семян масличных растений. Жмых, полученный на шнековых прессах, представляет собой изогнутые кусочки различной величины. Жмых, полученный на гидравлических прессах, имеет вид плиток длиной около 900 мм, шириной около 350 мм и толщиной 15...25 мм. Масса каждой такой плитки колеблется в больших пределах (например, масса плитки соевого жмыха в среднем 8 кг, льняного – 6 кг).

Шрот – это продукт экстрагирования масла органическими растворителями (бензин, дихлорэтан) из предварительно очищенных и размолотых масличных семян. После экстрагирования растворитель из остатков семян удаляют посредством пара. Затем продукт сушат и получают сыпучую массу – шрот.

Как жмыхи, так и шроты характеризуются большим содержанием белковых веществ. По общей питательности они близки к зерновым компонентам, но превосходят их по содержанию белка. Шроты богаты витаминами групп В и Е. Содержат большое количество калия и фосфора, но бедны натрием и кальцием. Между

собой жмыхи и шроты отличаются содержанием сырого жира. Как правило, шроты содержат жира примерно в 5 раз меньше, а клетчатки в 1,5 раза больше, чем жмыхи. В связи с тем, что жмыхи и шроты содержат много белка, их в основном используют для повышения в комбикормах уровня протеина. Большой удельный вес эти компоненты занимают при производстве белково-витаминно-минеральных добавок.

Хлопковые жмых и шрот получают при переработке семян хлопчатника. Отличительная особенность этих продуктов – содержание ядовитого вещества госсипола. Если в хлопковом шроте или жмыхе содержится более 0,1% госсипола, их для производства комбикормов не используют.

Подсолнечные жмых и шрот получают из семян подсолнечника. Это ценные высоко питательные белковые корма, хорошо усваиваемые организмом животных. Качество подсолнечного жмыха и шрота зависит от содержания лузги. Если ее больше 4%, то не рекомендуется вводить в комбикорма для молодняка животных и птицы, а в комбикорма для взрослых животных жмых с таким показателем можно включать при условии тонкого размола.

Соевые жмых и шрот по биологической ценности относят к лучшим белковым компонентам благодаря высокому содержанию незаменимых аминокислот, особенно в комбикормах для молодняка животных и птицы.

Льняные жмых и шрот получают при выработке масла из семян льна. Льняной жмых в воде набухает, образуя слизь, из-за наличия пектиновых веществ. Этим объясняется хорошее диетическое свойство льняного жмыха. Особенно его полезно использовать в составе комбикормов для молодняка животных, поскольку образующаяся слизь обволакивает стенки кишечника, предохраняя его от раздражения. Льняной жмых рекомендуется вводить в комбикорма для рыб, так как при этом повышается водостойкость комбикормов.

Арахисовые жмых и шрот – лучший белковый компонент растительного происхождения. Белки арахиса содержат до 6% незаменимой аминокислоты – лизина. Общая питательность арахисового шрота немного меньше, чем жмыха, из-за меньшего содержания сырого жира. Арахисовые жмых и шрот при скармливании свиньям способствуют получению сала хорошего качества.

Конопляные жмых и шрот получают при переработке плодов конопли на масло. Цвет конопляного жмыха и шрота темно-серый разных оттенков. Общая питательность конопляного шрота немного меньше, чем жмыха. Из-за содержания наркотических веществ ввод конопляного жмыха и шрота ограничен, а в комбикорма для молодняка вообще запрещен.

Клещевинный обезвреженный шрот (кормовой) получают при извлечении касторового масла из семян клещевины. Шрот не должен содержать рицина (рицин – токсин растительного происхождения, опасный яд). Используют шрот в комбикормах для молочных коров, откорма свиней, крупного рогатого скота и для прудовых рыб.

Кокосовый шрот получают из высушенной плодовой мякоти кокосовых орехов после удаления масла.

Кориандровые жмых и шрот – побочные продукты получения эфирного масла из плодов кориандра. Главная составная часть этого масла линалоол. Кориандровые жмых и шрот вводят только в комбикорма для крупного рогатого скота в количестве 7...10%.

Кунжутные жмых и шрот получают при переработке на маслозаводах семян кунжута как с отделенными оболочками, так и с неотделенными. На комбикормовые заводы поступает кунжутный жмых или шрот из неотделенных семян кунжута.

Кукурузный кормовой шрот обладает приятным запахом, хорошо поедается сельскохозяйственными животными всех видов. Получают шрот при извлечении масла из зародыша кукурузы.

К жмыхам и шротам из семян крестоцветных культур относят сурепковые, рапсовые, рыжиковые, получаемые при производстве репейного, рапсового масла. Жмыхи и шроты горькие, поэтому их неохотно поедают животные.

Свекловичный жом и меласса (кормовая патока) – это побочные продукты переработки сахарной свеклы на сахар. Жом представляет собой обессахаренные стружки свеклы, а меласса – темно-бурую тягучую массу, из которой уже нельзя извлечь кристаллы сахара.

Свекловичный жом используют в комбикормовой промышленности в высушенном виде. Питательная ценность 100 кг сухого жома составляет 84 корм. ед. Он поступает на комбикормовые заводы в гранулах.

Меласса содержит до 80% сухих веществ, в том числе около 50% углеводов в виде сахарозы, которую животные усваивают легче, чем другие питательные вещества. В составе сухих веществ 54...63%

приходится на сахарозу и 14% на азотистые вещества. Почти 1/3 азотистых веществ – это бетаин и 2/3 – аминокислоты.

Минеральные вещества мелассы состоят из углекислых, серно-кислых, хлористых, азотнокислых и небольшого количества фосфорнокислых солей калия, натрия, кальция, магния. Если концентрация сухих веществ мелассы ниже 75%, создаются условия для развития бактерий и возникают микробиологические процессы, вызывающие потери сухих веществ. Питательная ценность 100 кг мелассы составляет 75 корм. ед. Мелассу вводят в комбикорма в жидком виде. Учитывая высокую питательность, ее вводят в комбикорма для всех видов животных в количестве 2...5%.

Компоненты технической переработки животных продуктов. К ним относят продукты переработки молока (обрат, сыворотка, заменитель сухого молока), кормовые продукты мясокомбинатов (кровяная, костная, мясная, мясокостная, перьевая мука), кормовые продукты рыбоперерабатывающей промышленности (рыбная мука и др.). Все эти компоненты используют в виде сухой муки, которая отличается высоким содержанием полноценного белка и минеральных веществ, хорошо усваиваемых организмом животных. Эти высокопитательные компоненты вводят в состав комбикормов для растущих животных, супоросных и подсосных свиней, а также для птицы. Они намного повышают белковую и минеральную питательность комбикормов.

Мясокостная мука получается при переработке туш животных, мясо которых непригодно в пищу, а также из различных отходов переработки животных на мясокомбинатах. Питательность муки зависит от исходного сырья.

Мясная мука – высококачественный белковый корм. Ее вырабатывают из внутренних органов животных, кровяных сгустков, отходов мясоконсервного производства и других видов мясных отходов.

Кровяная мука – это мука из крови, фибрина, шляма и кости (не более 5%) с большим содержанием белка. Ее протеин хорошо усваивается, переваримость его составляет 91%.

Костная мука – продукт переработки костей животных. Она является минеральной добавкой в комбикорма для регулирования требуемого соотношения между фосфором и кальцием.

Кормовой жир занимает значительное место среди компонентов животного происхождения. Жир повышает калорийность комбикормов. Наибольший эффект дает введение его в комбикорма

для откорма бройлеров. Цвет жира от желтоватого до светло-коричневого. Влага в нем содержится не более 0,5%, неомыляемых веществ 1,0...1,5, веществ, не растворимых в эфире, 0,5...1,0%. Кислотное число жира 10...20, перекисное – 0,03...0,1. Температура плавления не выше 42 °С.

Рыбная мука вырабатывается из непищевой рыбы, отходов рыбоперерабатывающей промышленности. Качество рыбной муки зависит от содержания в ней жира, фосфорнокислого кальция и поваренной соли. Рыбная мука богата микроэлементами, витаминами, особенно витамином В₁₂. Содержание жира в рыбной муке повышает ее общую питательность, однако чрезмерно большое содержание жира (более 18%) нежелательно, поскольку он вызывает быструю порчу продукта. Рыбная мука содержит не более 5% поваренной соли.

Перьевая мука – продукт переработки свежего чистого махового и хвостового пера птицы всех видов, а также сырья, не пригодного для выработки перо-пуховых изделий. Вводят перьевую муку в комбикорма для птицы.

Регенерированное молоко вводят в комбикорма для телят в возрасте от одного до шести месяцев, поросят-сосунов, молодняка птицы раннего возраста.

Минеральные компоненты комбикормов. Включают поваренную соль, мел, кормовые фосфаты, муку и крупу из раковин моллюсков, травертиновую муку, известняк.

Мел вводят в комбикорма как источник кальция, который входит на 99% в состав костей (от общего количества кальция в организме). Этот элемент поступает в организм с кормом и водой в виде различных солей. В желудке животных под влиянием соляной кислоты не растворимые в воде соли кальция переходят в легко растворимый хлористый кальций.

Кальций из растительных кормов усваивается хуже, чем из кормов животного происхождения. Оптимальное соотношение в комбикормах кальция и фосфора должно быть 2:1. Кальций благоприятствует усвоению железа и обеспечивает устойчивость организма ко многим заболеваниям.

Природный мел, применяемый в комбикормовой промышленности, представляет собой осадочную породу белого цвета, состоящую из микроскопически мелких шариков углекислого кальция. В 1 кг кормового мела содержится 330 г кальция.

Известняк можно вводить в комбикорма вместо мела в том случае, если он пригоден для кормления животных. Известняк, используемый на кормовые цели, должен содержать не менее 85% углекислого кальция, не более 1% песка; наличие мышьяка не допускается, а содержание фтора допускается не более 0,04%.

Травертиновая мука – ценная минеральная добавка. Приготавливают ее из пористого известняка – травертина, представляющего собой минеральные отложения некоторых целебных источников. Травертины содержат 37...40% кальция, 0,3 магния, 1,0 алюминия, до 6,0% железа. Кроме того, в состав травертинов входят микроэлементы: кобальт, марганец, цинк, медь, сера.

Кормовой обесфторенный фосфат – минеральная добавка, получаемая из апатитового концентрата. Содержит в основном фосфор и кальций. Представляет собой порошок тонкого помола, серого или коричневого цвета, без запаха. В кормовом фосфате менее 36% фосфора (в пересчете на P_2O_5), не менее 48% кальция (в пересчете на CaO) и не более 0,24% фтора.

Крупка и мука из раковин моллюсков. Крупку готовят из раковин моллюсков для кормления птицы (размер крупок 0,5...2,0 мм), а муку – для кормления всех сельскохозяйственных животных, включая птицу. В 1 кг крупки или муки в среднем содержится 371 г кальция. Крупку и муку вводят в комбикорма вместо мела.

Поваренная соль. Вводят в комбикорма как источник натрия и хлора. Основное количество натрия находится в составе жидких тканей (кровь, лимфа), а также в пищеварительных соках. Большую роль натрия играет в регуляции осмотического давления и в водном обмене, задерживая воду в тканях. Оптимальное соотношение натрия и калия в комбикормах должно быть 0,5:1. Хлор входит в состав многих тканей, причем в коже содержится 30...60% от общего количества его в организме. Физиологическое и биохимическое значение хлора заключается в образовании в желудке соляной кислоты. При недостатке его в кормах и комбикормах понижается переваримость белков, поскольку образование соляной кислоты при этом замедляется. В 1 кг поваренной соли содержится 380...390 г натрия и 585...602 г хлора. Допустимая влажность соли сорта «Экстра» – не более 0,5%, высшего сорта – не более 0,8%. Чем соль мельче, тем она ценнее для производства комбикормов. Введение поваренной соли в комбикорма в больших количествах, чем это указано в рецепте, может вызвать заболевание и даже отравление животного.

Белковые кормовые дрожжи. Продукт микробиологической промышленности. При помощи микроорганизмов промышленным биологическим синтезом получают кормовые белковые продукты. Наиболее распространенные из них – белковые кормовые дрожжи, которые выращивают на различном сырье: соломе, опилках, стержнях кукурузных початков, подсолнечной лузге, хлопковой шелухе, сульфитном экстракте, отходах крахмальных заводов, гидролизатах древесины, древесных отходах, камыше, торфе. Дрожжи являются ценным белково-витаминным компонентом, так как в процессе развития в клетках дрожжей образуются белки, углеводы, жиры, ферменты, витамины, т.е. соединения, необходимые для формирования организма животного.

По усвояемости белки дрожжей равноценны белкам животного происхождения, поэтому их приравнивают к компонентам животного происхождения. Кормовые дрожжи богаты витаминами, особенно группы В. В кормовых дрожжах содержится 38...50% сырого протеина, 1,3 сырого жира, 13,0 клетчатки, 0,12 кальция, 0,56 фосфора, 0,08 натрия, 0,47 лизина, 0,45% метионина+цистина.

Гидролизные кормовые дрожжи получают из технически чистых культур дрожжей, выращенных на барде гидролизных и сульфитно-спиртовых заводов. Они представляют собой сухой продукт высушивания дрожжей на специальных установках и имеют вид чешуек.

Цвет дрожжей, выращенных на барде гидролизных заводов, – коричневый, а выращенных на барде сульфитно-спиртовых заводов – бледно-серый. Особенно ценен этот компонент как источник витамина В₂ – рибофлавина, недостаток которого в кормовом рационе вызывает задержку роста молодых животных, снижение инкубационного качества яиц, уменьшение вывода цыплят. В организме животных витамин В₂ является одним из регуляторов окислительных процессов в клетках и участвует в углеводном, жировом обмене и обмене аминокислот.

Белотин – продукт глубокой микробиологической переработки отрубей и зерна. Это смесь биомассы дрожжей и амилотических бактерий с гидролизатом отрубей. Белок белотина на 60-70% дрожжевой – бактериальный, на 30-40% растительный.

Растительно-дрожжевой характер белка белотина, специфические технологические условия процессов подготовки сырья и микробного синтеза при постоянном воздействии ферментов спо-

способствуют тому, что этот белок имеет высокую усвояемость животными с пищей.

Белотин не имеет антипитательных факторов, присущих соевому шроту, в нем отсутствует патогенная микрофлора: сальмонеллы, кишечная палочка.

Аминокислоты. Обнаружено много видов и рас микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности вырабатывают и выделяют во внешнюю среду в виде конечных продуктов своего обмена ту или иную аминокислоту. Эти аминокислоты после осаждения из растворов и соответствующей обработки могут быть использованы для создания в комбикормах такого соотношения всех аминокислот, которое наиболее полно удовлетворяет потребности животных.

Кормовой концентрат лизина (ККЛ) содержит 11...22% сырого протеина, 10,0 лизина, 0,8 метионина + цистина, 3,9 кальция, 1,4 фосфора и 0,3% натрия.

Компоненты химического синтеза. В производстве комбикормов из продуктов химического синтеза применяют мочевины (карбамид), соли аммония, аминокислоты и некоторые другие азотсодержащие вещества.

В последние годы разработана технология химического синтеза аминокислоты L-лизина. Полученный препарат содержит 95% основного вещества – незаменимой аминокислоты лизина.

Премиксы и БВМД. К компонентам комбикормов следует отнести и эти перечисленные готовые продукты.

Новые виды компонентов. Один из них, например, тапиоку, получают из растения маниоки. Главная особенность этого компонента – высокое содержание углеводов. Возделывают маниоку в основном в зонах тропического и субтропического климата (Южная Америка, Китай, Таиланд, Индонезия, Африка). У маниоки используют листья и клубни. Урожай клубней колеблется от 20 до 50 т/га, а в некоторых случаях – до 120 т/га. Тапиока содержит 2,5% сырого протеина, 12 влаги, 3,5 сырой клетчатки, 1,5% золы. По своей питательности тапиока близка к кукурузе, но по содержанию протеина и некоторых аминокислот беднее ее, поэтому на мировом рынке стоит дешевле. Вводят тапиоку в комбикорма для свиней в количестве до 40%. Небольшие количества тапиоки можно вводить и в комбикорма для птицы. Тапиока поступает на комбикормовые предприятия в гранулированном виде.

9. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Химия нуклеиновых кислот в последнее время развивается необычайно быстрыми темпами, что связано с коренным пересмотром взглядов на биологическую роль этих соединений. Представление о нуклеиновых кислотах как об инертных структурных элементах ядра и цитоплазмы оставлено навсегда, так как нуклеиновым кислотам принадлежит очень важная роль в обеспечении специфического синтеза биополимеров в организме человека, животных, растений и микробов.

К нуклеиновым кислотам относят высокомолекулярные соединения, характеризующиеся определенным элементарным составом и распадающиеся при гидролизе на пуриновые и пиримидиновые основания, пентозу и фосфорную кислоту. Особенно характерно для нуклеиновых кислот содержание Р (8-10%) и N (15-16%). Нуклеиновые кислоты содержат также С, Н и О.

Нуклеиновые кислоты были впервые выделены Ф. Мишером более столетия тому назад (1869) из ядер клеток гноя в виде соединения с белком – нуклеина (от лат. *nucleus* – ядро), а сам термин предложен А. Косселем в 1889 г. К концу прошлого века они были получены Р. Альтманом (1899) в свободном от белка состоянии из животных тканей и дрожжей, а в 1936 г. А.Н. Белозерским с соавторами – из растительного материала.

Выделение нуклеиновых кислот. Большая часть нуклеиновых кислот в растительных, животных и бактериальных клетках находится в соединении с белками. Поэтому кроме разрушения клеточных оболочек путем гомогенизации биологического материала для выделения нуклеиновых кислот необходимо разорвать связь между нуклеиновой кислотой и белком. Это достигается обработкой материала крепким раствором соли, например 10%-м раствором NaCl. Одновременно осуществляется извлечение нуклеиновых кислот. После удаления твердого остатка нуклеиновые кислоты осаждают из охлажденного до 0°C раствора этанолом или раствором трихлоруксусной кислоты. Осадок нуклеиновых кислот отделяют центрифугированием, тщательно промывают и высушивают.

Кроме того, применяют фенольный метод выделения нуклеиновых кислот, при помощи которого можно получать их нативные пре-

параты. Для этого измельченную в гомогенизаторе при охлаждении ткань заливают водонасыщенным раствором фенола, энергично встряхивают смесь в течение 1 ч и центрифугируют ее. При этом содержимое центрифужной пробирки разделяется на четыре четко отграниченных друг от друга разных по консистенции и цвету слоя. В верхнем, водном, слое и подстилающем его вязком слое белого цвета сосредоточена основная масса нуклеиновых кислот. В третьем, желеобразном, прозрачном, желтоватом слое находится фенол с растворенными в нем белками. Четвертый, самый нижний, слой коричневого цвета содержит остатки ткани, денатурированные белки и ничтожную примесь нуклеиновых кислот.

Так как в процессе выделения нуклеиновых кислот этим методом удастся избавиться от значительной части белков (протеинов), указанную процедуру называют фенольной депротеинизацией.

Освободить препараты нуклеиновых кислот от белка можно также путем обработки их солевого экстракта двойным объемом хлороформа, содержащего немного изоамилового спирта; после тщательного перемешивания в течение 15 мин до получения стойкой эмульсии смесь центрифугируют и отделяют верхнюю водную фазу, содержащую нуклеиновые кислоты (денатурированный белок остается на границе водного и хлороформного слоев); нуклеиновые кислоты из водной фазы осаждают двойным объемом охлажденного этанола.

Полученные так суммарные препараты нуклеиновых кислот фракционируют далее, используя более тонкие методы, такие, как хроматография, в том числе аффинная, фильтрация через гели агарозы и сефарозы, распределение в двухфазных полимерных системах, ультрацентрифугирование, электрофорез и др. В итоге получают препараты индивидуальных нуклеиновых кислот.

Выделение из биологических объектов давно уже не является единственным методом получения нуклеиновых кислот. Наряду с ним широкое распространение получил их химический синтез. Разработка химических и инженерных подходов позволила создать автоматические синтезаторы нуклеиновых кислот, отличающиеся высокой производительностью и надежностью. Так, одна из марок синтезаторов фирмы ЛКБ (Швеция) обеспечивает автоматическую сборку молекул нуклеиновых кислот длиной до 160 звеньев при десятиминутной длительности каждого цикла.

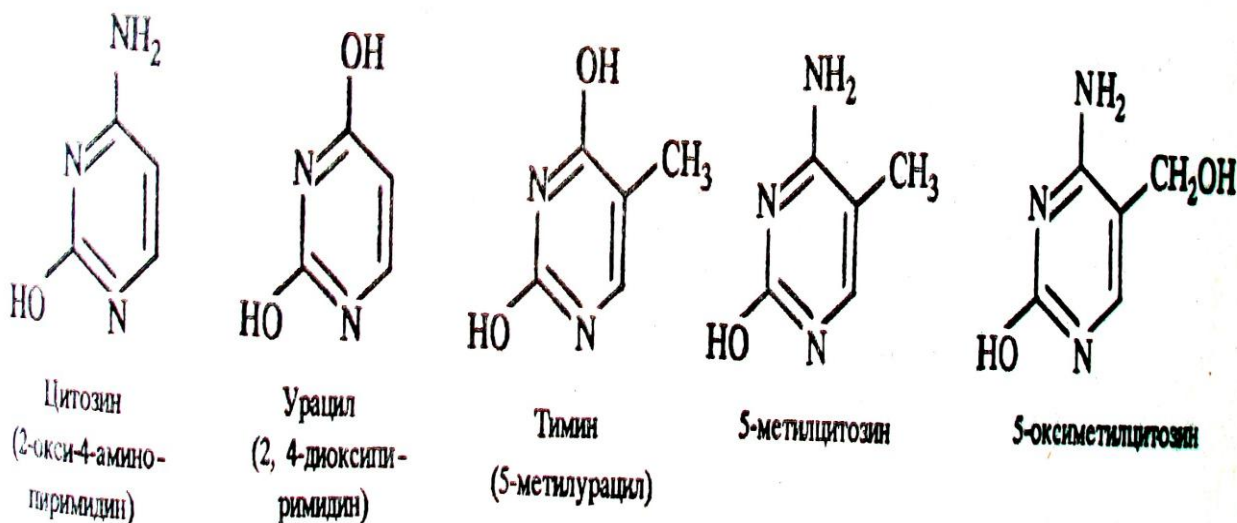
Особенно важен химический синтез нуклеиновых кислот для получения генов, их фрагментов, регуляторных участков нуклеиновых кислот и т.п. Первый синтез гена аланиновой транспортной рибонуклеиновой кислоты был осуществлен в 1972 г. Г. Корана. Сейчас число синтезированных генов достигло нескольких десятков. В СССР синтезированы ген валиновой транспортной РНК (Колосов М.Н. и др., 1983), ген кальцитонина человека (Баев А.А. и др., 1985), ряд промоторов и др.

Химический состав. При нагревании нуклеиновых кислот с хлорной кислотой они распадаются на структурные единицы, из которых построены их громадные молекулы. Другие кислоты, как, например, HCl, вызывают очень резкую деструкцию нуклеиновых кислот с выделением NH_3 , свидетельствующим о разрушении входящих в их состав структурных элементов.

Среди структурных элементов нуклеиновых кислот найдены пиримидиновые основания, пуриновые основания, углеводы и фосфорная кислота.

Пиримидиновые основания являются производными гетероциклического соединения – пиримидина. В действительности, как можно заключить из сопоставления межатомных расстояний, в молекуле пиримидина нет ни типичных двойных, ни типичных простых связей, а имеет место взаимодействие π -электронов всех составляющих цикл атомов. Мерой взаимодействия π -электронов служит так называемый порядок связи, характеризующий силу сопряжения π -электронов двух соседних атомов. В случае типичной двойной связи силу взаимодействия π -электронов, т.е. порядок связи, принимают за единицу. В результате делокализации π -электронов в молекулах с сопряженными двойными связями, как, например, в рассматриваемой молекуле пиримидина, порядки связей принимают дробные значения. Чем больше значение порядка связи, тем сильнее выражена ее способность к реакциям присоединения.

В составе нуклеиновых кислот найдены следующие производные пиримидина (пиримидиновые основания): цитозин, уранил, тимин, 5-метилцитозин и 5-оксиметилцитозин:

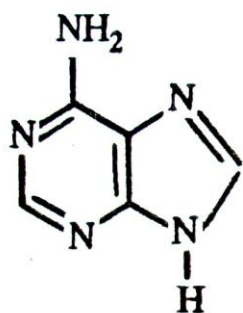


Цитозин, урацил и тимин содержатся в нуклеиновых кислотах в значительных количествах, а 5-метилцитозин и 5-оксиметилцитозин – в ничтожных и далеко не всегда. Поэтому они называются минорными (экзотическими) основаниями. По аналогии с редкими аминокислотами в составе белков их можно было бы назвать иногда встречающимися в составе нуклеиновых кислот основаниями. В последние годы список минорных оснований пиримидинового ряда, обнаруженных в составе нуклеиновых кислот, пополнился.

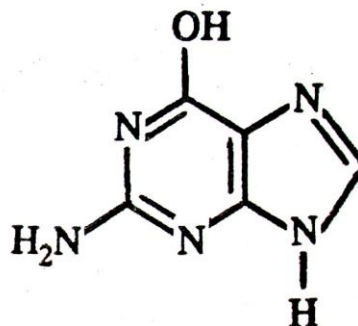
Пуриновые основания нуклеиновых кислот являются производными бициклического гетероцикла – пурина.

Здесь, как и в случае пиримидинового цикла, расстановка в формуле простых и двойных связей условна.

В гидролизатах нуклеиновых кислот всегда обнаруживаются два производных пурина – аденин и гуанин:



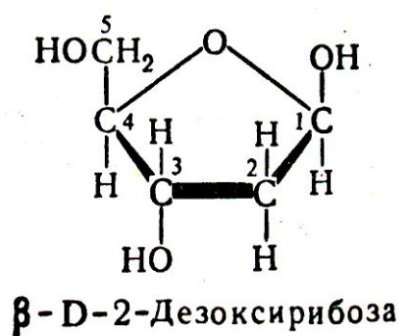
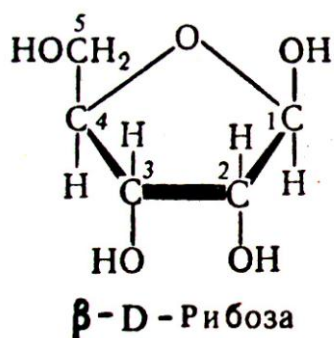
Аденин
(6-аминопурин)



Гуанин
(2-амино-6-оксипурин)

Кроме того, в составе нуклеиновых кислот найдено большое число минорных пуриновых оснований – метилированных производных аденина и гуанина.

Углеводная составляющая нуклеиновых кислот представлена двумя весьма сходными моносахаридами правого ряда: рибозой и дезоксирибозой. В свободном состоянии эти моносахариды существуют во всех возможных таутомерных формах, возникающих за счет кольчато-цепной таутомерии. В составе нуклеиновых кислот оба моносахарида находятся в β -D-рибофуранозной форме:



По сравнению с β -D-рибозой второй моносахарид (β -D-2-дезоксирибоза) является соединением, восстановленным по второму углеродному атому. Так как в процессе восстановления происходит отнятие гидроксильной группы, то полученное производное называют дезоксирибозой, причем цифра два указывает номер углеродного атома рибозы, у которого гидроксильная группа заменена на атом H.

Недавно выяснено, что рибоза и дезоксирибоза не являются единственными углеводами, входящими в состав нуклеиновых кислот: в ряде фаговых ДНК и ДНК некоторых видов раковых клеток найдена глюкоза.

Изучение продуктов гидролиза нуклеиновых кислот привело к важному выводу: состав продуктов гидролиза нуклеиновых кислот, выделенных из разных источников, неодинаков. Впервые это было обнаружено при сравнении состава нуклеиновых кислот, выделенных из зобной железы (тимус) телят (тимонуклеиновая кислота) и дрожжей (дрожжевая нуклеиновая кислота). В дальнейшем было показано, что им соответствует два типа нуклеиновых кислот, отличающихся по составу, строению и функциям. В соответствии с характером углеводной компоненты одна из них была названа дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК), другая – рибонуклеиновой кислотой

(РНК). Между ДНК и РНК существуют и иные черты сходства и различия по составу (табл. 3).

Таблица 3

Состав нуклеиновых кислот

Химическое соединение	ДНК	РНК
Пуриновые основания	Аденин Гуанин	Аденин Гуанин
Пиримидиновые основания	Цитозин	Цитозин
	Тимин	Урацил
Углеводы	Дезоксирибоза Глюкоза (иногда)	Рибоза
Неорганическое вещество	Фосфорная кислота	Фосфорная кислота
Минорные основания:		
пуриновые	N ₆ -Метиладенин 1-Метилгуанин 3-Метилгуанин 7-Метилгуанин N ₂ -Метилгуанин N ₂ -Диметилгуанин	N ₆ -Метиладенин N ₆ -Диметиладенин 1-Метиладенин 2-Метиладенин 2-Метилтио-N ₆ -изопентениладенин N ₂ -Метилгуанин N ₂ -Диметилгуанин 1-Метилгуанин 7-Метилгуанин
пиримидиновые	5-Метилцитозин 5-Оксиметилцитозин Оксиметилурацил Урацил	5-Метилцитозин 5-Оксиметилцитозин N ₄ -Метилцитозин 3-Метилцитозин 3-Метилурацил Тимин 5-Метиламиноэтил-2-тиоурацил Дигидроурацил

Как видно из данных таблицы 3, ДНК и РНК отличаются также и по качественному составу пиримидиновых оснований: для первой характерно наличие тимина, для второй – урацила. Особенно разительны различия в минорных пуриновых и пиримидиновых основаниях ДНК и РНК: последняя содержит гораздо более богатый (более 50) их набор.

Наметилась тенденция связывать наличие и распределение в ДНК и РНК минорных метилированных оснований с рядом важнейших функций нуклеиновых кислот: взаимодействием их с белками, в том числе с рядом ферментов, кодированием и передачей информации о биосинтезе макромолекул, участием в механизме памяти и старения организма, регуляцией биосинтеза нуклеиновых кислот и др.

Молекулярная масса, содержание и локализация в клетке ДНК и РНК; виды ДНК и РНК. Молекулярную массу ДНК определяют в основном гидродинамическим и электронно-микроскопическим методами, хотя это можно делать, измеряя светорассеяние растворов ДНК и некоторыми другими способами.

Электронно-микроскопический метод определения молекулярной массы ДНК основан на измерении длины вытянутых молекул ДНК. Известно, что на 0,1 нм протяженности ее молекулы приходится масса, равная 197 Да. Умножая эту величину на экспериментально найденную длину молекулы ДНК, получают значение ее молекулярной массы.

Выделить нативную ДНК из клеток эукариот необыкновенно трудно, так как еще не создано соответствующих методов, позволяющих избежать разрыва выделяемых молекул ДНК. Поэтому надежные цифры получены только для ДНК вирусов и фагов; из них проще извлечь ДНК, осторожно сняв белковую оболочку.

Молекулярные массы вирусных и фаговых ДНК измеряются десятками и сотнями миллионов дальтон. Можно полагать, что молекулярная масса ДНК эукариот значительно выше. Об этом свидетельствует молекулярная масса ДНК, выделенной с необходимыми предосторожностями из самой большой хромосомы плодовой мушки – дрозофилы.

Содержание ДНК в клетках организма определенного вида отличается необыкновенным постоянством, тогда как межвидовые различия по этому показателю достаточно велики.

В зависимости от места локализации ДНК в клетке различают ядерную, митохондриальную, хлоропластную, центриольную и эписомальную ДНК. Ядерная ДНК у эукариот резко превалирует над ДНК других субклеточных структур. Так, в митохондриях обнаружено от $0,5 \cdot 10^{-16}$ до $5 \cdot 10^{-16}$ г ДНК, в хлоропластах – от 10^{-16} до $150 \cdot 10^{-16}$ г, а в центриолях – $2 \cdot 10^{-16}$ г, что составляет несколько процентов от ядерной ДНК. В таком же соотношении находится содержание ДНК в бактериальной хромосоме и эписомах – внехромосомных, самостоятельно реплицирующихся детерминантах наследственности у микроорганизмов, обеспечивающих перенос генетической информации, например, об устойчивости к антибиотикам (иначе их называют R-факторами, т.е. факторами резистентности). Обсуждается вопрос о существовании экстрахромосомной ДНК, транспортируемой, или коммуникационной, ДНК, цитоплазматической мембранной ДНК, мелкодисперсной сверхскрученной ДНК. По функциональному назначению различают рибосомальную ДНК (рДНК) и сателлитную ДНК (стДНК).

Кроме внутриклеточной ДНК, существует также ДНК, входящая в состав вирусов и фагов. Количество ее в вирусах и фаговых частицах значительно ниже, чем в клетках бактерий (тысячные доли пикограмма и менее).

Молекулярные массы РНК определяют теми же методами, что и ДНК, но, кроме того, используют электрофорез в полиакриламидном геле, так как пробег РНК в геле обратно пропорционален их молекулярным массам. Что касается содержания и локализации РНК в клетках, то оно не отличается ни однообразием, ни стабильностью: в клетках, где идет интенсивный биосинтез белков, содержание РНК в несколько раз превышает таковое ДНК (например, в печени крысы РНК в 4 раза больше, чем ДНК), но там, где синтез белка мал, соотношение ДНК и РНК может быть обратным (например, в легких крысы РНК в 2 раза меньше, чем ДНК).

По функциональному значению и молекулярным массам, равно как и по локализации в клеточном содержимом, РНК делят на следующие виды.

1. Транспортные РНК (тРНК) отличаются сравнительно невысокими значениями молекулярных масс (17000-35000), локализованы в гиалоплазме клетки, ядерном соке, бесструктурной части хлоропластов и митохондрий. Они осуществляют кодирование аминокислот и

перенос их в рибосомальный аппарат клетки в процессе биосинтеза белков.

2. Рибосомальные РНК (рРНК) характеризуются в основном большими молекулярными массами; локализованы в рибосомах, являясь их структурной основой и выполняя в них разнообразные функции.

3. Информационные, или матричные, РНК (мРНК) обладают молекулярными массами, варьирующими в широких пределах (от 300 000 до $4 \cdot 10^6$). Возникая в форме высокомолекулярных предшественников в ядре клетки или на ДНК других субклеточных частиц, мРНК (в виде рибонуклеопротеинов) перемещаются к рибосомам; в составе последних они выполняют матричную функцию в процессе сборки полипептидных цепей.

4. Вирусные РНК отличаются разнообразными и высокими молекулярными массами, лежащими в основном в пределах нескольких миллионов дальтон. Они являются составными частями вирусных и фаговых рибонуклеопротеинов, несут всю информацию, необходимую для размножения вируса в клетках хозяина.

В современной литературе обсуждается вопрос о целесообразности выделения в отдельные категории еще нескольких видов РНК: ядерной, хромосомной, митохондриальных, низкомолекулярных регуляторных, антисмысловых.

10. ТЕМЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

10.1. Сведения о комбикормах. Комбикормовая продукция и рецепты

(Cramps on mixed foods. Combifodder production and recipes)

1. Что такое комбикорм? Комбинированные корма – комбикорма, составленные на основе данных о кормлении сельскохозяйственных животных. Отдельные корма – компоненты (зерно, отруби, жмыхи, сено, солома, рыбная мука и др.) или однообразные смеси (овсяная мука, пшеница и пшеничные отруби) не обеспечивают в полной мере животных необходимыми питательными веществами. Это объясняется тем, что состав питательных веществ, входящих в эти смеси, однообразен и не содержит полного набора требуемых для организма белков, минеральных солей, витаминов, аминокислот и др. В результате животные, получающие подобные корма, не дают требуемого количества продукции, отстают в развитии, снижается их жизнеспособность, они часто болеют.

That such a mixed food? Combifodders are the mixed foods made on the basis of the data on feeding of agricultural animals. Components (a grain, bran, oil cakes, hay, straw, a fish meal etc.) or monotonous mixes (the oat meal, wheat and wheaten bran) do not provide separate forages in a full measure of animals with necessary nutrients. It speaks that the structure of the nutrients which are included in these mixes, is monotonous and does not contain a full set of fibers required for an organism, mineral salts, vitamins, amino acids etc. As a result the animals receiving similar forages, do not give required quantity of production, lag behind in development, their viability is reduced, they are frequently sick.

2. Назовите питательные вещества кормов. Рацион животного и птицы должен включать наиболее правильное, гармоничное сочетание необходимых питательных веществ, чтобы обеспечить максимальную перевариваемость полученного корма. Такими питательными веществами являются белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы и др.

Name nutrients of forages. The ration of an animal and a bird should include the most correct, harmonious combination of necessary nutritious

substances to provide maximal digestibility the received forage. Such nutrients are fibers, fats, carbohydrates, vitamins, microelements etc.

3. Охарактеризуйте значение белков в комбикормах. Белки составляют основу живых клеток. Белки клеток постоянно обновляются белковыми веществами корма, которые образуют новые клетки для восстановления гибнущих, а также для построения разнообразных тканей, выработки ферментов и гормонов. Биологическая ценность белковых веществ корма зависит от их аминокислотного состава. Без аминокислот или при их недостатке в кормах задерживаются рост и развитие организма, снижается продуктивность, возникают различные заболевания. В сыром протеине различают собственно белки и азотистые соединения небелкового характера под общим названием амиды. Амиды – промежуточные продукты, образующиеся в растениях при синтезе белка из неорганических веществ (например, аммиака и др.).

Characterize value of fibers in mixed foods. Fibers make a basis of alive cells. Fibers of cells are constantly updated by albuminous substances of a forage which form new cells for restoration perishing, and also for construction of various tissues, production of ferments and hormones. The biological value of albumens of a forage depends on them amino acids structure. Without amino acids or at their lack of forages growth and development of an organism are late, efficiency is reduced, there are various diseases. In a wet protein distinguish actually fibers and nitrogenous connections of not albuminous character under the general name amides. Amides – the intermediate products formed in plants at synthesis of fiber from inorganic substances (for example, ammonia etc.).

4. Охарактеризуйте значение жиров в комбикормах. Жиры содержатся в кормах в различном количестве. В растениях они находятся главным образом в семенах и зернах, меньше – в стеблях и листьях, особенно бедны жирами корни и клубни. Жиры представляют энергетический запас в организме животного, они защищают организм от быстрого охлаждения и механического повреждения, частично входят в состав клеток, способствуют задержанию в организме витамина В. Среди сельскохозяйственных животных по способности образования жира первое место занимают свиньи. Поэтому откорм свиней – наиболее рациональный способ получения ценных животных жиров.

Characterize value of fats in mixed foods. Fats contain in forages in various quantity. In plants they are mainly in seeds and grains, it is less – in stalks and leaves, roots are especially poor fats and club. Fats represent a power stock in an organism of an animal, they protect an organism from fast cooling and mechanical damage, in part are part of cells, promote detention in an organism of vitamin B. Among agricultural animals on ability of education of fat the first place is borrowed with pigs. Therefore a fattening of pigs – the most rational way of reception of valuable animal fats.

5. Охарактеризуйте значение углеводов в комбикормах. Углеводы относятся к безазотистым органическим соединениям, входящим в состав комбикормов. В образовании питательных веществ синтез углеводов занимает ведущее место. В результате химических превращений углеводов в организме животного выделяется энергия, расходуемая на жизненные процессы и мускульную работу. Углеводы входят почти во все клетки животного организма в виде гликогена (животного крахмала) и сахаров. Из них образуются жиры, белки и другие вещества. В комбикормах углеводы составляют наибольший процент, так как содержатся в основном в растительных кормах. Крахмальные зерна распределяются по составным частям одного и того же растения неравномерно и, кроме того, различаются по составу и химическим свойствам. Большое количество крахмала содержится в зернах злаковых культур (65...80%). В организме животных крахмал под действием ферментов желудочного сока превращается в глюкозу, которая в углеводном питании животного занимает первое место. Глюкоза заключает в себе 50% энергии организма животного.

Characterize value of carbohydrates in mixed foods. Carbohydrates concern to the nitrogen-free organic connections included in mixed foods. In education of nutrients synthesis of carbohydrates takes conducting place. As a result of chemical transformations of carbohydrates into an organism of an animal the power spent for vital processes and muscular work is secreted. Carbohydrates are included almost into all cells of an animal organism as a glycogen (animal starch) and sugars. Fats, fibers and other substances are formed of them. In mixed foods carbohydrates make the greatest percent as contain basically in vegetative forages. Starch grains are distributed on components of the same plant non-uniformly and besides distinguish on structure and chemical properties. A plenty of starch contains in grains of a grass family of cultures (65...80%). In an organism of animals starch under action of ferments of a gastric juice turns to a glu-

cose which wins first place in a carbohydrate feed of an animal. The glucose comprises 50% of power of an organism of an animal.

6. Охарактеризуйте значение ферментов в комбикормах. Ферменты – биологические катализаторы белковой природы, способные во много раз ускорить химические реакции, происходящие в живом организме. В пищеварительном тракте животных полисахариды (углеводы), белки и липиды (жиры) кормов расщепляются до легкоусвояемых соединений под действием ферментов. Введение ферментных препаратов в корма преследует две основные цели – повышение усвояемости комбикормов и, соответственно, продуктивности животных и сохранение их продуктивности при включении в комбикорма трудноусвояемых или содержащих антипитательные вещества компонентов. Классификация ферментов основана на характере их действия: одни ускоряют действие белков, другие – углеводов. Ферменты вводят непосредственно в состав комбикормов или с премиксом.

Characterize value of ferments in mixed foods. Ferments – biological catalysts of an albuminous nature, capable many times over to speed up the chemical reactions occurring in an alive organism. In a digestive tract of animals carbohydrates, fibers and lipids of forages are split before readily assimilable connections under action of ferments. Introduction of fermental preparations in forages pursues two basic purposes – increase of an availability of mixed foods and, accordingly, efficiency of animals and preservation of their efficiency at inclusion in mixed foods hardavailability or containing antinutritious substances of components. Classification of ferments based characterize their action: one accelerate action of fibers, others – carbohydrates. Ferments enter directly in structure of mixed foods or with premix.

7. Какова роль микроэлементов и витаминов в комбикормах? Микроэлементы жизненно необходимы животным. Сера, калий, кальций, магний, железо, фосфор, натрий и другие микроэлементы поступают в растения из почвы в виде растворов солей. Минеральные вещества участвуют в поддержании нормальных жизненных функций организма животного. Биологически они в организме животного оказывают влияние на процессы переваривания пищи, также необходимы для нормальной возбудимости нервов и мышц, активно участвуют в процессах всасывания и усвоения питательных веществ клетками тела, входят в состав тканевых белков, костной ткани, кожных покро-

вов, крови, используются организмом при образовании молока, ферментов, гормонов желез внешней и внутренней секреции. Витамины необходимы для нормального развития животных. Основные источники витаминов – растительные корма. При продолжительном питании кормами с недостаточным содержанием витаминов у животных возникают заболевания, получившие название авитаминозов, а при их избытке – и гипervитаминозов. Потребность в витаминах зависит от вида, возраста и физиологического состояния животных.

What is the role of microelements and vitamins in mixed foods? Microelements are vital an animal. The sulphur, a potassium, a calcium, magnesium, iron, phosphorus, sodium and other microelements act in plants from soil as solutions of salts. Inorganic substances participate in maintenance of normal vital signs of an organism of an animal. Biologically they in an organism of an animal influence processes of digestion of food, also are necessary for a normal excitability of nerves and muscles, actively participate during an absorption and mastering of nutrients by cells of a body, part some fabric fibers, a bony tissue, integuments, blood, are used by an organism at education of milk, ferments, hormones of glands external and an internal secretion. Vitamins are necessary for normal development of animals. The basic sources of vitamins are vegetative forages. At a long feed by forages with the insufficient content of vitamins animals have the diseases which have received the name of avitaminosis-es, and at their surplus – and hypervitaminosis. The requirement for vitamins depends on the kind, age and physiological condition of animals.

8. Дайте определения: комбикорма-концентраты, полноценный комбикорм. Комбикорма-концентраты – это комбикорма с повышенным содержанием протеина, минеральных веществ и микродобавок, скармливаемые с зерновыми, сочными или грубыми кормовыми компонентами для обеспечения биологически полноценного кормления животных. Полнорационный комбикорм представляет собой смесь компонентов, полностью обеспечивающую потребность животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах.

Give definition: mixed foods – concentrates, a high-grade mixed food. Mixed foods – concentrates are mixed foods with the raised content of a protein, inorganic substances and the microadditives, fed with grain, juicy or rough fodder components for maintenance of biologically high-grade feeding animals. Full ration the mixed food represents the mix of

components completely providing requirement of animals in nutritious, mineral and biologically active substances.

9. Дайте определения: кормовая смесь, белково-витаминно-минеральные добавки. Кормовая смесь – это однородный продукт из кормовых компонентов, не содержащий полного набора питательных веществ. Белково-витаминно-минеральные добавки – однородная смесь измельченных до необходимой крупности высокобелковых, минеральных кормовых компонентов и премиксов, предназначенная для производства комбикормов.

Give definition: a fodder mix, protein-vitamin-mineral additives. The fodder mix is a homogeneous product from the fodder components, not containing a full set of nutrients. Protein-vitamin-mineral additives – a homogeneous mix crushed up to necessary крупности high-protein, mineral fodder components and premix, intended for manufacture of mixed foods.

10. Дайте определение премикса. Премикс – однородная смесь измельченных до необходимой крупности биологически активных компонентов и наполнителя, используемая для ввода в комбикорма и белково-витаминно-минеральные добавки.

Give definition premix. Premix – a homogeneous mix crushed up to necessary size biologically active components and filler, used for input in mixed foods and protein-vitamin-mineral additives.

11. Как разрабатываются рецепты комбикормов? Рецепт – это формула, по которой производят продукцию. Его разрабатывают на основе многолетнего научного и хозяйственного опыта по кормлению сельскохозяйственных животных в колхозах, совхозах, научно-исследовательских организациях. При этом учитывают вид и физиологическое состояние животного, направленность продуктивности и генетические возможности. Рецепты комбикормов нумеруют в соответствии с видом животных и птицы. В пределах установленных десятков рецептам присваивают порядковые номера по производственным группам животных.

How recipes are of mixed foods developed? The recipe is a formula on which production is made. It developed on the basis of long-term scientific and economic experience on feeding agricultural animals in collective farms, state farms, the research organizations. Thus a kind and a physiological condition of an animal, an orientation of efficiency and genetic opportunities are taken into accounted. Recipes of mixed foods are numbered

according to the kind of animals and birds. Within the limits of the established tens to recipes appropriate serial numbers on industrial groups of animals.

12. Как нумеруют рецепты комбикормов? Номера рецептов обозначают двумя числами, из которых первое означает вид и группу животных, второе – порядковый номер рецепта для данной производственной группы животных и птицы. Оба числа ставят рядом через дефис. Например, рецепт № К-64-8 (комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота); рецепт № ПК-52-1 (комбикорм полнорационный для ремонтного молодняка свиней).

As number recipes of mixed foods? Numbers of recipes designate two numbers from which the first means a kind and group of animals, the second – a serial number of the recipe for the given industrial group of animals and a bird. Both numbers put beside through a hyphen. For example, the recipe № К-64-8 (mixed foods – concentrates for a large horned stock); the recipe № ПК-52-1 (a mixed food full ration for repair young plants of pigs).

10.2. Технология производства премиксов (The «know-how» premix)

1. Какое значение в премиксах имеют биологически активные вещества? Биологически активные вещества входят в состав премиксов, могут быть устойчивыми и неустойчивыми. Необходимо, чтобы при соединении этих веществ в одну смесь они обладали совместимостью. Известно, что микроэлементы могут вступать в реакцию с витаминами и разрушать их, ухудшая качество премиксов, особенно при их хранении. При производстве премиксов несовместимые добавки готовят в виде отдельных смесей и объединяют их вместе только на окончательной стадии производства премиксов. Некоторые активные вещества, такие как рибофлавин, никотиновая кислота, холинхлорид, метионин и многие соли минеральных веществ, имеют физическую и химическую совместимость при нормальных условиях хранения. Стабильность и совместимость многих других веществ зависит от их форм и структуры.

What value in premix biologically active substances have? Biologically active substances are part premix, may be resistant and unstable. It is necessary, that at connection of these substances in one mix they had com-

patibility. It is known, that microelements may enter reaction with vitamins and destroy them, worsening quality premix, is especial at their storage. By manufacture premix incompatible additives are going as separate mixes and unite them together only at a final stage of manufacture premix. Some active substances, such as heptoflavin, a nicotinic acid, sincalinechloride, methionine and many salt inorganic substances, have physical and chemical compatibility under normal conditions of a storage. Stability and compatibility of many other substances depends on their forms and structure.

2. Какова роль обогатителей при производстве премиксов? В зависимости от содержания биостимуляторов обогатители можно разделить на две группы. К первой группе относят сырье, содержащее в своем составе небольшое количество биостимуляторов (витаминная травяная мука, облученные кормовые дрожжи). Эти обогатители вводят в комбикорма в относительно больших количествах без дополнительных подготовительных операций. Ко второй группе относят продукты, которые содержат большое количество биостимуляторов (витамины, соли различных элементов). Обогатители второй группы, вводимые в малых дозах, называют микродобавками. Процесс ввода микродобавок называют обогащением, а получаемые комбикорма – обогащенными.

What role separators by manufacture premix? On the content of biostimulus separator it is possible to divide into two groups. To the first group concern the raw material containing in the structure a small amount of biostimulus (the vitaminic grass meal, the irradiated nutrient yeast). These enrichments enter in mixed foods in rather plenties without additional preparatory operations. To the second group carry products which contain a plenty of biostimulus (vitamins, salt various elements). Enrichments the second group, entered into small doses, name microadditives. Process of input of microadditives is named enrichment, and with received mixed foods – enriched.

3. Укажите разницу между защитными и нейтральными наполнителями премиксов. Наполнители разделяют на два вида: защитные и нейтральные. Защитные наполнители содержат большое количество естественных антиокислителей. К ним относят зародыш пшеницы, овсяную муку. Однако широкого применения они не находят, так как содержат много жира. Нейтральные наполнители не оказывают ни защитного, ни вредного действия. К ним относят побочные продукты

переработки зерна, в частности, отруби. Вид наполнителя выбирают в зависимости от используемых биологически активных веществ. Он не должен ухудшать устойчивость микроэлементов и их физические свойства. Наполнитель требует тонкого измельчения. Крупный наполнитель так же, как и слишком мелкий, не обеспечивает хорошего смешивания с биологически активными компонентами.

Specify a difference between protective and neutral filler premix. Filler is divided into two kinds: protective and neutral. Protective filler contains a plenty of natural antioxidants. To them carry a germ wheat, an oat meal. However they do not find wide application, as contain a lot of fat. Neutral fillers render neither protective, nor harmful action. To them carry side products of processing of a grain, in particular, bran. A kind filler choose on used biologically active substances. It should not worsen resistance of microelements and their physical properties. Filler demands thin crushing. Large filler the same as also too fine, does not provide good mixing with biologically active components.

4. Определите физиологическую роль следующих микроэлементов в составе премиксов: медь, железо. Микроэлементы. В организме животного содержится микроэлементов менее 0,001% веса тела. Они находятся среди веществ, обеспечивающих нормальное питание животных. Без микроэлементов хотя бы в самых минимальных количествах не могут обойтись ни люди, ни животные, ни растения. Многие микроэлементы входят в состав витаминов, а также в состав ферментов, гормонов и ряда других веществ, вырабатываемых организмом в процессе его жизнедеятельности. Содержащиеся в окружающей среде химические элементы, в том числе многочисленные микроэлементы, играют огромную роль в питании живых организмов. В настоящее время доказано воздействие микроэлементов на процессы роста, внутриклеточного обмена и тканевого дыхания, на синтез белков и углеводов.

Медь. Наряду с участием в синтезе гемоглобина медь необходима в кормовом рационе для предотвращения анемии. Медь оказывает влияние на деятельность нервной системы. При дефиците меди в организме содержание ее в крови значительно понижается. При этом необходимо знать, что если в крови животного содержится меди менее 0,6 мкг на 1 мл, то это указывает на истощение ее запасов и жизнь животного в опасности. В большом количестве медь отлагается в печени, содержится в почках, костном мозге, легких, мышцах и

других органах. Источником меди для животных в основном служат корма и вода.

Железо является составной частью гемоглобина крови и окислительных ферментов, которые играют важную роль во внутриклеточном дыхании. При дефиците в кормовом рационе железа животные заболевают анемией. Большая часть железа в организме животного находится в крови. В организм животного железо поступает с кормами. При наличии в комбикормах большого количества таких компонентов, как мел, известняк, ракушечная мука и крупа, усвоение железа нарушается, что ведет к заболеванию животных (особенно среди молодняка) анемией, что чаще всего встречается у поросят.

Define a physiological role of the following microelements in structure premix: copper, iron. Microelements. In an organism of an animal contains microelements less than 0,001% of weight of a body. They are among the substances providing a normal feed of animals. Animals may not do without microelements even in the most minimal quantities, plants neither people, nor. Many microelements are part some vitamins, and also in structure of ferments, hormones and of some other substances, developed an organism during its vital activity. Chemical elements contained in an environment, including numerous microelements, play a huge role in a feed of alive organisms. Influence of microelements on processes of growth, an intracellular exchange and fabric respiration, on synthesis of fibers and carbohydrates now is proved.

Copper. Alongside with participation in synthesis of a haemoglobin copper it necessary in a fodder ration prevention of an anaemia. Copper influence activity of nervous system. At deficiency copper in an organism its content in blood considerably goes down. Thus it is necessary to know, that if in blood of an animal contains copper less than 0,6 мкг on 1 ml it specifies an exhaustion of its stocks and life of an animal in danger. In a plenty copper postponed in a liver, contains in kidneys, a bone brain, easy, muscles and other organs. As a source copper for animals basically forages and water serve.

Iron is a component of a haemoglobin of blood and oxidizing ferments which play the important role in intracellular respiration. At deficiency in a fodder ration gland animals fall ill with an anaemia. The most part gland in an organism of an animal is in blood. In an organism of an animal iron acts with forages. At presence in mixed foods of the big quantity of such components as a chalk, a limestone, a shelly meal and croup,

mastering gland is broken that conducts to disease of animals (especially among young plants) an anaemia, that meets at pigs more often.

5. Определите физиологическую роль следующих микроэлементов в составе премиксов: кобальт, йод.

Кобальт входит в состав витамина B₁₂. В рубце крупного рогатого скота этот витамин может синтезироваться только при содержании кобальта в кормах или комбикормах. Кобальт активизирует некоторые ферменты, влияет на азотистый обмен, способствует накоплению белка в мышцах и усвоению азота. Включение кобальта в комбикорма увеличивает в организме животных содержание аскорбиновой кислоты. При дефиците в кормовом рационе кобальта уменьшается содержание в крови рибофлавина, никотиновой кислоты и витамина B₆. На недостаток в корме кобальта больше реагируют растущие животные. У крупного рогатого скота и свиней кобальт накапливается в зубной железе, печени, поджелудочной железе, селезенке и почках, у птицы – в перьях. В мышцах и крови содержание кобальта незначительно.

Йод является составной частью гормонов щитовидной железы. При недостатке йода нарушается обмен веществ, особенно углеводный, жировой и ферментативный, увеличивается размер щитовидной железы, появляется опухоль, снижается иммунитет. В премиксы йод вводится в виде соединения йодистого калия; дозировка его в премиксы зависит от вида животного, региона, в котором оно находится. К недостатку йода наиболее чувствительны овцы и свиньи.

Define a physiological role of the following microelements in structure premix: cobalt, iodine.

Cobalt is part some vitamin B₁₂. In rumen of a large horned stock this vitamin may be synthesized only at the content of cobalt in forages or mixed foods. Cobalt makes active some ferments, influences a nitrogenous exchange, promotes accumulation of fiber in muscles and to mastering of nitrogen. Inclusion of cobalt in mixed foods increases the content of an ascorbic acid in an organism of animals. At deficiency in a fodder ration of cobalt the content in blood hepatoflavin, a nicotinic acid and vitamin B₆ decreases. Growing animals more react to lack of a forage of cobalt. At a large horned stock and cobalt accumulates pigs in a thumus, a liver, a pancreatic gland, a spleen and kidneys, at a bird – in feathers. In muscles and blood the content of cobalt insignificantly.

Iodine is a component of hormones of thyroid gland. At lack of iodine the metabolism, especially carbohydrate, fatty and enzyme is broken, the size of a thyroid gland is increased, there is a tumour, immunity is reduced. In premix iodine is entered as connection of an iodide potassium; its dosing in premix depends on a kind of an animal, region in which it is. Sheeps most sensitive lack of iodine and pigs.

6. Определите физиологическую роль следующих микроэлементов в составе премиксов: марганец, цинк.

Марганец оказывает большое влияние на воспроизводительную способность животных. Недостаток марганца в кормовом рационе задерживает половое созревание животных. Введение солей марганца в кормовой рацион курам увеличивает яйценоскость и повышает количество оплодотворенных яиц. Он активизирует некоторые ферменты, влияет на углеводный, жировой и минеральный обмен в организме животных. Добавление в корма животных солей марганца уменьшает содержание сахара в крови. Добавка марганца к корму способствует уменьшению жира в печени. Недостаток марганца в рационе птиц вызывает костное заболевание, у кур снижает качество яиц. У поросят при дефиците в корме марганца наблюдается хромота. Марганец действует также на нервную систему. Его много содержится в сером веществе коры мозга. При возбуждении центральной нервной системы количество марганца в мозге снижается. В организме животного он в основном находится в печени и в меньшем количестве – в поджелудочной железе, коже, волосах, мышцах. Необходим марганец молодняку, особенно птице, и племенным курам. Свиньям марганца требуется значительно меньше, чем птице. Крупному рогатому скоту обычно не требуется дополнительная добавка в корм солей марганца, поскольку получаемые им корма богаты марганцем (его много содержится в траве, в силосе, сене и соломе). В компонентах, которые используются в комбикормах, марганец содержится в достаточном количестве.

Цинк оказывает влияние на белковый, жировой, углеводный и минеральный обмен веществ. При добавлении в корм солей цинка повышается всасывание азотистых веществ, активизируется окисление жиров в организме, благодаря чему наличие жира в печени и других внутренних органах уменьшается. Включение цинка в кормовой рацион свиней предохраняет их от заболевания паракератозом, которое возникает при содержании в корме большого количества кальция.

Цинк повышает физиологическую активность витамина В₁, принимает участие в окислительно-восстановительных процессах организма, оказывает благоприятное действие на организм при некоторых инфекционных заболеваниях животных.

Define a physiological role of the following microelements in structure premix: manganese, zinc.

Manganese renders the big influence on reproductive ability of animals. Lack of manganese of a fodder ration detains puberty of animals. Introduction of salts of manganese in a fodder ration to hens increases an egg production and raises quantity of oosperms. It activates some ferments, influences carbohydrate, fatty and mineral exchanges in an organism of animals. Addition in forages of animal salts of manganese reduces the content of sugar in blood. The additive of manganese to a forage promotes reduction of fat in a liver. Lack of manganese of a ration of birds causes bone disease, at hens reduces quality of eggs. At pigs at deficiency in a forage of manganese the lameness is observed. Manganese operates also on nervous system. It contains in grey substance of a bark of a brain much. At excitation of the central nervous system the quantity of manganese in a brain is reduced. In an organism of an animal it basically is in a liver and in smaller quantity – in a pancreatic gland, a leather, hair, muscles. Manganese is necessary for young plants, especially birds, and for breeding hens. It is required to pigs of manganese much less, than a bird. The large horned stock usually does not need the additional additive in a forage of salts of manganese as forages received by it) are rich manganese (it much contains in a grass, in a silage, hay and straw). In components which are used in mixed foods, enough manganese is contained.

Zinc influences albuminous, fatty, carbohydrate and mineral exchanges of substances. At addition in a forage of salts of zinc the absorption of nitrogenous substances raises, makes active oxidation of fats in an organism due to what presence of fat in a liver and other internal organs decreases. Inclusion of zinc in a fodder ration of pigs protects them from disease parakeratosis which arises at the content in a forage of a plenty of a calcium. Zinc raises physiological activity of vitamin В₁, takes part in oxidation-reduction processes of an organism, has favorable an effect on an organism at some infectious diseases of animals.

7. Определите физиологическую роль следующих микроэлементов в составе премиксов: фтор, молибден, селен.

Фтор является составной частью зубной эмали, содержится в костной ткани, играет роль в обеспечении репродукции (воспроизводства). Присутствие его в воде и кормах в небольших количествах необходимо, так как предохраняет животных от заболевания зубов. Избыток фтора вызывает токсические явления. В результате хронического отравления фтором животные теряют аппетит, замедляется рост, снижается продуктивность; происходят структурные изменения костной ткани зубов, поражаются почки, печень, сердце, надпочечники, щитовидная железа. Кости у больных животных становятся толстыми, рыхлыми, разрушается эмаль на зубах; при тяжелых заболеваниях выпадают зубы.

Молибден необходим для нормального функционирования некоторых ферментов. Однако его содержание необходимо строго контролировать в готовой комбикормовой продукции, а также в пастбищном корме. В количестве свыше 0,002% молибден вызывает сильные и длительные расстройства у овец и крупного рогатого скота. В 1 кг комбикорма опасным считается 3-10 мг молибдена.

Селен. Проведенными исследованиями было установлено, что селен – это необходимый компонент рациона животных и птицы. Селен в виде органической формы находится в тканях растений. Наиболее эффективным и естественным является участие селена во многих физиологических процессах и биологических системах. Введение в организм микроколичеств селена в случае селенодефицита способствовало укреплению иммунитета системы, ускоренному росту и развитию, а также увеличению продуктивности скота и птицы.

Define a physiological role of the following microelements in structure premix: fluorine, molybdenum, selenium.

Fluorine is a component of dental enamel, contains in a bony tissue, plays a role in maintenance of reproduction. Its presence at water and forages at small amounts is necessary, as protects animals from disease of teeth. Surplus of fluorine causes the toxic phenomena. As a result of a chronic poisoning with fluorine animals lose appetite, growth is slowed down, efficiency is reduced; there are structural changes of a bony tissue of teeth, kidneys, a liver, heart, suprarenal glands, a thyroid gland are amazed. Bone at sick animals become thick, friable, enamel on teeth collapses; at heavy diseases teeth drop out.

Molybdenum is necessary for normal functioning some ferments. However its content strictly is necessary for supervising in ready combi-

fodder production, and also in a pasturable forage. In quantity over 0,002% molybdenum causes strong and long frustration at sheep and a large horned stock. In 1 kg of a mixed food dangerous it is considered 3-10 mg molybdenum.

Selenium. By the research carried out it was established, that selenium is a necessary component of a ration of animals and birds. Selenium as the organic form is in tissues of plants. The most effective and natural is participation of selenium in many physiological processes and biological systems. Introduction in an organism of microquantities of selenium in a case deficiency of selenium promoted strengthening of immunity of the system, the accelerated growth and development, and also increase of efficiency of cattle and a bird.

10.3. Лабораторный практикум

Лабораторная работа 1. Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями (ГОСТ 13586.4–83) (Laboratory work 1. Grain. Methods of definition of infection rate and damage pests (the GOST 13586.4–83))

Настоящий стандарт распространяется на зерно зерновых и семена зернобобовых культур (далее – зерно), предназначенных для продовольственных, кормовых и технических целей, и устанавливает методы определения зараженности и поврежденности вредителями (насекомыми и клещами). Зараженность зерна в явной форме характеризуется наличием живых вредителей (во всех стадиях развития) в межзерновом пространстве. Зараженность зерна в скрытой форме характеризуется наличием живых вредителей (во всех стадиях развития) внутри отдельных зерен. Поврежденными вредителями считают зерна с выеденными снаружи или внутри зерна частично или полностью зародышем, оболочками, эндоспермом или семядолями, при наличии или отсутствии внутри зерна живых (зараженные зерна) или мертвых вредителей.

This standard propagates on grain and seeds of pulse crops of cultures (further – a grain), intended for the food, fodder and technical purposes, and positions methods of definition of infection rate and damage pests (hexapods and mites). Infection rate of grain in the manifestative form is characterized by presence of alive pests (in all stages of develop-

ment) in intergranular space. Infection rate of grain in latent form is characterized by presence of alive pests (in all stages of development) inside separate grains. Damaged pests count grains with eaten outside or inside a grain in part or completely a germ, environments, an endosperm or cotyledons, at presence or absence inside a grain alive (infested grains) or dead pests.

1. Методы отбора проб

1.1. Отбор проб и выделение навесок проводят по ГОСТ 13586.3–83 со следующими дополнениями:

1.1.1. В складах (исключая склады с наклонными полами) и с площадок точечные пробы отбирают и затем формируют из них среднюю пробу отдельно по каждому слою насыпи зерна. При высоте насыпи 1,5 м точечные пробы отбирают из трех слоев: верхнего, среднего и нижнего. При высоте насыпи ниже 1,5 м – из двух слоев: верхнего и нижнего.

1.1.2. В элеваторах, при полной загрузке силосов, пробы отбирают из каждого силоса складским щупом от верхнего слоя (на глубине около 10 см) и среднего с доступной глубины. Из нижних слоев зерна в силосах, а также, если силос заполнен частично, отбор проб производят из струи перемещаемого зерна.

1.1.3. Кроме того, пробы отбирают в местах возможного скопления вредителей: на самых высоких точках поверхности насыпи зерна, в местах наиболее влажных и запыленных, в местах, где слой больше прогревается, вблизи столбов, колонн и стен и присоединяют к пробам из соответствующего слоя насыпи. При наличии на поверхности насыпи комков зерен, оплетенных гусеницами бабочек, эти комки выбирают руками и присоединяют к средней пробе.

1.1.4. При перевозках морским и речным транспортом пробы зерна из трюмов и танков судов отбирают по ГОСТ 12430–66. Отобранные пробы помещают в плотно закрывающуюся тару, исключаящую перемещение насекомых и клещей.

1. Methods of sampling

1.1. Sampling and secretion of shots is carried out in accordance with GOST 13586.3–83 with the following additions:

1.1.1. In warehouses (excepting warehouses with inclined floors) and from platforms dotted tests are culled and an average sample is formed separately on each layer of a dike of grain. At height of a dike dotted tests cull of 1,5 m from three layers: top, center and inferior. At height of a dike 1,5 m – from two layers are lower: top and bottom.

1.1.2. In elevators, at full loading silos, tests are culled from each silage by a warehouse diprod from high layer (on depth about 10 sm) and center from available depth. From low layers of grain in silos, and also if the silage is filled in part, sampling is effected from a jet of transposed grain.

1.1.3. Besides tests are culled in places of a possible clump of pests: on the highest points of a surface of a dike of a grain, in places of the most damp and dusty, in places where the layer gets warm more, near to piles, columns and walls and attach to tests from the conforming layer of a dike. At presence on a surface of a dike of lumps of grains, braided caterpillars of butterflies, these lumps choose arms and attach to an average sample.

1.1.4. At transportation by sea and river transport of test of grain from holds and tanks of courts cull in accordance with GOST 12430–66. The selected tests seat in densely occluded container excluding moving hexapods and mites.

2. Аппаратура и реактивы

2.1. Для определения зараженности и поврежденности зерна в явной форме применяют: весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г; лупу зерновую (кратность 4,5); комплект лабораторных сит из решетного полотна по НД с круглыми отверстиями диаметром 1,5 и 2,5 мм и диаметром обечаек 30 см; механизированное устройство для просеивания зерна; доску анализную (с черным и белым стеклом); часы песочные на 1 или 2 мин; термометр; шпатель; совочек.

2.2. Для определения зараженности и поврежденности зерна в скрытой форме (дополнительно к п. 2.1) применяют: делитель; сетку металлическую или капроновую; бумагу фильтровальную; скальпель или лезвие; секундомер; колбу мерную вместимостью 500 см³; чашки и стаканы вместимостью 200 и 500 см³; калий йодистый 1%-й раствор; йод кристаллический; натр едкий технический или калия гидрат окиси технический 0,5%-й раствор; калий марганцовокислый 1%-й раствор.

2. Instrumentation and reagents

2.1. And damage grains in the manifestative form apply to definition of infection rate: balance laboratory with a margin error weighings no more than 0,01 g; the magnifier grain (frequency rate 4,5); the complete set of test sieves from sieve cloths on НД with round apertures in diameter of 1,5 both 2,5 mm and diameter of rings 30 sm; the mechanized device for sifting a grain; a board of analysis (with black and a white glass); hours sand on 1 or 2 mines; the thermometer; a glass spreading rod; scapula.

2.2. And damage grains in a latent form (it is padding to item 2.1) apply to definition of infection rate: a divider; a grid metal or caproic; a paper filtering; a scalpel or an edge; a stop watch; a retort measuring capacity of 500 sm³; cups and beakers capacity of 200 and 500 sm³; a potassium iodide 1% solution; iodine crystal; caustic soda technical or a potassium a hydrate oxides technical 0,5% solution; a potassium permanganate 1% solution.

3. Проведение анализа

3.1. Определение зараженности зерна насекомыми и клещами в явной форме.

3.1.1. При послойном отборе анализ проводят по средней пробе, отобранной отдельно от каждого слоя, и зараженность устанавливают по пробе, в которой обнаружено наибольшее количество вредителей. Комки зерна, оплетенные гусеницами бабочек, разбирают руками. Обнаруженных вредителей присоединяют к общему количеству вредителей в средней пробе.

3.1.2. После разбора комков среднюю пробу зерна взвешивают, а затем просеивают через набор сит с отверстиями диаметром 1,5 и 2,5 мм вручную в течение 2 мин примерно при 120 круговых движениях в минуту или механизированным способом в соответствии с описанием, приложенным к устройству. Если температура зерна ниже 5 °С, полученные сход и проходы через сито отогревают при 25-30 °С в течение 10-20 мин, чтобы вызвать активизацию насекомых, впавших в оцепенение.

3.1.3. Сход с сита с отверстиями диаметром 2,5 мм помещают на анализную доску, разравнивают тонким слоем и разбирают вручную с помощью шпателя, выявляя наличие крупных насекомых: мавританской козявки, большого мучного и смолянобурого хрущаков и

других. Проход через сито с отверстиями диаметром 2,5 мм помещают на белое стекло анализной доски, а проход через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм – на черное стекло, рассыпая их тонким разреженным слоем; проход через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм рассматривают под лупой. При этом выделяют более мелких вредителей: амбарного и рисового долгоносиков, зернового точильщика, булавоусого и малого мучного хрущаков, суринамского и короткоусого мукоедов, мучного и удлиненного клеща и других.

3.1.4. Мертвых вредителей, а также живых полевых вредителей, не повреждающих зерно при хранении, относят к сорной примеси и при определении зараженности не учитывают.

3.1.5. Обработка результатов.

Полученное количество живых вредителей пересчитывают на 1 кг зерна. При обнаружении зараженности зерна долгоносиками или клещами устанавливают степень зараженности в зависимости от количества экземпляров вредителей в 1 кг зерна, как указано в таблице 4.

Таблица 4

Степень зараженности в зависимости от количества экземпляров вредителей в 1 кг зерна

Степень зараженности	Количество экземпляров вредителей на 1 кг зерна	
	Долгоносики	Клещи
I	От 1 до 5 включительно	От 1 до 20 включительно
II	От 6 до 10 включительно	Свыше 20, но свободно передвигаются и не образуют скоплений
III	Свыше 10	Клещи образуют войлочные скопления

3. Carrying out of the analysis

3.1. Definition of infection rate of grain by hexapods and mites in the manifestative form.

3.1.1. At level-by-level selection the analysis is carried out on an average sample selected separately from each layer, and infection rate position on test in which the greatest quantity of pests is revealed. Lumps of a

grain, braided caterpillars of butterflies, assort arms. The found pests are attached to total of pests in an average sample.

3.1.2. After analysis of lumps an average sample of a grain is weighed, and then sifted through sieve series with apertures in diameter of 1,5 and 2,5 mm manually during 2 mines approximately at 120 circular locomotions in one minute or the mechanized way according to the description enclosed to the device. If the temperature of grain is lower 5°C, received tails and passes through a screen are warmed at 25-30°C during 10-20 mines to cause activization of the hexapods running into catalepsy.

3.1.3. Tailings with apertures in diameter of 2,5 mm are placed on analysis board, leveled a flake and assorted manually with the help of a glass spreading rod, revealing presence of large hexapods: a moorish small beetle, the big farinaceous foods and tarry flour beetles and others. Pass through a screen with apertures in diameter of 2,5 mm is placed on the white glass of analysis boards, and pass through a screen with apertures in diameter of 1,5 mm – on black glass, is scattered in fine rarefied layer; through a screen with apertures in diameter of 1,5 mm consider pass under the magnifier. Thus secrete more shallow pests: barn and rice weevils, a lesser grain borer, rhopalocera and small farinaceous foods flour weevil, surinamese and brachycerous meal beetles, a flour and prolate mite and others.

3.1.4. Dead pests, and also the alive field pests which are not damaging a grain at a storage, fall into a weedy admixing and at definition of infection rate do not take into account.

3.1.5. Processing results

Received quantity of alive pests recalculate for 1 kg of a grain. At detection of infection rate of a grain by weevils or mites position a degree of infection rate in dependence on quantity of copies of pests in 1 kg of a grain as it is specified in table.

Table 4 – the Degree of infection rate in dependence on quantity of copies of pests in 1 kg of a grain

Degree of infection rate	Quantity of copies of pests on 1 kg of grain	
	Weevils	Mites
I	From 1 up to 5 inclusive	From 1 up to 20 inclusive
II	From 6 up to 10 inclusive	More 20, but loosely move and do not form clumps
III	more 10	Mites form tomentose clumps

3.2. Определение зараженности кукурузы в початках.

3.2.1. Для обнаружения зараженности насекомыми кукурузы в початках каждый десятый початок объединенной пробы тщательно осматривают с помощью лупы.

3.2.2. Для обнаружения зараженности початков кукурузы клещами из объединенной пробы берут десять початков, слегка постукивают их друг о друга (попарно) над черным стеклом и затем поверхность стекла просматривают на наличие клещей с помощью лупы. При обнаружении насекомых и клещей устанавливают их количество.

3.3. Определение зараженности зерна вредителями в скрытой форме.

3.3.1. Зараженность зерна в скрытой форме определяют методом раскалывания зерен или методом окрашивания «пробочек» (закрытые отверстия после откладывания яиц).

3.3.2. Зараженность методом раскалывания зерен определяют по навеске массой около 50 г, выделенной из средней пробы. Из навески отбирают произвольно 50 целых зерен и раскалывают их кончиком скальпеля вдоль по бороздке. Расколотые зерна просматривают под лупой и подсчитывают живых насекомых в разных стадиях развития.

3.3.3. Зараженность методом окрашивания «пробочек» определяют по навеске массой около 50 г, выделенной из средней пробы. Из навески отбирают произвольно 250 целых зерен и в сетке опускают их на 1 мин в чашку с водой, имеющей температуру около 30 °С. Зерно начинает набухать, и одновременно увеличивается размер «пробочек». Затем сетку с зерном переносят на 20-30 с в 1%-й свежеприготовленный раствор марганцовокислого калия (на 1 л воды 10 г $KMnO_4$). При этом окрашиваются в темный цвет не только «пробочки», но и поверхность зерен в местах повреждения. Излишек краски с поверхности зерна удаляют путем погружения сетки с зерном в холодную воду. Пребывание в течение 20-30 с окрашенного зерна в воде возвращает ему нормальный цвет при сохранении у зараженных зерен темной выпуклой «пробочки». Извлеченные из воды зерна быстро просматривают на фильтровальной бумаге. К подсчету зараженных зерен следует приступить немедленно, не давая зернам подсохнуть, иначе окраска «пробочек» исчезнет. Зараженные зерна характеризуются круглыми выпуклыми пятнами размером около 0,5 мм, равномерно окрашенными в темный цвет «пробочками», которые оста-

вила самка долгоносика после откладывания яиц. Не относят к зараженным зерна: с круглыми пятнами, с интенсивно окрашенными краями и светлой серединой, которые представляют собой места питания долгоносиков; с пятнами неправильной формы в местах механического повреждения зерна. Зараженные зерна разрезают и подсчитывают количество живых личинок, куколок или жуков долгоносиков.

3.3.4. Обработка результатов.

Содержание зерен, зараженных в скрытой форме (X_3), в процентах вычисляют по формуле

$$X_3 = \frac{n_3}{n} \cdot 100,$$

где n_3 – количество зараженных зерен, шт.;

n – количество зерен, отобранных для анализа, шт.

3.2. Definition of infection rate of corn-on-the-cob.

3.2.1. For detection of infection rate by hexapods of corn-on-the-cob each tenth cob of the aggregated test is carefully examined with the help of the magnifier.

3.2.2. For detection of infection rate spadicaceous corn mites from the aggregated test are taken ten, slightly tapped (in pairs) above black glass and then the surface is flown down and looked through on presence of mites with the help of the magnifier. At detection of hexapods and mites their quantity is positioned.

3.3. Definition of infection rate of grain by pests in a latent form.

3.3.1. Infection rate of grain in a latent form is defined by the method of splitting grains or the method of staining of «probarrels» (the closed apertures after putting off of eggs).

3.3.2. Infection rate by the method of splitting grains is defined on a shot in mass about 50 g, discharged of an average sample. From a shot cull voluntary 50 whole grains and split their tip of a scalpel lengthways on a groove. Cracked grains are looked through under the magnifier and counted up alive hexapods in different stages of development.

3.3.3. Infection rate by the method of staining «probarrels» is defined on a shot in mass about 50 g, discharged of an average sample. From a shot cull voluntary 250 whole grains and in a grid alight them on 1 mines

in a cup with the water having temperature about 30°C. The grain starts to swell, and the dimension of «probarrels» simultaneously increases. Then a grid with grain tolerate on 20-30 with to 1% just prepared solution of a potassium permanganate (on 1 л waters of 10 g KMnO₄). Thus not only «probarrels», but also a surface of grains in places of damage are imbued in dark colour. Surplus of paint from a surface of grain is deleted by dipping a grid with grain in cool water. Stay during 20-30 minutes from painted grain in water reverts to it normal colour at conservation at infested grains of dark convex «probarrel». The grains taken from water are quickly looked through on filter paper. It is necessary to start calculation of infested grains immediately, not yielding grains to dry up, differently colour of «probarrels» will disappear. Infested grains are characterized by round convex maculae the in dimension about 0,5 mm, «probarrels» evenly painted in dark colour which has left *самка* a weevil after putting off eggs. Grains do not fall into infested: With round maculae, with intensively painted edges and the light middle which represent places of a feed of weevils; With irregular-shaped maculae in places of a bruise of grain. Infested grains cut also count up quantity of alive larvas, cocoons or bugs of weevils.

3.3.4. Processing results.

The contents of the grains infested in latent form (X_3) in percentage are calculated under the formula

$$X_3 = \frac{n_3}{n} \cdot 100,$$

where n_3 – quantity of infested grains, pieces;

n – quantity of the grains selected for the analysis, pieces.

4. Обработка результатов

4.1. Округление полученных результатов определений проводят следующим образом. Если первая из отбрасываемых цифр (считая слева направо) меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не меняется, если равна или больше 5, то увеличивается на единицу.

4.2. В карточках для анализа результаты определения как в весе-
вом, так и в процентном отношениях проставляют без округления.

4.3. Результаты определений указывают в документах о качестве
следующим образом: при наличии в зерне клещей и долгоносиков –
степень зараженности; при наличии в зерне других насекомых (хру-
щаков, мукоедов и др.) – количество экземпляров на 1 кг зерна и вид
вредителей; при наличии клещей и насекомых в партиях кукурузы в
початках – «заражена» и проставляют количество и вид вредителей;
при обнаружении скрытой зараженности зерна – «скрытая заражен-
ность ... %» в целых числах; при наличии зараженных и поврежден-
ных семян зернобобовых культур – процент поврежденных семян в
числе зерновой примеси с указанием, в том числе процента семян с
наличием живых или мертвых вредителей. Кроме того, указывается
процент зараженных зерен (до десятых долей процента); содержание
зерен, поврежденных клопом-черепашкой, – до десятых долей про-
цента.

4. Processing results

4.1. Rounding off received results of definitions is carried out as fol-
lows. If the first of droppable figures (considering from left to right) is less
than the 5 last conserved figure does not vary if it is equal or more than 5
increases per unit.

4.2. In cards for the analysis results of definition, both in weight, and
in percentage attitudes are put down without rounding off.

4.3. Results of definitions are specified in quality certificates as fol-
lows: at presence in grain of mites and weevils a degree of infection rate;
At presence in grain other hexapods (flour weevil, meal beetles, etc.) –
quantity of copies on 1 kg of grain and a kind of pests; At presence of
mites and hexapods in parties of a corn–on–the–cob– «is infested» and
quantity put down and a kind of pests; At detection of latent infection rate
of a grain – «latent infection rate...%» in integers; At presence of infested
and damaged seeds of pulse crops of cultures – percent of damaged seeds
among a grain admixing with the instruction, including percent of seeds
with presence of alive or dead pests. Besides the percent of infested grains
(up to the tenth lobes of percent) is underlined; The content of the grains
damaged by a bug – bug, – up to the tenth lobes of percent.

**Лабораторная работа 2. Хлеб и хлебобулочные изделия.
Метод определения влажности (ГОСТ 21094–75)
(Laboratory work 2. Bread and bakery products. The method
of moisture determination (the GOST 21094–75))**

Настоящий стандарт распространяется на хлеб и хлебобулочные изделия и устанавливает метод определения влажности хлеба и хлебобулочных изделий. Сущность метода заключается в высушивании навески изделия при определенной температуре и вычислении влажности.

This standard propagates on bread and bakery products and positions a method of moisture determination of bread and bakery products. The nature of a method consists in drying a shot of a product at fixed temperature and calculation of humidity.

1. Отбор образцов

1.1. Отбор образцов – по ГОСТ 5667.

1. The sampling

1.1. A sampling – in accordance with GOST 5667.

2. Аппаратура и материалы

2.1. Для проведения анализа применяют следующие аппаратуру и материалы: шкаф сушильный электрический; нож, терку или механический измельчитель; чашечки металлические с крышками с внутренними размерами: диаметр – 45 мм; высота – 20 мм; весы лабораторные общего назначения по ГОСТ 24104; эксикатор по ГОСТ 25336; часы.

2. Instrumentation and materials

2.1. To carry out the analysis the following instrumentation and materials are applied: a case drying electrical; a knife, a grater or a mechanical pulper; cups metal with covers with the internal dimensions: diameter – 45 mm; height – 20 mm; balance laboratory of general purpose in accordance with GOST 24104; the exsiccator in accordance with GOST 25336; hours.

3. Подготовка к анализу

3.1. Заготовленные металлические чашечки с подложенными под дно крышками помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры 130°C, и выдерживают при этой температуре 20 мин, затем помещают в эксикатор, дают остыть, после чего тарируют с погрешностью не более 0,05 г.

3. Preparation for the analysis

3.1. The prepared metal cups with the covers are enclosed under a bottom seat in a desiccator, preheated up to temperature 130°C, and maintained at this temperature of 20 minutes, then placed in the exsiccator, yield to cool down, then tared with a margin error no more than 0,05.

4. Проведение анализа

4.1. Определение влажности хлеба и хлебобулочных изделий массой более 0,2 кг.

4.1.1. Лабораторный образец разрезают поперек на две приблизительно равные части и от одной части отрезают ломоть толщиной 1-3 см, отделяют мякиш от корок на расстоянии около 1 см, удаляют все включения (изюм, повидло, орехи и др., кроме мака). Масса выделенной пробы не должна быть менее 20 г.

4.1.2. Подготовленную пробу быстро и тщательно измельчают ножом, теркой или механическим измельчителем, перемешивают и тотчас же взвешивают в заранее просушенных и тарированных металлических чашечках с крышками две навески, по 5 г каждая, с погрешностью не более 0,05 г.

4.1.3. Навески в открытых чашечках с подложенными под дно крышками помещают в сушильный шкаф. В шкафах марок СЭШ-1 и СЭШ-3М навески высушивают при температуре 130°C в течение 45 мин с момента загрузки до момента выгрузки чашечек. Продолжительность понижения и повышения температуры до 130°C после загрузки сушильного шкафа не должна быть более 20 мин. Высушивание проводят при полной загрузке шкафа. Для более ровного высушивания навесок в сушильном шкафу марки СЭШ-1 в процессе сушки производят двух-, трехкратный поворот диска с чашечками, в

шкафу марки СЭШ-3М диск вращается автоматически с включением основного нагрева. Допускается высушивать навески в электрошкафах других марок. При этом навески в открытых чашечках с подложенными под дно крышками помещают в предварительно нагретый шкаф и сушат в течение 40 мин при температуре 130 °С. Температура 130 °С с момента загрузки чашечек в сушильный шкаф должна быть достигнута в течение не более 10 мин. В процессе сушки в сушильных шкафах всех марок допускается отклонение от установленной температуры ± 2 °С.

4.1.4. После высушивания чашечки вынимают, тотчас закрывают крышками и переносят в эксикатор для охлаждения. Время охлаждения не должно быть менее 20 мин и более 2 ч. После охлаждения чашечки взвешивают.

4. Carrying out the analysis

4.1. Moisture determination of bread and bakery products in mass more than 0,2 kg.

4.1.1. A laboratory sample is cut across on two approximately equal parts and from one part piece depth of 1-3 sm is cut, then they abjoint a crumb from crusts on distance about 1 sm, delete all inclusions (raisin, jam, walnuts, etc., except for a poppy). The mass of discharged test should not be less than 20.

4.1.2. Preformed test is quickly and carefully milled with a knife, a grater or a mechanical pulper, stirred and immediately two shots, on 5 g everyone, with a margin error no more than 0,05 are weighed in metal calyxes with covers beforehand dried and tared.

4.1.3. Shots in the open calyxes with the covers are enclosed under a bottom seat in a desiccator. In cases of marks СЭШ-1 and СЭШ-3М shots are dried up at the temperature of 130 °С during 45 mines from the moment of loading till the moment of unloading calyxes. Duration of depressing and rise in temperature up to 130 °С after loading a desiccator should not be more than 20 minutes. Drying is carried out at full loading a case. For more smooth drying shots in a drying case of mark СЭШ-1 during drying effect two, triple turn of a disc with calyxes, in a case of mark СЭШ-3М the disc rotates automatically with inclusion of the basic heating. It is supposed to dry up shots in electrocases of other marks. Thus

shots in the open calyxes with the covers enclosed under a bottom seat in a preheated case and dry during 40 minutes at temperature 130 °C. The temperature 130 °C from the moment of loading calyxes in a desiccator should be achieved within no more than 10 minutes. During drying in desiccators of all marks the deflection from the established temperature ± 2 °C is supposed.

4.1.4. After drying a cup is taken out, immediately covered and tolerated to the exsiccator for refrigerating. Cooling time should not be less than 20 minutes and more than 2 h. After refrigerating a cup is weighed.

4.2. Определение влажности хлебобулочных изделий массой 0,2 кг и менее.

4.2.1. Из середины отобранного лабораторного образца вырезают ломти толщиной 3-5 см, отделяют мякиш от корок и удаляют все включения (изюм, повидло, орехи и др., кроме мака). Масса выделенной пробы не должна быть менее 20 г.

4.2.2. Изделия, влажность которых определяют вместе с корочкой (например, ржаные лепешки, майская лепешка и т. п.), разрезают на четыре примерно равные части (сектора), затем выделяют одну часть от каждого лабораторного образца и удаляют все включения (кроме мака). Масса выделенной пробы не должна быть менее 50 г. Далее влажность определяют как указано в пп. 4.1.2-4.1.4.

4.2. Moisture determination of bakery products in mass of 0,2 kg and less.

4.2.1. From the middle of the selected laboratory sample is cut out into pieces depth of 3-5 sm, a crumb from crusts is abjoined and all inclusions are deleted (raisin, jam, walnuts, etc., except for a poppy). The mass of discharged test should not be less than 20.

4.2.2. Products humidity which is defined together with a crust (for example, rye flat cakes, a May flat cake, etc.), are cut into four about equal parts (sector), then they secrete one part from each laboratory sample and delete all inclusions (except for a poppy). The mass of discharged test should not be less than 50. Further humidity define as it is specified in item 4.1.2-4.1.4.

5. Обработка результатов

5.1. Влажность (W) в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100,$$

где m_1 – масса чашечки с навеской до высушивания, г;

m_2 – масса чашечки с навеской после высушивания, г;

m – масса навески изделия, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Допускаемые расхождения между результатами параллельных определений влажности в одной лаборатории, а также между результатами одновременных определений влажности лабораторных образцов, отобранных из одной и той же средней пробы в разных лабораториях, не должны превышать 1%. Влажность вычисляют с точностью до 0,5%, причем доли до 0,25 включительно отбрасывают; доли свыше 0,25 и до 0,75 включительно приравнивают к 0,5; доли свыше 0,75 приравнивают к единице.

5. Processing results

5.1. Humidity (W) in percentage is calculated under the formula

$$W = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100,$$

where m_1 – mass of a cup with a shot before drying, g;

m_2 – mass of a cup with a shot after drying, g;

m – mass of a shot of a product, g.

For final result center arithmetic results of two collateral definitions are accepted. Admitted apostatises between results of collateral moisture determinations in one laboratory, and also between results of simultaneous moisture determinations of the laboratory samples are selected from the same average sample in different laboratories, they should not exceed 1 %. Humidity is calculated to within 0,5 %, and lobes up to 0,25 inclusive reject; lobes from above 0,25 and up to 0,75 inclusive equate to 0,5; lobes from above 0,75 equate to unit.

Лабораторная работа 3. Мука и отруби. Метод определения крупности (ГОСТ 27560–87)
(Laboratory work 3. Meal and bran. The method of defining size (the GOST 27560–87))

Настоящий стандарт распространяется на муку и отруби и устанавливает метод определения крупности.

1. Методы отбора проб

Отбор проб – по ГОСТ 27668.

2. Аппаратура

Весы лабораторные общего назначения с допускаемой погрешностью взвешивания $\pm 0,1$ и $\pm 0,01$ г; рассев лабораторный с частотой колебаний 180-200 об/мин; комплект лабораторных сит из шелковой или синтетической ткани по ГОСТ 4403 и из проволочной сетки №45 и №067; диаметр обечаек сит 20,0 см; очистители сит – резиновые кружочки диаметром около 1,0 см, толщиной 0,3 см и массой около 0,5 г каждый; емкости для навесок.

This standard propagates on meal and bran and positions a method of definition of size.

1. Methods of sampling

Sampling – in accordance with GOST 27668.

2. Instrumentation

Balance laboratory of general purpose with admitted error of weighing $\pm 0,1$ and $\pm 0,01$ g; a sowing laboratory with vibration frequency of 180-200 rpm; the complete set of test sieves from a silk or synthetic tissue in accordance with GOST 4403 and from a wire mesh №45 and №067; diameter of rings of screens of 20,0 sm; cleaners of screens – rubber irrigators in diameter about 1,0 sm, depth of 0,3 sm and mass about 0,5 g everyone; containers for shots.

3. Проведение испытания

3.1. Определение массы навесок при номинальном значении $m_n \geq 25$ г проводят до десятых долей грамма, при $m_n < 25$ г – до сотых долей грамма.

3.2. Определение крупности продукта проводят в навеске, выделенной из средней пробы, массой 50 г. Для определения крупности подбирают сита, установленные нормативно-техническими документами на соответствующий вид продукта. Навеску продукта высыпают на верхнее сито, закрывают крышкой, закрепляют набор сит на платформе отсева и включают рассев. По истечении 8 мин просеивание прекращают, постукивают по обечайкам сит и вновь продолжают просеивание в течение 2 мин. При просеивании навески продукта на каждое сито помещают 5 очистителей. По окончании просеивания очистители с сит удаляют. Остаток верхнего сита и проход нижнего сита взвешивают и выражают в процентах к массе взятой навески. Допускается просеивание навески вручную при соблюдении условий, указанных выше.

3.3. Если влажность продукта выше 16,0%, то его подсушивают при комнатной температуре в течение 1-2 ч в рассыпанном виде при регулярном перемешивании до влажности 15,0-16,0%. Определение влажности проводят по ГОСТ 27668.

3. Carrying out of test

3.1. Definition of mass of shots at rated value $m_n \geq 25$ g carry out up to the tenth lobes of gramme, at $m_n < 25$ g – up to the 100-th lobes of gramme.

3.2. Definition of a product size is carried out in a shot, discharged of an average sample, mass of 50. For defining size they select screens established by normative and technical documents on the conforming kind of a product. Shot of a product is poured out on the top screen, covered, sieve series are fixed on a platform of a sowing and sowing is included. 8 minutes later sifting is stopped, tapped on rings of screens and again sifting is continued within 2 minutes. At sifting a shot of a product on each screen 5 cleaners are placed. After the terminal of sifting cleaners from screens are

deleted. The rest of the top screen and pass of the inferior screen is weighed and expressed in percentage to mass of a taken shot. Sifting a shot is supposed manually at observance of the conditions which have been mentioned above.

3.3. If humidity of a product is higher than 16,0 % it is dried at ambient temperature within 1-2 h in the scattered kind at regular agitating up to humidity of 15,0-16,0 %. Moisture determination is carried out in accordance with GOST 27668.

4. Оценка результатов

4.1. В карточках для анализа результаты определения в весовом и процентном выражении проставляют без округления.

4.2. В лабораторных журналах результаты определения проставляют: при результате определения до 0,5% – с точностью до 0,1%, а свыше 0,5% – с точностью до 1,0%.

4.3. Округление результатов испытаний проводят следующим образом: если первая из отбрасываемых цифр меньше пяти, то последнюю сохраняемую цифру не меняют; если первая из отбрасываемых цифр больше или равна пяти, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

4.4. Значения допускаемых расхождений при контрольных определениях крупности пшеничной и ржаной муки указаны в таблице. Для всех других видов муки значение допускаемого расхождения по остатку на сите не должно превышать 2,0%. Для отрубей значение допускаемого расхождения по проходу через сито не должно превышать 2,0%.

4.5. При контрольном определении за окончательный результат испытания принимают результат первоначального определения, если расхождение между результатами контрольного и первоначального определений не превышает допускаемого расхождения, устанавливаемого по результату контрольного определения. При превышении значения допускаемого расхождения за окончательный результат испытания принимают результат контрольного определения.

Значения допускаемого расхождения (% , не более)
для разных видов муки

Вид муки	Значение допускаемого расхождения, %, не более	
	по остатку на сите	по проходу через сито
Мука макаронного помола: высшего сорта первого и второго сортов	2,0	4,0
	1,0	4,0
Мука пшеничная и ржаная хлебопекарная: высшего сорта крупчатка, второго сорта, пшеничная и ржаная обой- ная, ржаная обдирная пшеничная первого сорта и ржаная сеяная	2,0	–
	1,0	4,0
	1,0	6,0

4. The assessment of results

4.1. In cards for the analysis results of definition in weight and percentage expression are put down without rounding off.

4.2. In laboratory magazines results of definition are put down: at result of definition up to 0,5 % – to within 0,1 %, and over 0,5 % – to within 1,0 %.

4.3. Rounding off of test data is carried out as follows: if the first of droppable figures is less than five the last conserved figure is not changed; if the first of droppable figures is more or equal to five the last conserved figure is increased by unit.

4.4. Values of admitted apostatises at control defining size of wheaten and rye flour are specified in the table. For all other kinds of a flour value of admitted apostatis on a sieve residue should not exceed 2,0 %. For bran value of admitted apostatis on pass through a screen should not exceed 2,0 %.

4.5. At control definition for final result of test accept result of pristine definition is accepted if the apostatis between results of control and pristine definitions does not exceed the admitted apostatis positioned by result of control definition. At excess of value of admitted apostatis for final result of test accept result of control definition is accepted.

Values of admitted apostatis (% , no more) for different kinds of a flour

Kind of a flour	Value of admitted apostatis, %, no more	
	On a sieve residue	On pass through a screen
Meal of a macaroni grist: superior grade the first and second grades	2,0	4,0
	1,0	4,0
Meal wheaten and rye baking: superior grade gritty flour, the second grade, wheaten and rye who- lemeal, rye peeled wheaten a first class and rye tame	2,0	–
	1,0	4,0
	1,0	6,0

**Лабораторная работа 4. Мука. Метод определения автолитической активности (ГОСТ 27495–87)
(занятие на русском языке)**

Настоящий стандарт распространяется на муку и устанавливает метод определения автолитической активности.

Сущность метода заключается в определении количества водорастворимых веществ, образующихся при прогревании водно-мучной болтушки, с помощью рефрактометра.

1. Метод отбора проб

Отбор проб – по ГОСТ 27668.

2. Аппаратура и реактивы

Весы лабораторные общего назначения с допускаемой погрешностью взвешивания $\pm 0,05$ г. Рефрактометр марки РПЛ-2 или аналогичного типа с погрешностью измерения не более 0,04% сухих веществ по сахарозе. Баня водяная лабораторная шестигнездная вме-

стимостью 1,5-1,8 дм³, диаметром 18-20 см, высотой 9-10 см, с обогревом, обеспечивающим равномерное кипение воды. Вода дистиллированная по ГОСТ 6709. Пипетка исполнения 3, 1-го класса точности, вместимостью 10 см³ по ГОСТ 29227. Стаканчики фарфоровые вместимостью 50 см³ по ГОСТ 9147. Воронки стеклянные диаметрами 56, 75 и 200 мм по ГОСТ 25336. Бумага фильтровальная лабораторная марки ФНС по ГОСТ 12026. Палочки стеклянные.

Примечание. Допускается использовать мерную посуду и другие средства измерений, имеющие аналогичные метрологические характеристики.

3. Проведение испытания

3.1. Навеску муки массой (1,00±0,05) г переносят в фарфоровый стаканчик, предварительно взвешенный вместе со стеклянной палочкой.

Затем пипеткой добавляют (10,00±0,02) см³ дистиллированной воды и содержимое тщательно перемешивают стеклянной палочкой, остающейся в стаканчике в течение всего определения.

Заполненные стаканчики погружают в равномерно кипящую водяную баню так, чтобы уровень жидкости в стаканчиках был на 0,75-1,0 см ниже уровня воды в бане.

Если количество анализируемых проб меньше, чем количество гнезд в бане, то в свободные гнезда опускают стаканчики, заполненные дистиллированной водой по (10,00±0,02) см³ в каждый.

Прогревание проводят в течение 15 мин, помешивая палочкой первые 1-2 мин для равномерной классификации. Помешивание ведут одновременно в двух стаканчиках.

По окончании клейстеризации стаканчики накрывают большой стеклянной воронкой или каждый стаканчик отдельной воронкой для предотвращения излишнего испарения. По истечении прогревания стаканчики одновременно (вместе с крышкой) вынимают из бани и к их содержимому немедленно при постоянном помешивании приливают по (20±0,02) см³ дистиллированной воды, затем энергично перемешивают и охлаждают до комнатной температуры. Затем общую массу охлажденного автолизата доводят на весах до (30±0,05) г, для чего обычно требуется прилить около 0,2-0,5 г воды. После этого со-

держимое стаканчиков вновь тщательно перемешивают палочкой (до появления пены) и фильтруют через складчатый фильтр.

Ввиду того, что при этом разведении получаются вязкие, трудно фильтрующиеся автолизаты, рекомендуется на фильтр сливать слой жидкости, а осадок оставлять в стаканчике.

Фильтрование каждой пробы следует начинать непосредственно перед определением сухих веществ на рефрактометре.

При фильтровании две первые капли отбрасывают, а последующие 2-3 капли наносят на призму рефрактометра.

Определение на рефрактометре проводят согласно инструкции, приложенной к нему.

3.2. Для пересчета на сухое вещество определяют влажность муки по ГОСТ 9404.

4. Обработка результатов

4.1. Количество водорастворимых веществ в муке (X) в пересчете на сухое вещество в процентах вычисляют по формуле

$$X_3 = \frac{a \cdot 100}{100 - W_M},$$

где a – количество сухих веществ, определяемых по таблице, прилагаемой к рефрактометру, или непосредственно на шкале прибора, умноженное на 30%;

W_M – влажность муки, %.

4.2. Вычисления проводят с точностью до первого десятичного знака. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допустимое расхождение между которыми не должно превышать 3%.

4.3. Округление результатов испытаний проводят следующим образом: если первая из отбрасываемых цифр меньше пяти, то последнюю сохраняемую цифру не меняют; если же первая из отбрасываемых цифр больше или равна пяти, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

Лабораторная работа 5. Мука пшеничная. Определение содержания сухой клейковины (ГОСТ 28797–90, ИСО 6645–81) (занятие на русском языке)

1. Назначение и область применения

1.1. Настоящий стандарт устанавливает метод определения сухой клейковины в пшеничной муке. Метод может быть использован также для определения влажности сырой клейковины.

1.2. Метод применим к различным сортам муки из мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) как промышленных, так и опытных помолов и используется в экспортных операциях, а также при проведении научно-исследовательских работ.

2. Сущность метода

Высушивание и взвешивание шарика сырой клейковины.

3. Аппаратура

3.1. Скальпель или нож. Металлическая или стеклянная пластина 5x5 см. Сушильный шкаф, установленный на 130°C, с погрешностью $\pm 2^\circ\text{C}$. Эксикатор, снабженный эффективным дегидрантом. Весы с погрешностью до 0,01 г.

4. Методика

4.1. Навеска.

На пластину, предварительно взвешенную с погрешностью до 0,01 г, поместить отжатую сырую клейковину, сформованную в виде шарика, затем взвесить пластину с сырой клейковиной с погрешностью до 0,01 г.

4.2. Проведение анализа.

Поместить пластину и навеску в сушильный шкаф при 130°C примерно на 2 ч. Вынуть пластину из шкафа и сделать 3-4 параллельных надреза на частично высушенной клейковине с помощью скальпеля или ножа. Затем снова поместить в шкаф примерно на 3 ч, так чтобы общее время сушки составило 5 ч.

Вынуть пластину с сухой клейковиной и охладить их в эксикаторе до температуры лаборатории (примерно 30 мин), затем взвесить с погрешностью до 0,01 г.

5. Обработка результатов

5.1. Метод расчета и формулы.

5.1.1. Содержание сухой клейковины в процентах к массе продукта равно

$$\frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100,$$

где m – масса навески, взятая для определения сырой клейковины, г (т.е. 10,00 г по ГОСТ 28796);

m_0 – масса пластины, г;

m_1 – масса пластины и сухой клейковины, г.

Примечание. Допускается выразить процентное содержание сухой клейковины в пересчете на сухое вещество муки.

5.1.2. Влажность сырой клейковины в процентах равна

$$\frac{(m_2 - m_1) \cdot 100}{m_2 - m_0},$$

где m_0 – масса пластины, г;

m_1 – масса пластины и сухой клейковины, г;

m_2 – масса пластины и сырой клейковины, г.

5.2. Сходимость результатов.

Расхождение между результатами двух определений, выполненных одновременно или в быстрой последовательности одним и тем же лаборантом с использованием одной и той же аппаратуры, не должно превышать 0,5 % сухой клейковины.

10.4. Задания для самостоятельной работы

Задание для самостоятельной работы 1 (комбикормовое производство)

Найти в тексте представленные слова темы 10.1-10.2 и записать их в таблице 6 на английском языке.

Таблица 6

Тема 10.1. Сведения о комбикормах. Комбикормовая продукция и рецепты	Тема 10.2. Технология производства премиксов
1	2
комбинированный корм	биохимия
компонент	зерно
зерно	продукты
отруби	переработка
жмыхи	комбикорм
сено	технология производства
солома	премикс
рыбная мука	биологический
однообразная смесь	активный
овсяная мука	вещество
пшеница	состав
пшеничные отруби	устойчивый
питательные вещества	неустойчивый
состав	соединение
смесь	смесь
набор	совместимость
организм	микроэлементы
белок	вступать
минеральная соль	реакция
витамин	витамины
аминокислота	разрушать
животное	ухудшать
корм	качество
продукция	хранение
развитие	производство
снижаемость	несовместимый
жизнеспособность	добавки
результат	окончательный
рацион	стадии производства

Продолжение табл. 6

1	2
птица	рибофлавин
сочетание	никотиновая кислота
перевариваемость	холинхлорид
жир	метионин
углевод	соли минеральных веществ
микроэлемент	физический
основа	химический
клетка	условие
фермент	форма
гормон	структура
ценность	обогачитель
рост	биостимулятор
заболевание	сырье
сырой	трава
протеин	мука
азотистое соединение	облученный
амид	кормовой
промежуточный продукт	дрожжи
растение	операция
синтез	элемент
аммиак	микродобавки
значение	обогащение
семя	обогащенный
стебель	разница
листок	защитный
корень	нейтральный
клубни	наполнитель
энергетический запас	разделять
охлаждение	естественный
механическое повреждение	антиокислитель
откорм	зародыш
свинья	пшеница
безазотистый	овсяная мука
химическое превращение	жир
энергия	побочный
жизненный процесс	отруби
мышечная работа	вид
гликоген	использовать
животный крахмал	устойчивость
сахар	свойство
процент	измельчение

Продолжение табл. 6

1	2
растительный корм	крупный
крахмальное зерно	мелкий
неравномерно	компонент
химические свойства	роль
злаковая культура	медь
желудочный сок	железо
глюкоза	животное
биологический катализатор	вес
химическая реакция	тело
пищеварительный тракт	обеспечивающий
липид	питание
препарат	минимальный
усвояемость	количество
продуктивность	люди
трудноусвояемый	многие
антипитательный	растения
премикс	ферменты
сера	гормоны
калий	вырабатываемый
кальций	организм
магний	процесс
железо	жизнедеятельность
фосфор	содержащийся
натрий	окружающая среда
почва	играть
раствор	многочисленный
вещество	доказывать
всасывание	воздействие
пища	рост
возбудимость	внутриклеточный
нерв	обмен
мышца	тканевой
костная ткань	дыхание
кожный покров	синтез
кровь	белки
молоко	углеводы
железа	участие
секреция	гемоглобин
авитаминоз	необходимый
гипервитаминоз	кормовой рацион
вид	предотвращение

Продолжение табл. 6

1	2
возраст	анемия
концентрат	знать
протеин	оказывает влияние
микродобавка	деятельность
кормовая смесь	нервная
белковая добавка	система
наполнитель	дефицит
рецепт	кровь
формула	значительно
продукция	понижаться
кормление	истощение
колхоз	запасы
совхоз	опасность
научно-исследовательская организация	отлагаться
генетическая	печень
порядковый номер	почки
производственная	костный мозг
номер	легкие
крупный скот	мышцы
рогатый	источник
молодняк	корма
группа	вода
возможность	составная часть
витаминная добавка	окислительный
кормление	важный
обеспечивать	компонент
гармоничное сочетание	мел
живых	известняк
клетка	ракушечная мука
восстановление	крупа
построение	усвоение
ткань	нарушаться
выработка	заболевание
недостатке	молодняк
количестве	встречаться
защищать	поросенок
способствовать	кобальт
выделяться	йод
распределяться	крупный рогатый скот
питание	синтез

Окончание табл. 6

1	2
минеральная добавка	азотистый
ускорять	обмен
легкоусвояемый	способствовать
повышение	накопление
непосредственно	включение
ускорять	увеличиваться
избыток	аскорбиновая кислота
вид	недостаток
поддержание	реагировать
функция	зобная железа
белок	поджелудочная железа
внешний	селезенка
внутренний	птица
источник	перья
продолжительный	составная часть
скармливаемый	щитовидная железа
сочный	обмен веществ
грубый	размер
обеспечивающий	опухоль
полнорационный	иммунитет
однородный	йодистый калий
необходимый	дозировка
предназначенный	зависеть
измельченный	чувствительность
ввод	овцы
производить	марганец
разрабатывать	цинк
нумеровать	воспроизводство (репродукция)
присваивать	способность
обозначать	половое созревание
число	сахар
означать	дополнительный
дефис	добавка
фтор	силос
молибден	сено
селен	солома
избыток	всасывание
токсическое явление	окислительно-восстановительный
хроническое отравление	благоприятное действие
структурные изменения	инфекционный

Задание для самостоятельной работы 2 (лабораторные работы 1–3)

Найти в тексте представленные слова из лабораторных работ 10.3–10.5 и записать их в таблице 7 на английском языке.

Таблица 7

1	2
зерно	секундомер
работа	колба
стандарт	мерная
распространение	вместимость
семя	чашка
предназначение	стакан
культура	калий
продовольственный	йод
кормовой	кристаллический
технический	натр едкий
цель	гидрат
установление	окись
метод	раствор
зараженность	марганцовоокислый
поврежденность	явная
вредитель	анализ
насекомое	количество
клещ	разбирать
стадия	взвешивание
развитие	просеивание
межзерновой	движение
пространство	минута
отдельный	способ
снаружи	описание
внутри	температура
частично	активизация
полностью	оцепенение
зародыш	доска
оболочка	мавританская козявка
эндосперм	мучной
семядоля	проход
наличие	рассыпать
отсутствие	мелкие

Продолжение табл. 7

1	2
проба	амбар
навеска	рис
проводить	долгоносик
дополнение	точильщик
склад	мукоед
площадка	полевой
насыпь	хранение
слой	сорная
высота	примесь
элеватор	учитывать
загрузка	степень
силос	экземпляр
глубина	скопление
струя	войлочное
перемещение	кукуруза
скопление	постукивание
высокий	раскалывание
точка	окрашивание
поверхность	отверстие
влажный	откладывание
запыленный	яйцо
прогрев	бороздка
столб	масса
колонна	целое
стена	набухание
комок	излишек
гусеница	краска
бабочка	удаление
средний	вода
перевозка	пребывание
морской	цвет
речной	круглый
транспорт	пятно
тара	выпуклый
аппаратура	место

Окончание табл. 7

1	2
реактив	питание
весы	разрез
лабораторный	личинка
погрешность	куколка
взвешивание	жук
лупа	обработка
комплект	содержание
сито	результат
полотно	вычисление
отверстие	формула
диаметр	округление
механизировать	цифра
устройство	карточка
просеивание	вес
черное	процент
белое	отношение
стекло	документ
часы	качество
термометр	партия
шпатель	вид
совочек	примесь
форма	живой
лезвие	клоп-черепашка
делитель	доля
металлическая	фильтр
капроновая	бумага
сетка	скальпель

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Белки зерна

1. Какие элементы и в каком количестве входят в состав белков?
2. Какова биологическая роль белков в организме?
3. Какими свойствами обладают белки?
4. Какие аминокислоты входят в состав белков?
5. Какие основные формы связей в белке существуют?
6. Дайте определения первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуры белка.
7. Что такое денатурация белковой молекулы?
8. Как классифицируются белки?
9. Что представляет собой небелковый азот?
10. Что представляют собой запасные белки?
11. Какие способы выделения белков существуют?
12. Какие белки называются биологически полноценными?
13. Что такое клейковина, каково ее значение?
14. Какой состав и свойства имеет клейковина?
15. Поясните отличия между тремя группами теорий формирования строения и качества клейковины.
16. Какая пшеница называется сильной, средней, слабой?
17. В чем заключается смешительная ценность зерна пшеницы, от чего она зависит?
18. Какие известны методы определения количества и качества клейковины?
19. Какие факторы влияют на выход и качество клейковины?

2. Витамины зерна

1. Дайте определение витаминам.
2. Дайте общую характеристику витаминам.
3. В чем заключается биологическое действие витаминов?
4. На какие группы классифицируют витамины?
5. Назовите патологические состояния, обусловленные отсутствием, недостатком или избытком витаминов в организме?
6. Какие важнейшие водорастворимые витамины содержатся в зерне?

7. В чем состоит значение тиамина, рибофлавина, ниацина в зерне?
8. Укажите три активные формы витамина В₆.
9. Какие функции выполняет биотин?
10. Какова роль аскорбата, пантотеновой кислоты, рутина и витамина В₉ в зерне?
11. Какие жирорастворимые витамины входят в состав зерна?
12. Укажите разницу между витаминами А₁ и А₂.
13. Какие провитамины ретинола содержатся в зерне?
14. Каким образом провитамины группы Д растений превращаются в витамины группы Д в организме человека?
15. Как называются провитамины группы Д в растениях?
16. Какие растительные масла богаты провитамином Д?
17. В каких зерновых культурах встречается токоферол?
18. Назовите известные витаминоподобные вещества.
19. Какие жирные кислоты относятся к полиненасыщенным? Какова их биологическая роль?
20. Что такое антивитамины, каков характер их действия?

3. Ферменты зерна

1. Что такое ферменты?
2. Каково значение ферментов для живых организмов?
3. Какое строение имеют ферменты? Дайте определения простетической группы, апофермента, кофермента. Что такое кофакторы ферментов?
4. В чем заключается специфичность ферментов?
5. Какими свойствами обладают ферменты?
6. Каков механизм действия ферментов?
7. Что такое активность фермента? Дайте определение катала.
8. Как влияет температура, рН среды на активность ферментов?
9. Объясните сущность обратимого и необратимого ингибирования ферментов.
10. Что означает конкурентное и неконкурентное ингибирование?
11. Дайте определение изозимов ферментов.
12. Поясните практическое применение ферментов в народном хозяйстве: в хлебопекарной промышленности, в пивоварении и спиртовой промышленности, в кулинарии, в молочной промышленности.

4. Углеводы зерна

1. Каково значение углеводов в жизни растений и в питании человека?
2. Какие функции в клетке выполняют углеводы?
3. Как классифицируются углеводы, входящие в состав зерна?
4. Что такое моносахариды, каковы их состав и свойства?
5. Какие важнейшие пентозаны и гексозаны встречаются в зерне?
6. Чем отличаются D- и L-формы сахаров?
7. Дайте определение мутаротации.
8. Что такое гликозиды?
9. Что такое гликозидный гидроксил, каково его участие в процессах, совершающихся в зерне?
10. Каков состав, свойства и значение в зерне мальтозы и сахарозы?
11. Каков состав, свойства и значение в зерне трисахарида рафинозы?
12. Чем характеризуется крахмал? Каково его содержание и распределение в зерне, состав и свойства?
13. Что такое крахмальные зерна, каковы их состав, свойства?
14. Что такое декстрины, каковы их состав, свойства и влияние на качество хлеба?
15. Какие виды декстринов известны?
16. Каков состав и свойства гликогена?
17. Каково содержание, состав и свойства слизи в зерне?
18. Какую роль в зерне играют левулезаны?
19. Что представляет собой клетчатка, каковы ее состав, свойства?
20. Каковы особенности гемицеллюлоз, их состава и участия в процессах при переработке зерна?

5. Липиды зерна

1. Какие вещества называют липидами, каковы их общие свойства?
2. Как классифицируются липиды?
3. Какие функции выполняют липиды в растительном организме?
4. Что представляют собой простые липиды (жиры и воски)?

5. Каково содержание жира в зерне, каковы его состав, свойства, значение?
6. Что такое эссенциальные жирные кислоты?
7. В чем заключается прогоркание жира?
8. Что представляют собой числа кислотное, йодное, омыления, что они показывают, как определяются?
9. Чем фосфатиды отличаются от жиров, каковы их свойства?
10. Каково содержание и формы фитина в зерне, каковы его особенности и значение?
11. Что такое стерины (стеролы) и стериды, входящие в состав зерна, каково их строение и значение?
12. Что представляет собой эргостерол?
13. В чем различие между свободными, связанными и прочно-связанными липидами?
14. Какие красящие вещества входят в состав зерна?
15. Каков состав и значение хлорофилла в зерне?
16. От чего зависит КПД фотосинтеза у растений?
17. Какие существуют модификации каротина?
18. Как пигментация каротиноидами зерна хлебных злаков влияет на их технологические достоинства?
19. Каков состав и значение в зерне флавоноидов, антоцианов и флавонов?
20. Что представляют собой красящие вещества зерна, образующиеся в результате взаимодействия соединений, входящих в состав зерна?
21. Какова роль меланоидинов для качества зерна при его хранении и переработке?
22. Какая связь существует между цветом и качеством зерна?
23. Что представляют собой фенольные соединения зерна?
24. Каковы состав и свойства фенольных соединений зерна?

6. Минеральные вещества, влага и кислотность зерна

1. Укажите разницу между макроэлементами, микроэлементами и ультрамикроэлементами зерна.
2. Значение минеральных веществ для процессов, происходящих в зерне.
3. Какова роль макроэлементов (фосфора, серы, калия, натрия, кальция, магния, железа) в растениях?

4. Чем обусловлено значение микроэлементов в растительном организме?
5. Что такое зольность зерна, ее величина, состав, производственное значение?
6. Каковы особенности распределения зольности по анатомическим частям зерна, какое это имеет значение?
7. В чем заключаются недостатки зольности как показателя выхода сортовой муки и ее качества?
8. Какие наиболее опасные токсичные элементы входят в число обязательных компонентов пищевых продуктов, подвергаемых контролю при международной торговле?
9. Чем обусловлено накопление в зерне токсичных веществ?
10. Что такое влажность зерна, каково ее значение для его хранения и переработки?
11. Дайте определение разных видов связи влаги в зерне.
12. Укажите разницу между свободной и связанной влагой.
13. Какое значение имеет связанная, гигроскопическая, равновесная вода в зерне?
14. В чем заключается явление термовлагопроводности в производственных условиях хранения зерна?
15. Какие процессы протекают в зерне при увлажнении его капельно-жидкой влагой?
16. От чего зависит кислотность зерна? Как изменяется кислотность при хранении зерна?
17. Какими методами определяют кислотность зерна?
18. Какая разница в кислотности, определенной по водной, спиртовой и эфирной вытяжке?

7. Дыхание зерна

1. Для чего необходимо дыхание живому организму?
2. Какие вещества зерна участвуют в процессе дыхания?
3. Напишите суммарные уравнения аэробного и анаэробного дыхания.
4. Какие условия необходимы для дыхания?
5. Как влияет влажность и температура на интенсивность дыхания зерна?
6. Как зависит интенсивность дыхания зерна от его качества и физиологического состояния?

7. Что представляют собой процессы брожения, каковы их конечные продукты?
8. Перечислите основные типы брожения.
9. Поясните роль спиртового и молочнокислого брожения в хлебопечении.
10. В чем заключается генетическая связь между процессами брожения и дыхания?
11. Какие процессы протекают на общем этапе брожения и дыхания (гликолизе)?
12. Приведите реакции превращения пировиноградной кислоты при брожении.
13. В чем заключается механизм дыхания?
14. Каков суммарный баланс дыхания?
15. Каковы особенности процесса окислительного фосфорилирования?
16. Каковы различия между процессами горения и дыхания?

8. Комбикормовое производство

1. Что представляет собой комбикорм?
2. Назовите питательные вещества кормов.
3. Какие питательные вещества составляют основу комбикормов?
4. Охарактеризуйте значение белковых веществ, белков, жиров, углеводов, ферментов в комбикормах.
5. Какова роль микроэлементов и витаминов в комбикормах?
6. Дайте определения: комбикорма-концентраты, полноценный комбикорм, кормовая смесь, белково-витаминно-минеральные добавки, премикс, карбамидный концентрат.
7. Как разрабатываются рецепты комбикормов?
8. Как нумеруют рецепты комбикормов?
9. Что означают понятия: кормовая единица, массовая доля сырого протеина, сырой жир, массовая доля сырой клетчатки, обменная энергия?
10. Какое происхождение имеет сырье для производства комбикормов?
11. Чем определяется кормовая ценность зерна злаков?
12. Охарактеризуйте кормовую ценность зерна злаковых культур: овса, кукурузы, ячменя, ржи, пшеницы, проса, чумизы, рапса.

13. Особенности кормовой ценности зернобобовых культур.
14. Каково значение гороха, сорго, чечевицы, сои, люпина, вики, бобов кормовых, чины для производства комбикормов?
15. Какую роль играет травяная мука в комбикормовом производстве?
16. Каков химический состав хвойной муки и муки из морских водорослей?
17. Назовите компоненты технической переработки растительных культур.
18. Каково значение отрубей, мучек кормовых, сухих кукурузных кормов в производстве комбикормов?
19. Чем определяется питательная ценность шротов и жмыхов?
20. Дайте характеристику следующим компонентам технической переработки животных продуктов: мясокостная мука, мясная мука, кровяная мука, костная мука, кормовой жир, рыбная мука, перьевая мука, регенированное молоко.
21. Какое значение имеют минеральные компоненты комбикормов: мел, известняк, травертиновая мука, кормовой обесфторенный фосфат, крупка и мука из раковин моллюсков, поваренная соль?
22. Охарактеризуйте питательную ценность гидролизных кормовых дрожжей и белотина.
23. Какими особенностями обладают белково-витаминно-минеральные добавки?
24. Какое значение имеют соевый шрот, кукурузный глютеин, рыбная мука, биологически активные и минеральные вещества при производстве белково-витаминно-минеральных добавок?

9. Нуклеиновые кислоты

1. Какое значение имеют нуклеиновые кислоты в клетке?
2. Каков химический состав нуклеиновых кислот?
3. Перечислите физико-химические свойства нуклеиновых кислот.
4. Какие типы РНК встречаются в клетке?
5. Каковы структура и функции разных типов РНК?
6. Перечислите правила Е. Чаргаффа для нуклеиновых кислот.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

12.1. Белки зерна

1. Тритикале является гибридом:
 - а) пшеницы и ржи;
 - б) пшеницы и овса;
 - в) пшеницы и ячменя;
 - г) пшеницы и кукурузы.
2. Белок ячменя называется:
 - а) гордеин;
 - б) миоглобин;
 - в) альбумин;
 - г) глобулин.
3. Белок зерна овса, растворимый в спирте называется:
 - а) авеналин;
 - б) авенин;
 - в) казеин;
 - г) клейковина.
4. Растворимый в спирте белок зерна кукурузы называется:
 - а) гордеин;
 - б) зеин;
 - в) авенин;
 - г) проламин.
5. Приближается к соевым бобам по содержанию незаменимой аминокислоты лизина зерно:
 - а) гречихи;
 - б) овса;
 - в) пшеницы;
 - г) ржи.
6. Аминокислотный состав белков зерна риса близок к белкам зерна:
 - а) кукурузы;
 - б) гречихи;
 - в) овса;
 - г) тритикале.
7. Проламиновая фракция в белках семян бобовых:
 - а) присутствует в зависимости от региона произрастания;

- б) присутствует в небольших количествах;
- в) отсутствует;
- г) присутствует в зависимости от сорта.

8. Бобовые растения имеют на корневой системе клубеньки, содержащие бактерии, которые обогащают почву:

- а) калием;
- б) фосфором;
- в) азотом;
- г) магнием.

9. Среди растительных объектов по содержанию ингибиторов протеаз семена бобовых стоят на месте:

- а) последнем;
- б) первом;
- в) втором;
- г) третьем.

10. Большая часть белков масличных семян относится к фракции:

- а) глобулиновой;
- б) альбулиновой;
- в) глютелиновой;
- г) проламиновой.

11. Преобладают в белках зерна ячменя:

- а) проламины;
- б) проламины и глютелины;
- в) глютелины;
- г) альбумины.

12. Аминокислотный состав зерна проса по сравнению с другими злаковыми содержит:

- а) повышенное содержание аргинина;
- б) пониженное содержание аргинина;
- в) повышенное содержание аланина;
- г) повышенное содержание триптофана.

13. Концентрируются в белки риса:

- а) алейроновых зернах, цитоплазматических и вакуолярных белковых телах;
- б) цитоплазматических белковых телах;
- в) вакуолярных белковых телах;
- г) митохондриях.

14. Основной фракцией в белках семян бобовых являются:

- а) альбумины;
- б) глобулины;
- в) проламины;
- г) глютелины.

15. Большинство масличных культур по содержанию белков:

- а) не уступает бобовым культурам;
- б) превосходит бобовые культуры;
- в) уступает бобовым культурам;
- г) превосходит гречиху.

12.2. Витамины зерна

1. Болезни, развивающиеся в результате недостаточного поступления витаминов в организм, называются:

- а) гиповитаминозами;
- б) гипervитаминозами;
- в) авитаминозами;
- г) анемиями.

2. Витамины являются абсолютно необходимыми для жизнедеятельности любого организма и составляют группу веществ:

- а) минеральных;
- б) низкомолекулярных органических;
- в) высокомолекулярных органических;
- г) минеральных веществ и низкомолекулярных органических

3. В настоящее время изучены и описаны витаминов и витаминоподобных веществ:

- а) более 30;
- б) менее 50;
- в) более 50;
- г) 10.

4. Все витамины условно делятся на группы:

- а) водорастворимые и жирорастворимые;
- б) водорастворимые, жирорастворимые и антивитамины;
- в) водорастворимые, жирорастворимые, витаминоподобные, антивитамины;
- г) водорастворимые и антивитамины.

5. Тиамины входят в состав фермента:

- а) пируватдекарбоксилазы;
- б) каталазы;
- в) пероксидазы;
- г) пируваткиназы.

6. Витамин В₂ называется:

- а) флавоном;
- б) рибофлавином;
- в) флавоноидом;
- г) ниацином.

7. Витамин В₅ имеет следующие синонимы:

- а) витамин РР, ниацин, никотиновая кислота, никотинамид;
- б) витамин РР, ниацин, никотиновая кислота;
- в) ниацин, никотиновая кислота, никотинамид;
- г) ниацин, никотинамид.

8. Витамин В₆ имеет следующие активные формы:

- а) пиридоксин, пиридоксаль;
- б) пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин;
- в) пиридоксин, пиридоксамин;
- г) пиридоксин и пируват.

9. Витамин В₇ (биотин, витамин Н) входит в состав ферментов, катализирующих реакции:

- а) карбоксилирования;
- б) декарбоксилирования;
- в) переаминирования;
- г) изомеризации.

10. Витамин В₁₂ (кобаламин) в сочетании с фолиевой кислотой высоко эффективен в лечении:

- а) цинги;
- б) различных форм анемий;
- в) атеросклероза;
- г) остеопороза.

11. Аскорбиновая кислота принимает участие в процессах:

- а) окислительно-восстановительных;
- б) окислительных;
- в) восстановительных;
- г) гидролитических.

12. Существует в виде витамина ретинол:

- а) А₁;
- б) А₁ и А₂;
- в) А₂ и Д₂;
- г) А₁ и К.

13. Недостаток ретинола в организме приводит к патологиям:

- а) слухового анализатора;
- б) опорно-двигательного аппарата;
- в) сумеречного и ночного зрения («куриной слепоте»);
- г) пищеварительного тракта.

14. Витаминами группы Д являются:

- а) эргокальциферол, холекальциферол;
- б) холекальциферол, каротиноиды;
- в) холекальциферол, ретинол;
- г) окситиамин, инозит.

15. Витаминами группы К являются следующие соединения:

- а) нафтохинон, филлохинон, менадион;
- б) филлохинон, менадион;
- в) нафтохинон, филлохинон;
- г) миоинозит, липоевая кислота.

12.3. Ферменты зерна

1. Количество классов ферментов по рекомендации Международного биохимического союза составляет:

- а) 6;
- б) 5;
- в) 7;
- г) 3.

2. Код (индекс) каждого фермента содержит числа (чисел), разделенных точками:

- а) 3;
- б) 4;
- в) 5;
- г) 6.

3. Ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление различных соединений, относятся к классу:

- а) лиаз;
- б) лигаз;

в) гидролаз;

г) изомераз.

4. Ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции, относятся к классу:

а) трансфераз;

б) оксидоредуктаз;

в) изомераз;

г) лигаз.

5. Ферментами, относящимися к классу оксидоредуктаз, являются:

а) монофенол-монооксигеназа, аскорбатоксидаза, каталаза;

б) липоксигеназа, пероксидаза, липаза;

в) липоксигеназа, каталаза, хлорофиллаза;

г) фосфорилаза, глутатионредуктаза.

6. Ферментами, относящимися к классу трансфераз, являются:

а) липаза, аминотрансфераза;

б) фосфотрансфераза, аминотрансфераза;

в) пероксидаза, аминопептидазы;

г) липаза, фитаза.

7. Ферментами, относящимися к классу гидролаз, являются:

а) фосфатазы, протеазы;

б) протеазы, пируватдекарбоксилаза;

в) амилазы, каталаза;

г) глутаминсинтетаза, пируваткарбоксилаза.

8. Ферментами, относящимися к классу лигаз, являются:

а) аспарагинсинтетаза, триозофосфатизомераза;

б) пируваткарбоксилаза, пируватдекарбоксилаза;

в) глутаминсинтетаза, пируваткарбоксилаза;

г) оксиизомераза, амилаза.

12.4. Углеводы зерна

1. Моносахаридами являются вещества:

а) пентозы, гексозы;

б) пентозы, амилопектин,

в) гексозы, амилоза;

г) крахмал, ксилоза.

2. Формулой глюкозы является:

- а) $C_{12}H_{22}O_{11}$;
- б) $C_6H_{12}O_6$;
- в) $(C_5H_{10}O_5)_n$;
- г) $C_6H_{22}O_{11}$.

3. Пентозами являются вещества:

- а) дезоксирибоза, ксилоза, фруктоза;
- б) арабиноза, гликоген, рибоза;
- в) арабиноза, ксилоза, рибоза;
- г) глюкоза, декстрины.

4. Рибоза и дезоксирибоза входят в состав:

- а) ДНК и белков;
- б) ДНК и РНК;
- в) РНК и белков;
- г) белков и углеводов.

5. Гексозами являются вещества:

- а) глюкоза, фруктоза;
- б) фруктоза, арабаноксилан;
- в) глюкоза, рибоза;
- г) крахмал, гликоген.

6. Установление конфигурации того или иного моносахарида происходит при сравнении его с конфигурацией:

- а) воды;
- б) глицеринового альдегида;
- в) метана;
- г) глицеринового альдегида и с конфигурацией метана.

7. Растения содержат только:

- а) D-формы сахаров;
- б) L-формы сахаров;
- в) D-формы сахаров, L-формы встречаются очень редко;
- г) рафинозу.

8. Рафиноза относится к классу:

- а) моносахаридов;
- б) дисахаридов;
- в) трисахаридов;
- г) ферментов.

9. Состоит из молекула мальтозы:

- а) двух остатков глюкозы;
- б) остатков глюкозы и фруктозы;

в) двух остатков фруктозы;

г) двух остатков рибозы.

10. Большим содержанием рафинозы отличаются:

а) солод и солодовые экстракты;

б) меласса при производстве свекловичного сахара;

в) тесто;

г) шрот.

11. Самой сладкой среди сахаров является:

а) фруктоза;

б) глюкоза;

в) сахароза;

г) мальтоза.

12. Крахмал имеет формулу:

а) $C_{18}H_{32}O_{16}$;

б) $(C_6H_{10}O_5)_n$;

в) $C_{12}H_{22}O_{11}$;

г) $C_{12}H_{20}O_{11}$.

13. Крахмал состоит из веществ:

а) амилозы и амилопектина;

б) амилозы и глюкозы;

в) амилопектина и глюкозы;

г) амилозы, амилопектина, глюкозы.

14. Различают следующие виды декстринов в соответствии со свойствами:

а) амилодекстрины и мальтодекстрины;

б) амилодекстрины, эритродекстрины, ахродекстрины, мальтодекстрины;

в) эритродекстрины и ахродекстрины;

г) амилодекстрины и эритродекстрины.

15. Полисахаридами второго порядка являются:

а) гумми, клетчатка, рафиноза;

б) амилопектин, гликоген, мальтоза;

в) крахмал, гликоген, гумми, клетчатка, гемицеллюлозы;

г) гумми, клетчатка.

12.5. Липиды зерна

1. Липиды являются нерастворимыми в веществами:

а) воде;

б) диэтиловом эфире;

в) бензоле;

г) этаноле.

2. Окисление 1г нейтральных жиров (триацилглицеринов) тканями организма приводит к выделению свободной энергии в количестве:

а) 38 Дж;

б) 38 кДж;

в) 48 кДж;

г) 48 ГДж.

3. образуют водоотталкивающие и термоизоляционные покровы растений, их семян и плодов, предотвращая избыточное испарение воды.

4. Относят к жиры и воски:

а) циклическим липидам;

б) ферментам;

в) простым липидам;

г) сложным липидам.

5. названия применяют для жирных кислот чаще, чем систематические.

6. Жиры составляют..... % всех липидов зерна:

а) 63-65;

б) 63-73;

в) 70-73;

г) 70-80.

7. Часть зерна, в которой жир преобладает, называется:

а) зародыш;

б) алейроновый слой и зародыш;

в) щиток;

г) оболочка.

8. Жиры представляют собой смесь:

а) этанола и жирных кислот;

б) сложных эфиров глицерина и низкомолекулярных жирных кислот;

в) сложных эфиров глицерина и высокомолекулярных жирных кислот;

г) каротиноидов и жирных кислот.

9. число – количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в одном грамме жира.

10. Йодное число – количество граммов йода, связываемое
граммов жира:

- а) 50;
- б) 60;
- в) 75;
- г) 100.

11. Высыхающие растительные жиры имеют йодное число:

- а) меньше 85;
- б) 130 и выше;
- в) 120-130;
- г) 85-130.

12. Число – количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных и связанных с глицерином жирных кислот в 1г жира.

13. Значительную роль в прогоркании растительного масла и продуктов из зерна играют:

- а) триацилглицерол-липаза и липоксигеназа;
- б) липоксигеназа и лактатдегидрогеназа;
- в) пируватдекарбоксила и триацилглицерол-липаза;
- г) карбонгидраза и каталаза.

14. Ферментативное прогоркание начинается с действия фермента:

- а) липоксигеназы;
- б) триацилглицерол-липазы;
- в) глютаминазы;
- г) аминотрансферазы.

15. Специфическими для являются карнаубовая, церотиновая, монтановая кислоты:

- а) фосфатидов;
- б) стероидов;
- в) фосфатидной кислоты;
- г) восков.

16. Пчелиный воск, спермацет, ланолин относят к
воскам.

17. – поверхностно-активные вещества, улучшающие хлебопекарные достоинства пшеничной муки.

18. – калий-кальций-магниевая соль инозитфосфорной кислоты, в основе которой лежит шестиатомный спирт миоинозит.

19. – представитель стеринов, содержащийся в пшеничном зерне, дрожжах, рожках спорыньи, плесневых грибах.

20. Холестерин является представителем:

- а) простых липидов;
- б) растительных стеринов;
- в) животных стеринов;
- г) углеводов.

21. Основные зерновые культуры по суммарному связанных форм липидов (в процентах к общему количеству липидов) можно разделить на группы:

- а) 5;
- б) 4;
- в) 3;
- г) 2.

22. Основной фракцией свободных липидов (70,3%) зерна являются:

- а) непредельные жирные кислоты;
- б) глицерин и арахидоновая кислота;
- в) триацилглицерины;
- г) лецитин.

23. Все красящие вещества зерна делят на группы:

- а) 5;
- б) 4;
- в) 3;
- г) 2.

24., флавоны и антоцианы являются пигментами, не растворяющимися в жирах.

25. Хлорофилл – пигмент, придающий растениям цвет:

- а) зеленый;
- б) желтый;
- в) красный;
- г) коричневый.

26. Растения содержат следующие виды хлорофилла:

- а) а и с;
- б) а и в;

в) а и d;

г) в и с.

27. КПД фотосинтеза у растений в природе в большинстве случаев не превышает %:

а) 80;

б) 22;

в) 20;

г) 2.

28. посева – соотношение энергии, накопленной в биомассе урожая, к количеству поглощенной посевом солнечной энергии.

29. придают растениям желтую окраску разных оттенков.

30. К относятся пигменты: каротин, лютеин, цеаксантин, криптоксантин:

а) каротиноидам;

б) флавоноидам;

в) флавонам;

г) антоцианам.

31. Влияет на зерна хлебных злаков пигментация каротиноидами:

а) технологическое достоинство;

б) температуру хранения;

в) зараженность вредителями;

г) влажность.

32. образуются при взаимодействии сахаров, а также карбонильных соединений с аминокислотами и белками.

33. Тирозин, убихиноны, катехины зерна относятся к классу:

а) аминокислот;

б) белков;

в) витаминов;

г) фенольных соединений.

12.6. Минеральные вещества, влага и кислотность зерна

1. Зерно высушенное, не содержащее влагу, состоит из элементов групп:

а) 2;

б) 3;

в) 4;

г) 5.

2. объединяют элементы, содержание которых исчисляется миллионными долями процента и меньше.

3. Марганец, медь, цинк, молибден, кобальт относятся к зерна.

4. зерна – масса золы, выраженная в процентах к исходной массе зерна.

5. Содержание минеральных веществ определяют, сжигая навеску зерна или муки при температуре градусов Цельсия:

а) 550-850;

б) 650-850;

в) 700-850;

г) 850-900.

6. Сера входит в состав белков в виде аминокислот:

а) метионина и триптофана;

б) цистеина и аланина;

в) метионина и цистеина;

г) метионина и валина.

7. Магний участвует в построении молекулы:

а) антоциана;

б) холина;

в) холестерина;

г) хлорофилла.

8. Железо входит в состав ферментов:

а) цитохромоксидазы, каталазы и пероксидазы;

б) каталазы и лактатдегидрогеназы;

в) пероксидазы и пируватдекарбоксидазы;

г) алкогольдегидрогеназы и цитохромоксидазы.

9. влага отличается невысокой энергией связи с тканями зерна, легко у него удаляется.

10. влага характеризуется высокой энергией связи с тканями зерна, при которой оно становится стойким при хранении.

11. Критическая влажность для зерна основных злаковых культур находится в пределах %:

а) 14,5-15,5;

б) 14,5-17,5;

в) 15,5-16,5;

г) 17,5-19,5.

12. влага поглощается зерном из воздуха.
13. влага содержится в зерне в таком количестве, которое соответствует данному сочетанию относительной влажности и температуры воздуха.
14. – перемещение влаги, вызванное градиентом температуры.
15. Вещества, способные к набуханию в воде, составляют в зерне пшеницы %:
- а) 80-85;
 - б) 60-80;
 - в) 60-75;
 - г) 30-50.
16. Титруемая кислотность измеряется в единицах:
- а) градусах Цельсия;
 - б) градусах кислотности;
 - в) процентах;
 - г) г/л.
17. Градус равен одному миллиметру нормальной щелочи, пошедшей на нейтрализацию 100 г размолотого зерна (муки).
18. Нормальное, созревшее здоровое зерно пшеницы имеет кислотность по болтушке не более:
- а) 7°;
 - б) 6°;
 - в) 4°;
 - г) 3°.
19. Большинство биохимических процессов в зерне, муке и крупе при хранении сопровождается накоплением:
- а) фосфатов;
 - б) кислых продуктов;
 - в) белковых веществ;
 - г) воды.

12.7. Дыхание зерна

1. Характерными для зерна биохимическими процессами являются:
- а) аэробное и анаэробное дыхание;
 - б) аэробное дыхание;
 - в) молочнокислое брожение;
 - г) маслянокислое брожение.

2. Суммарное уравнение аэробного дыхания содержит компоненты:

- а) глюкозу, кислород, углекислый газ, воду;
- б) глюкозу, кислород, углекислый газ;
- в) фруктозу, кислород, углекислый газ, воду;
- г) галактозу, углекислый газ, воду.

3. Свободная энергия, выделяющаяся при аэробном дыхании зерна, составляет:

- а) 2000 кДж на один моль израсходованной галактозы;
- б) 2870 кДж на один моль израсходованной глюкозы;
- в) 3500 кДж на один моль израсходованной глюкозы;
- г) 2870 кДж на два моля израсходованной глюкозы.

4. Свободная энергия, выделяющаяся при анаэробном дыхании зерна, составляет израсходованной глюкозы:

- а) 201 кДж на 1М;
- б) 234 кДж на 3М;
- в) 234 кДж на 1М
- г) 234 Дж на 1М.

5. Эффект – действие кислорода, уменьшающего расход углеводов на дыхание и угнетающего брожение и образование продуктов анаэробного обмена.

6. Результатом расходования глюкозы при дыхании является:

- а) увеличение сухой массы зерна;
- б) уменьшения содержания минеральных веществ зерна;
- в) увеличение содержания лактата в зерне;
- г) уменьшение сухой массы зерна.

7. Усиленное дыхание приводит к

- а) повышению влажности в зерне;
- б) уменьшению натурности зерна;
- в) увеличению зольности зерна;
- г) уменьшению содержания клейковины в зерне.

8. Тепло, выделяющееся в результате интенсивного дыхания зерна, способствует:

- а) изменению содержания сорной примеси зерна;
- б) возникновению процесса самосогревания;
- в) усилению зараженности амбарным долгоносиком;
- г) увеличению скважистости зерна.

9. Интенсивность дыхания зерна достигает максимума при температуре градусов Цельсия:

- а) 10-15;
- б) 15-30;
- в) 30-45;
- г) 50-55.

10. Увеличение влажности зерна более, чем 15% способствует:

- а) резкому усилению интенсивности дыхания;
- б) резкому уменьшению интенсивности дыхания;
- в) постепенному усилению интенсивности дыхания;
- г) уменьшению сорбционных свойств зерна.

11. Самосогреванию и порче особенно легко подвергается зерно:

- а) морозобойное;
- б) стекловидное;
- в) свежееубранное;
- г) прошедшее послеуборочное дозревание.

12. коэффициент – отношение объема выделяемого при дыхании диоксида углерода к объему поглощаемого кислорода.

13. Дыхательный коэффициент нормального зерна обычно равен:

- а) 0;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 3;

14. Дыхательный коэффициент при созревании масличных семян обычно:

- а) превышает 2;
- б) ниже 1;
- в) превышает 1;
- г) равен 1.

15. Декарбоксилирование глютаминой кислоты под воздействием глутаматдекарбоксилазы в зерне приводит к образованию:

- а) аспарагиновой кислоты и углекислого газа;
- б) молочной кислоты и углекислого газа;
- в) гамма-аминомасляной кислоты и кислорода;
- г) гамма-аминомасляной кислоты и углекислого газа.

16. – процесс глубокого окислительного распада органических веществ, преимущественно сахаров, не сопровождающийся потреблением молекулярного кислорода.

17. Основные брожения – спиртовое, молочнокислое и маслянокислое.

18. Спиртовое брожение играет большую роль при процессе:

- а) выпечки хлеба;
- б) изготовления кондитерских изделий;
- в) изготовления хлебных заквасок;
- г) солодоращения.

19. Микроорганизмы, осуществляющие молочнокислое брожение, разделяют на группы:

- а) 5;
- б) 4;
- в) 3;
- г) 2.

20. бактерии сбраживают гексозу с образованием преимущественно молочной кислоты и очень малого количества побочных продуктов.

21. брожение вызывают микроорганизмы, большинство которых – анаэробные бактерии.

22. Пировиноградная кислота расщепляется под действием пироватдекарбоксилазы на углекислый газ и уксусный альдегид при брожении:

- а) маслянокислом;
- б) спиртовом;
- в) молочнокислом;
- г) уксуснокислом.

12.8. Комбикормовое производство

1. Комбикормовая промышленность использует для производства кормов животных люпин.

2. Кормовые бобы богаты:

- а) жиром и крахмалом;
- б) белком и крахмалом;
- в) протеином;
- г) глюкозой.

3. Травяную муку получают путем:

- а) искусственной сушки;
- б) консервирования;

- в) кондиционирования;
- г) пресерования.

4. Приближаются к искусственно обезвоженные корма из трав по общей питательности:

- а) масличным культурам;
- б) зерновым злакам;
- в) бобовым культурам;
- г) тростнику.

5. Травяная мука превосходит овес, просо, кукурузу по содержанию:

- а) крахмала;
- б) каротина;
- в) сырого протеина;
- г) пектина.

6. Хвойную муку готовят в леспромхозах и лесхозах из хвои:

- а) сосны;
- б) ели и сосны;
- в) кедра;
- г) можжевельника.

7. Мука из морских водорослей (ламинарии, фукуса пузырчатого) является ценным источником:

- а) кобальта;
- б) селена;
- в) йода;
- г) фосфора.

8. Отруби получают в качестве побочного продукта при переработке:

- а) зерна в муку;
- б) зерна в крупу;
- в) премикса;
- г) карбамидного концентрата.

9. Наибольшая питательная ценность наблюдается в отрубях:

- а) кукурузных;
- б) пшеничных;
- в) ржаных;
- г) ячменных.

10. Мучки кормовые в качестве побочных продуктов получают при переработке:

- а) зерна в муку;
- б) зерна в крупу;
- в) кукурузы;
- г) бобов.

11. Сухие кукурузные корма представляют собой смесь следующих побочных кормовых продуктов:

- а) кормового кукурузного глютена, мезги, шрота из зародышей зерна кукурузы;
- б) мезги и кормового кукурузного глютена;
- в) соевого шрота и мезги;
- г) глютена и отрубей.

12. – продукт экстрагирования масла органическими растворителями (бензин, дихлорэтан) из предварительно очищенных и размолотых масличных семян.

13. Шроты и жмыхи по содержанию белка:

- а) близки к зерновым компонентам;
- б) превосходят зерновые компоненты;
- в) близки к овсу;
- г) превосходят гречиху.

14. Ядовитое вещество госсипол содержится в жмыхе и шроте:

- а) сои;
- б) подсолнечника;
- в) хлопка;
- г) вики.

15. Ограничен из-за ввод конопляного жмыха и шрота в комбикорма:

- а) высокого содержания лизина;
- б) содержания наркотических веществ;
- в) низкого содержания арахидоновой кислоты;
- г) низкого содержания линолевой кислоты.

16. Хорошее диетическое свойство имеет жмых, который, набухая в воде, образует слизь, предохраняющую кишечник от раздражения.

17. Меласса является побочным продуктом переработки:

- а) сахарной свеклы;
- б) кориандра;
- в) арахиса;
- г) меда.

18. Свекловичный жом используют в комбикормовой промышленности в виде:

- а) сыром;
- б) высушенном;
- в) сочетания со шротом;
- г) сочетания с премиксом.

19. Мелассу в комбикорма вводят в

- а) жидком виде;
- б) высушенном виде;
- в) составе БВМД;
- г) составе рыбной муки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии изложен материал по биохимии зерна, зернопродуктов и комбикормов. Содержится общая информация о белках, витаминах, ферментах, углеводах, липидах, минеральных веществах, нуклеиновых кислотах, дыхании зерна и комбикормовом производстве. Приведены лабораторные работы, согласно действующим ГОСТам, вопросы для самоконтроля, тестовые задания, а также список литературы. Часть теоретического материала о комбикормах и лабораторные работы в пособии представлены на английском языке.

Учебное пособие составлено на основании рабочей программы учебной дисциплины «Биохимия зерна, продуктов его переработки и комбикормов» для подготовки магистров по основной образовательной программе ФГОС ВПО 3-го поколения, направление 260100.68 «Продукты питания из растительного сырья».

Дисциплина «Биохимия зерна, продуктов его переработки и комбикормов продукции» позволяет магистрам углубить знания по биохимическим процессам, протекающим при хранении и переработке зерна, комбикормов.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

информационные технологии (использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим занятиям для всех модулей);

проблемное обучение (стимулирование магистров к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы по всем модулям);

междисциплинарное обучение (использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи по всем модулям);

опережающая самостоятельная работа (изучение магистрами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий по итоговому модулю).

Пособие необходимо магистрам для успешного освоения дисциплины и сдачи зачета (экзамена).

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственные стандарты. Сборник. Зерно. Методы анализа. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
2. Государственные стандарты. Сборник. Крупяные продукты. Технические условия и методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1998.
3. Государственные стандарты. Сборник. Мука. Отруби. Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1998.
4. Ларионов, Г.А. Практикум по технологии хранения, переработки и стандартизации зерна: учеб. пособие / Г.А. Ларионов, П.В. Диомидов. – Чебоксары: Изд-во ЧГСХА, 2008.
5. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005.
6. Кожарова, Л.С. Основы комбикормового производства / Л.С. Кожарова. – М.: Пищепромиздат, 2004.
7. Менькин, В.К. Кормление животных / В.К. Менькин. – М.: КолосС, 2003.
8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 2009.
9. Пилипюк, В.Л. Технология хранения зерна и семян: учебное пособие для студентов, обучающихся по агрономическим специальностям / В.Л. Пилипюк. – М.: Вуз. учеб., 2009.
10. Технология производства продукции растениеводства: учеб. для студентов вузов / В.А. Федотов [и др.]; под ред. А.Ф. Сафонова и В.А. Федотова; Ассоц. «Агрообразование». – М.: КолосС, 2010.
11. Филиппович, Ю.Б. Основы биохимии: учеб. для хим. и биол. спец. пед. ун-в и ин-в / Ю.Б. Филиппович. – М.: Агар, 1999.

ОСНОВЫ БИОХИМИИ ЗЕРНА И КОМБИКОРМОВ

Учебное пособие

Позднякова Оксана Владимировна
Матюшев Василий Викторович

Редактор В.А. Сорокина

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 14.05.2014. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 16,0. Тираж 100 экз. Заказ № 242

Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117