

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

О.В. Позднякова, В.В. Матюшев, Т.И. Аникиенко

БИОХИМИЯ ЗЕРНА, ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ И КОМБИКОРМОВ

*Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим
центром высшего профессионального образования для межвузовского
использования в качестве учебного пособия для магистров,
обучающихся по направлению подготовки 260100.68 « Технология
продуктов питания»*

Красноярск 2009

ББК 36.82я73

П 47

Рецензенты:

Жуков П.В., директор ФГУ “Центр оценки качества зерна”, Красноярский филиал

Герикорон Ф.А., канд. биол. наук, доц. кафедры биохимии и физиологии человека и животных Сибирского федерального университета

П 47 Позднякова, О.В. Биохимия зерна, продуктов его переработки и комбикормов: учеб. пособие / О.В. Позднякова, В.В. Матюшев, Т.И. Аникиенко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 198 с.

Учебное пособие отражает материалы для изучения следующих разделов: белки злаковых, семян бобовых и масличных культур; витамины; ферменты; углеводы; липиды и красящие вещества; минеральные вещества, влага, кислотность зерна; дыхание зерна; комбикормовое производство.

Включает методы определения основных характеристик качества зерна, сформированных в процессе его производства.

Содержит вопросы для самоконтроля и подготовки к экзамену.

Предназначено для магистров института агробизнеса пищевой и перерабатывающей промышленности, обучающихся по направлению 260100.68 «Технология продуктов питания».

ББК 36.82я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. БЕЛКИ ЗЕРНА ЗЛАКОВЫХ, СЕМЯН БОБОВЫХ И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР	14
1.1. Белки зерна ржи	14
1.2. Белки зерна тритикале	16
1.3. Белки зерна ячменя	17
1.4. Белки зерна овса	18
1.5. Белки зерна кукурузы	19
1.6. Белки зерна проса	20
1.7. Белки зерна гречихи	21
1.8. Белки зерна риса	22
1.9. Белки семян бобовых культур	23
1.10. Белки семян масличных культур	25
2. ВИТАМИНЫ	26
2.1. Общая характеристика витаминов	26
2.2. Водорастворимые витамины	28
2.3. Жирорастворимые витамины	33
2.4. Витаноминоподобные вещества	36
2.5. Антивитамины	38
3. ФЕРМЕНТЫ	38
3.1. Классификация и номенклатура ферментов	38
3.2. Ферменты зерна	40
4. УГЛЕВОДЫ	60
4.1. Общая классификация	60
4.2. Моносахариды	60
4.3. Полисахариды первого порядка	66
4.4. Полисахариды второго порядка	68
5. ЛИПИДЫ. КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА	75
5.1. Общие свойства и классификация липидов	75
5.2. Простые липиды	76
5.3. Сложные липиды	79
5.4. Циклические липиды	81
5.5. Связанные липиды	82
5.6. Пигменты и другие красящие вещества зерна	83
5.7. Цвет и качество зерна	87
5.8. Фенольные соединения	88

6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ВЛАГА, КИСЛОТНОСТЬ ЗЕРНА	90
6.1. Минеральные вещества зерна	90
6.2. Влага в зерне	97
6.3. Кислотность зерна	102
7. ДЫХАНИЕ ЗЕРНА	104
7.1. Интенсивность дыхания и вызываемые им изменения в зерновой массе	104
7.2. Генетическая связь между процессами брожения и дыхания...	110
7.3. Превращения пировиноградной кислоты при брожении	111
7.4. Суммарный баланс дыхания	112
7.5. Процессы дегидрогенизации	112
7.6. Различия между горением и дыханием	114
8. БИОХИМИЯ, КАЧЕСТВО И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ.....	115
8.1. Сведения о комбикормах	115
8.2. Комбикормовая продукция и рецепты	119
8.3. Компоненты для производства комбикормов	125
8.4. Технологические свойства компонентов комбикормов	142
8.5. Технология производства белково-витаминно-минеральных добавок	145
8.6. Технология производства премиксов	149
9. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	161
Лабораторная работа 1. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Определение массы 1000 зерен.	161
Лабораторная работа 2. Зерно. Метод определения пленчатости (ГОСТ 10843-76).	162
Лабораторная работа 3. Зерно. Метод определения кислотности по болтушке (ГОСТ 10844-74).	164
Лабораторная работа 4. Зерно. Методы определения зольности (ГОСТ 10847-74, ИСО 2171).	166
Лабораторная работа 5. Зерно. Метод определения выхода зерна из початков кукурузы (ГОСТ 11225–76).	171
Лабораторная работа 6. Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями (ГОСТ 13586.4-83, ИСО 6322-3:1989).	173
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	179
ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ	188
ЛИТЕРАТУРА	196

ВВЕДЕНИЕ

Биохимия – составная часть биологии, ее называют также физиологической химией, или наукой о химии живого. Она изучает химический состав растений, животных и микроорганизмов, происходящие в живых организмах биохимические процессы, связь между жизнедеятельностью организмов и протекающими в них биохимическими процессами.

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 связной эластичной и упругой массы (клейковины). Обширные исследования клейковины выполнил член Петербургской академии наук Модель (1768 г.).

Развитие науки о зерне в нашей стране тесно связано с именем Д.И. Менделеева, исследовавшего клейковину, ее свойства и значение для хлебопечения. Сведения о химическом составе зерна пшеницы и зависимости содержания в нем белковых веществ от климатических и почвенных условий дал профессор Московского университета Н.Э. Лясковский в 1865 г.

На рубеже XIX и XX вв. американский биохимик Т.Б. Осборн изучил состав белков зерна (наиболее полно зерно пшеницы). Исследования химического состава зерна пшеницы, ржи и ячменя в начале XX в. проводили П.П. Петров и Я.Я. Никитинский, выдающийся русский агроном академик Д.Н. Прянишников, который прославился и как биохимик. Им выполнены ставшие классическими работы по азотистому питанию и химизму превращения белков в растительном организме.

На протяжении XX в., особенно во вторую его половину, в нашей стране выполнено большое число научных исследований в об-

ласти биохимии зерна и хлебопродуктов – химического состава, процессов при хранении и переработке, пищевого достоинства.

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 расширившие представления 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 (зapasается) в высокоэнергетических фосфатных связях аденоциантифосфорной кислоты (АТР). 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 физиологическими и биохимическими процессами. Сотрудник Ленинградского института растениеводства К.М. Чинго-Чингас составил первую сводку мукоильных 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.

Обширные исследования были посвящены разработке научных основ уборки и хранения зерна. В работах А.Н. Баха, А.И. Опарина, А.Р. Кизеля, В.Л. Кретовича, Н.И. Соседова, М.И. Княгиничева, Н.И. Проскурякова подробно изучены биохимические процессы накопления в созревающем зерне основных запасных веществ – белков и углеводов, и дана характеристика его ферментов. Роль микроорганизмов в самосозревании зерновых масс и интенсивность их развития выяснены работами Б.Л. Исаченко, Н.П. Михаловского, Е.Н. Мищустина, Л.А. Трисвятского, В.Л. Кретовича, Я.И. Раутенштейна. Трудами В.Л. Кретовича, А.П. Прохоровой, Е.Д. Казакова, Б.П. Некрасова

выяснены биохимические аспекты и на их основе разработаны практические режимы долгосрочного хранения зерновых запасов и научно обоснованные нормы убыли зерна при хранении. М. Голиком глубоко исследованы физиологические и биохимические процессы, происходящие при созревании, уборке и хранении кукурузы.

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.

В технологическом плане биохимическим процессам при гидротермической обработке зерна отведено большое место в трудах Г.А. Егорова. Биохимические процессы нашли также отражение в работах Г.А. Егорова по проблеме тепломассообмена в зерне и в его двух монографиях, посвященных мукомольно-технологическим признакам и свойствам зерна.

Активного участия биохимиков потребовали вопросы использования разных видов неполноценного зерна. Многочисленные исследования в этом направлении, выполненные в разные годы, обобщены в монографии Е.Д. Казакова и В.Л. Кретовича «Биохимия дефектного зерна и пути его использования».

Роль воды в зерне отражена в монографии «Вода, ее функции в зерне» (Казаков Е.Д.). Развитие крупнопромышленного хлебопечения и широкое строительство хлебозаводов в стране с начала 30-х годов XX столетия потребовало создания науки о хлебопечении. Этот труд был выполнен Л.Я. Ауэрманом, разработавшим основы науки о технологии заводского производства хлеба.

Перевод хлебопечения на индустриальные рельсы и широкое внедрение в хлебопекарную промышленность механизации и автоматизации, создание автоматической техники непрерывного действия поставили перед учеными задачу глубокого познания сущности биохимических и микробиологических процессов, лежащих в основе приготовления хлеба. Вначале особенно детально была исследована а-амилаза зерна и муки, ее свойства, методы ее определения и подавления (Козьмина Н.П., Проскуряков Н.И., Пронин С.И.). Значительное число работ было посвящено клейковине пшеницы, от которой зависит газоудерживающая способность теста и «сила» муки. Разработаны условия и методы количественного определения содержания клейковины в зерне и муке и создан ряд приборов и методов для объективной оценки ее качества (Козьмина Н.П., Ауэрман Л.Я.). Подробно исследовано влияние различных факторов на количество и качество клейковины (Козьмина Н.П., Ауэрман Л.Я., Кретович В.Л., Вакар А.Б., Чижова К.Н.).

Проведенные в Институте биохимии им. А.Н. Баха АН СССР исследования природы различий между клейковиной разного качества показали, что реологические свойства белкового комплекса клейковины зависят от дисульфидных и водородных связей и возможно от гидрофобных взаимодействий. Количество и прочность этих связей определяют собой физические свойства клейковины в целом, т.е. ее качество (Кретович В.Л., Вакар А.Б.). Было показано наличие клейковины в некоторых других злаках (ячмень, рожь, пырей) и исследованы ее свойства (Шибаев П.Н., Самсонов М.М., Кретович В.Л.). Установлено, что в образовании ароматического комплекса хлеба играет роль окислительно-восстановительное взаимодействие восстанавливающих сахаров и аминокислот (реакция Майара). В образовании аромата хлеба принимают участие фурфурол, оксиметилфурфурол, ацетальдегид, изовалериановый альдегид и другие альдегиды, сопровождающие меланоидиновую реакцию (Кретович В.Л., Токарева Р.Р.). При изучении кинетики образования летучих ароматических соединений хлеба в процессе выпечки было обнаружено, что в

ароматический комплекс входят также продукты спиртового и молочнокислого брожения – альдегиды, органические кислоты, спирты и образующиеся при их взаимодействии сложные эфиры (Кретович В.Л., Токарева Р.Р., Маклюкова В.И.). Для улучшения качества хлеба Московским технологическим институтом пищевой промышленности совместно с Институтом биохимии им. А.Н. Баха АН СССР был предложен метод добавок соевой муки – источник фермента липоксигеназы (Ауэрман Л.Я., Кретович В.Л., Поландова Р.Д.). В результате работ Всесоюзного научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности, проводившихся совместно с Институтом питания АМН СССР (Ауэрман Л.Я., Патт В.А., Покровский А.А.), был разработан набор рациональных смесей для новых видов хлеба повышенной пищевой ценности с увеличенным содержанием в хлебе белковых веществ, незаменимых аминокислот (лизина, триптофана, метионина), кальция и фосфора, витаминов, лецитина, полиненасыщенных жирных кислот.

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 техно-химического 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 Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Мо-

сковский государственный университет пищевых производств, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки.

Первый в России комбикормовый цех производительностью 100 т/сут был построен в совхозе «Лесные поляны» недалеко от станции Большево Московской области. В январе 1928 г. этот цех был зарегистрирован как первый Московский государственный комбикормовый завод. Тогда комбикормовая промышленность входила в Народный комиссариат пищевой промышленности, позже – в Министерство пищевой промышленности. 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 разрушено 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 гг. Бугуруслане, Могилеве, Брянске. В 1956 г. был разработан проект комбикормовых цехов производительностью 150 т/сут., которые строились при мелькомбинатах и вырабатывали комбикорма-концентраты. К началу 1957 г. насчитывалось 47 комбикормовых заводов. Для увеличения выработки комбикормов в 1957-1958 гг. был

разработан проект малогабаритного универсального комбикормового завода МУКЗ-35 производительностью 35 т/сут. Такие заводы поставлялись комплектно, их монтировали в типовых зерновых складах на хлебоприемных, промышленных предприятиях, реализационных базах. К началу 1963 г. в стране действовало 777 установок МУКЗ, которые вырабатывали 6-7 млн т комбикормов в год. Тем не менее, в силу ряда недостатков (шнековые дозаторы объемного типа, отсутствие ряда технологических линий, в том числе обогащения, гранулирования, ввода жидких компонентов и т.п.) с 1962 г. агрегаты МУКЗ в государственной комбикормовой промышленности больше не устанавливали.

С 1958 г. начался выпуск комбикормов с добавлением витаминов, антибиотиков, микроэлементов. С этого времени закладывается основа для балансирования комбикормов, их обогащения. А в 1964 г. машиностроительная промышленность (Ростовский завод «Продмаш») освоила выпуск установок для гранулирования; комбикормовые заводы начали выпуск гранулированных комбикормов.

К завершению 1965 г. комбикормовая промышленность вырабатывала около 12 млн т комбикормов, в том числе в гранулированном виде 160,5 тыс. т.

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/сут. В дальнейшем типоразмеры комбикормовых заводов расширялись, их мощность увеличивалась до 700-1050 т/сут. Этот этап характеризуется расширением номенклатуры выпускаемой продукции. Научно обоснована (проф. Павлюченков А.К.) экономика производства и использования белково-витаминно-минеральных добавок. В 1965 г. это были белково-витаминные добавки (без минеральных смесей), которые предназначались только для зерновых регионов страны. Наша страна явилась родоначальником этого продукта, которым в последующие годы заполонили нашу страну западные поставщики. Они называли эти добавки концентратами (Провими, Коудайс и др.), суперконцентратами (CHV) и т.п. большей частью с неизвестным составом.

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 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. Использование БВМД и собственных зерновых обеспечивает экономию сырьевых ресурсов, транспортных расходов, эффективность использования сбалансированной продукции.

Однако межхозяйственные комбикормовые предприятия как производители комбикормов утратили свою значимость, и лишь в Самарской области, Краснодарском крае и Республике Башкортостан они сохранены и играют заметную роль в обеспечении животноводства комбикормами. Однако слабая материально-техническая база и устаревшие технологии не позволяют им серьезно конкурировать в производстве комбикормов. В настоящее время межхозяйственные комбикормовые предприятия могут производить максимально 1,8-2,0 млн т комбикормов негарантированного качества.

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 Большевского комбикормового завода с доведением производства до 2400 т/сут 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/сут. Построенные в г. Ожерелье и г. Клин (Московской обл.) заводы производительностью 900 т/сут 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.). В современной комбикормовой промышленности России насчитывается около 350 предприятий, способных производить в год 35-40 млн. т комбикормов.

Учебное пособие предназначено для магистров, обучающихся по направлению 552400 «Технология продуктов питания». Данное пособие необходимо обучающимся для формирования теоретических знаний и практических навыков в области биохимии зерна, продуктов его переработки и комбикормов.

Часть материала магистрам дается на самостоятельное изучение, предусмотренное количеством часов в рабочей программе (темы “Вводные биологические понятия”, “Белковые вещества”, “Нуклеиновые кислоты”, частично темы “Ферменты”, “Липиды”, “Дыхание зерна”, “Комбикормовое производство”). Для усвоения материала в пособии изложены вопросы для самоконтроля.

1. БЕЛКИ ЗЕРНА ЗЛАКОВЫХ, СЕМЯН БОБОВЫХ И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

1.1. Белки зерна ржи

По многолетним данным биохимической лаборатории ВИР, содержание белка в зерне ржи колеблется от 9 до 20%. В зависимости от места выращивания разница в содержании белка у одного и того же сорта может достигать 30% и более. Повышение процента белка в зерне ржи наблюдается с северо-запада на юго-восток и с севера на юг. По содержанию белка зерно ржи несколько уступает зерну пшеницы.

Белки зерна ржи несколько отличаются по аминокислотному составу от белков зерна пшеницы. Аминокислотный состав суммарных белков озимой ржи колеблется в значительных пределах в зависимости от сортовых особенностей и от условий выращивания. Предшественники не оказывают существенного влияния на аминокислотный состав зерна. Колебания в содержании отдельных аминокислот в большинстве случаев находятся в пределах ошибок определения.

Белки зерна ржи в связи с более высоким содержанием незаменимых аминокислот – лизина, треонина и фенилаланина – более ценные в пищевом отношении, чем белки зерна пшеницы. Различий в аминокислотном составе зерна озимой и яровой ржи нет. Аминокислотный состав отдельных частей зерна ржи неодинаков. Белки аллеронового слоя и зародыши значительно отличаются по составу от белков эндосперма. Они содержат больше лизина, гистидина, тирозина, серина. Их биологическая ценность значительно выше, чем белков эндосперма. Различия аминокислотного состава белков зерна диплоидной и тетраплоидной ржи незначительны.

Если клейковина зерна пшеницы изучалась длительное время и о ее составе и свойствах накоплен обширный материал, то клейковина зерна ржи стала предметом углубленных исследований только во второй половине XX столетия.

При обычных условиях замеса теста из ржаной муки клейковина не отмывается, и на этом основании долгое время считали, что ржаная мука в отличие от пшеничной клейковины не содержит.

Первое сообщение о получении клейковины прямым отмыванием из ржаной муки появилось в 1945 г. В 1950-1955 гг. при экстрагировании белков слабыми органическими кислотами и осаждении их при нейтрализации была выделена клейковина зерна

ржи. Потери белков, содержащихся в муке, при отмывании клейковины достигают 50% и более. Поэтому вопрос о количественном содержании клейковины в зерне ржи и изменчивости этого признака пока недостаточно ясен.

Слизи оказывают существенное влияние на формирование клейковины зерна ржи. Высказывают предположение, что слизистые вещества не просто мешают частичкам клейковины слипаться, но, вступая в соединение с белком, образуют растворимые в воде комплексы. Отрицательного влияния на образование клейковины ржи можно ожидать также от продуктов реакции растворимых белков с углеводами. Присутствие в зерне ржи гликопротеидов было известно раньше, возможно, эти вещества образуются в teste.

По физическим свойствам клейковина зерна ржи напоминает слабую клейковину зерна пшеницы с низкой упругостью и эластичностью. Растворимость ее колеблется в очень широких пределах. В одних случаях она растягивается до тонкой нити, в других получается в виде рыхлой мало связанный массы, которая быстро разрывается даже при слабом растягивании. Клейковина зерна ржи обладает гидратацией, превышающей гидратацию зерна пшеницы и ячменя (220-310%).

Физические свойства клейковины зерна ржи различных сортов и мест произрастания сильно отличаются.

В белках зерна пшеницы на долю клейковинных фракций приходится 70-75% общего их содержания в зерне, а в белках зерна ржи они составляют лишь 40%. Большая часть белков зерна ржи растворяется в воде и слабых солевых растворах. В зерне пшеницы отношение глиадина к глютенину приблизительно составляет 1:1, ржи – 2:1. Глиадин ржи – гетерогенный белок, состоящий из восьми одноцепочных и трех многоцепочных компонентов. Главный компонент глиадина – белок с молекулярной массой 40000. Глютенин зерна ржи менее гетерогенен. Обнаружено, что увеличение его содержания сопровождается укреплением клейковины.

Содержание общего азота и белка в зерне снижается от периферии к центру. В периферическом слое эндосперма найдено белка 12,9%, а в центре его 6,2%. Содержание белка в зародыше самое большое (25,8%), он наиболее богат водо- и солерасторимыми белками (63,1%), в нем повышенное количество лизина (7,2%) и серина (6,7%). Наибольшее количество сырой клейковины сосредоточено в

периферических слоях (7,8%), наименьшее – в центре зерновки (0,6%).

Клейковина, отмытая из различных частей зерновки, отличается по своим физическим свойствам, лучшая – из периферических слоев.

1.2. Белки зерна тритикале

Тритикале – новый ботанический род, первая искусственно созданная зерновая культура, полученная от скрещивания пшеницы (*Triticum*) и ржи (*Secale*). Разные формы тритикале являются пшенично-ржаными амфидиплоидами (АД). Большое внимание, уделяемое сейчас тритикале, вызвано тем, что этот гибрид объединяет в себе достоинства пшеницы и ржи – высокую продуктивность, повышенное содержание белка, стойкость к низким температурам и другим неблагоприятным факторам среды.

По содержанию белка зерно тритикале превосходит не только зерно ржи, но и зерно пшеницы. Зерно пшеницы Мироновская 808 в разные годы содержало белков 12,0-12,9% и зерно ржи Харьковская 55 – 10,2-11,3%.

Более высокое содержание белка в зерне тритикале объясняется его повышенной щуплостью и относительно большим содержанием богатых белком алейронового слоя и зародыша.

Клейковина тритикале уступает клейковине зерна пшеницы также по набухаемости и растворимости в слабой уксусной кислоте. По фракционному составу белки тритикале в основном занимают промежуточное положение между белками зерна ржи и пшеницы. Белковый комплекс тритикале содержит большое количество альбуминов, унаследованное от ржи и большое количество проламинов, характерное для пшеницы.

Электрофоретический анализ глютенина тритикале показал, что в нем присутствуют все субъединицы обеих родительских форм.

По содержанию аминокислот (в том числе по лизину, треонину, валину) белки зерна тритикале занимают промежуточное место между белками зерна пшеницы и ржи, по другим незаменимым аминокислотам (лейцин, изолейцин, фенилаланин) превосходят и лишь по триптофану уступают белку обоих родителей. Зерно тритикале в целом характеризуется высоким содержанием белка и его высоким качеством.

1.3. Белки зерна ячменя

Содержание белковых веществ в зерне ячменя колеблется от 7 до 25%. Абсолютное содержание азота в крупных и мелких зернах в пределах колоса или отдельного ряда в колосе остается примерно одинаковым. В процентном отношении содержание белка в крупном зерне ячменя всегда меньше по сравнению с мелким. По данным лаборатории биохимии ВИР содержание отдельных групп белков в зерне ячменя колеблется в значительных пределах в зависимости от места и условий выращивания, а также от сорта.

В белках зерна ячменя, как и в белках зерна пшеницы, преобладают спирторастворимые (проламины) и щелочерастворимые (глютелины) фракции. На их долю в среднем приходится свыше 60%.

Растворимый в спирте белок ячменя называется гордеин. В состав гордеина входят (%): глютаминовая кислота 43,2; пролин 13,73; лейцин 7,0; фенилаланин 5,3; цистин 2,5; триптофан 1,5; валин 1,4.

Белок различных групп и сортов ячменя качественно неодинаков. Наибольшие колебания обнаружены в содержании основных аминокислот (лизина, аргинина), наименьшие – кислых (аспарагиновая и глютаминовая кислоты). По сумме незаменимых аминокислот белок ячменя хотя и ненамного, но более биологически полноценен, чем белок зерна пшеницы. В белке зерна пшеницы содержание незаменимых аминокислот составляет 28,2, а в белке зерна ячменя – 30,56 г/100 г белка. Наиболее отличается белок зерна ячменя по лизину (2,3 и 3,4 г/100 г белка) и треонину (2,9 и 3,8 г/100 г белка).

Белок голозерного ячменя имеет низкое качество, уступая пленчатому ячменю по содержанию большинства незаменимых аминокислот, особенно по лизину.

Из муки, полученной из зерна многих сортов ячменя, теплой водой отмывается клейковина. Охлажденным концентрированным раствором этилового спирта можно осадить клейковину не только из клейковиносодержащих, но и из бесклейковинных сортов ячменя, из муки которых обычно отмыванием выделить ее не удается. По данным ВИР, вариабельность количества отмываемой клейковины составляет от 0 до 35%. Из большинства клейковиносодержащих сортов отмывают 2-5% клейковины.

По своему качеству клейковина зерна ячменя схожа с плохой, короткорвущейся клейковиной зерна пшеницы. Растворимость ее мала, цвет серый, гидратационная способность ниже, чем у клейковины

зерна пшеницы, колеблется от 90 до 160%. Под влиянием молочной кислоты набухаемость клейковины зерна ячменя практически не повышается. Поваренная соль, ускоряя формирование клейковины, снижает ее выход и качество. Протеолитические ферменты (папаин) несколько ослабляют клейковину.

Ячмень используют для приготовления хлеба и лепешек там, где по природным условиям затруднено культивирование других злаков (северные и высокогорные районы). Хлеб из ячменной муки низкого качества, быстро черствеет, имеет неприятный привкус. Добавление в тесто из пшеничной муки второго сорта ячменной муки до 10% незначительно снижает количество отмываемой клейковины и укрепляет ее. Хлеб по качеству приближается к хлебу из одной пшеничной муки.

1.4. Белки зерна овса

Содержание белка в зерне овса колеблется от 9,0 до 19,5%. Наибольшие колебания по сортам наблюдаются в содержании глобулинов и проламинов, что отражает особенную подвижность этих фракций, связанную с общим биологическим состоянием тканей зерна овса.

По фракционному составу белков зерно овса значительно отличается от белков зерна пшеницы, ржи и ячменя. Преобладающая фракция у зерна овса – глутелины, затем проламины и глобулины. Белок зерна овса, растворимый в спирте, называют авенином и в солевом растворе – авеналином. Общее содержание белков по сортам колеблется незначительно, а количество отдельных аминокислот, входящих в их состав, – в больших пределах.

По содержанию отдельных аминокислот белки зерна овса заметно отличаются от белков зерна пшеницы и ячменя. Для белков зерна овса по сравнению с белками зерна пшеницы и ячменя характерно повышенное содержание аргинина и резко сниженное (в 2,0-2,5 раза) глутаминовой кислоты. В белках зерна овса отмечено также высокое содержание незаменимой аминокислоты лизина – почти в два раза больше, чем в белках пшеницы.

Белки зерна овса характеризуются высокой биологической активностью. По содержанию незаменимых аминокислот белок зерна овса сходен с высоколизиновыми мутантами зерна кукурузы и ячменя.

Аминокислотный состав белка зерна овса не ухудшается с повышением содержания белка в зерне. У различных сортов зерна овса содержание белка колеблется от 9,0 до 19,5%, относительное содержание авенина сохраняется практически неизменным, на уровне 18-19%. Содержание белка в зерне овса можно повысить до весьма значительного уровня. В мировой коллекции найдены образцы зерна овса с содержанием белка выше 24%.

1.5. Белки зерна кукурузы

Общее содержание белков в зерне кукурузы, по данным ВИР, колеблется от 4,9 до 23,6%. Белками наиболее богат зародыш, в оболочках их немного. Растворимый в спирте белок зерна кукурузы называют зеином. Он отличается от белков других злаковых тем, что лучше всего растворяется в 90-93%-м этиловом спирте. В наибольшем количестве в белках кукурузы содержатся проламины (зеин), на глобулины приходится наименьшая доля, альбуминов также немного. Соотношение фракций белка в зародыше резко отличается от соотношения фракций в эндосперме.

В мучнистом и стекловидном эндосперме их соотношение также неодинаково. Стекловидная часть содержит больше белков, чем мучнистая. Наиболее изменяется содержание зеина и глобулинов. В мучнистой части больше глобулинов и меньше проламинов, чем в стекловидной.

Технологическая характеристика зерна лопающихся сортов кукурузы изменяется по взрывной способности и соотношению промежуточного и прикрепленного белков, от которого зависит прочность эндосперма, наблюдается связь – увеличение фракции прикрепленного белка зерна кукурузы характеризуется большей взываемостью и лучшим качеством взорванных зерен. Фракции азота в различных частях зерна высокобелковой и низкобелковой кукурузы неодинаковы.

С повышением содержания белка в зерне кукурузы и белка в эндосперме увеличивается содержание спирторастворимой фракции и снижается содержание щелочерастворимой. Соотношение в содержании других фракций изменяется незначительно. Повышение белковости зерна кукурузы (при селекции или применении азотных удобрений) происходит в результате увеличения спирторастворимой фракции, главным образом зеина, очень бедного незаменимыми амино-

кислотами – метионином, триптофаном и особенно лизином. Это означает, что биологическая ценность белка зерна кукурузы с повышением белковости зерна снижается.

Белки зерна кукурузы по наиболее дефицитным аминокислотам (лизину, триптофану и метионину) уступают белкам пшеницы. При сравнении со стандартом ФАО, в котором содержание треонина принимают за 1, содержание лизина должно составлять 1,1.

Белки зародыши зерна кукурузы богаты незаменимыми аминокислотами, достаточно хорошо сбалансированы, что нельзя сказать об аминокислотном составе белков эндосперма и зерна в целом. Белки с зародышем при переработке кукурузы обычно удаляют. Ввиду высокой биологической ценности их целесообразно использовать после обезжиривания в качестве ценных добавок к различным пищевым продуктам. Суммарные белки зерна кукурузы отличаются пониженной биологической ценностью в наибольшей степени по триптофану и лизину. В рецепты кормов с кукурузой (высокоэнергетическим кормом) добавляют богатые этими аминокислотами компоненты.

Перспективна селекция кукурузы с улучшением качества белка, особенно после выявления таких доноров высокобелковости, как Опейк-2 (Тусклый-2) и Флаури-2 (Мучнистый-2). Эти мутации вызывают существенные изменения в составе эндосперма зерна кукурузы. Так называемый рецессивный ген Опейк-2 при сохранении общего содержания белка повышает долю фракций белка, богатых лизином и триптофаном. Ген Флаури-2 увеличивает в зерне количество метионина и частично лизина. Селекционеры используют мутации Опейк-2 и Флаури-2 для выведения новых высококачественных по белку форм кукурузы.

Новое направление в селекции стремится сочетать в зерне кукурузы высокое содержание лизина с достаточно высоким уровнем белка. Созданы формы зерна кукурузы, которые при 17-18% белка содержат значительно больше лизина.

1.6. Белки зерна проса

Содержание белков в зерне проса колеблется от 8,8 до 19,3%, составляя в среднем 13,7%. При удалении цветковых оболочек количество белковых веществ в ядре изменяется в пределах 11,2-23,5% при среднем содержании 16,0%. Азот небелковых веществ содержит-

ся в количестве от 1 до 9% от общего количества азота, составляя в среднем 4,3% сухого вещества.

Основную часть белков составляет спирторастворимая фракция, наиболее устойчивая и мало изменяющаяся по количеству в разных сортах. По сравнению с фракционным составом белков других злаковых культур просо отличается наиболее высоким содержанием проламинов и наименьшим – глобулинов.

Особенность аминокислотного состава зерна проса по сравнению с другими злаковыми – повышенное содержание аланина и более низкое содержание аспарагиновой кислоты. Аргинина содержится меньше, чем в белках зерна ячменя и овса, лизина – меньше, чем в белках зерна овса и ржи. Азотистые вещества в отдельных частях зерна проса распределены неодинаково. Зародыш отличается повышенной концентрацией белка – 25%, в том числе 7% водорастворимого. В цветковых оболочках содержится белка 3,9-5,1%, в том числе водорастворимого 0,44-0,66%.

1.7. Белки зерна гречихи

В зерне гречихи содержится белка 8-16% (в среднем 11,1%). По частям зерна гречихи белок распределяется так (%): ядро с зародышем 13,5-15,0; зародыш 40,0-49,5; плодовая оболочка 3,0-5,0. Азот небелковых азотистых веществ составляет в среднем 6% от общего количества азота зерна гречихи (3,9-16,8%). Для зерна гречихи характерно почти полное отсутствие проламиновых белков, преобладание над всеми фракциями глобулинов и содержание значительного количества водорастворимых белков. Во фракционном составе белков диплоидного и тетраплоидного зерна гречихи существенных различий нет.

Зерно гречихи отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот. По одной из важнейших незаменимых аминокислот – лизину – зерно гречихи превосходит зерно проса, пшеницы, ржи, риса и приближается к соевым бобам.

По содержанию треонина зерно гречихи превосходит зерно проса, пшеницы и ржи, а по содержанию валина уступает лишь рису.

По содержанию валина зерно гречихи может быть приравнено к молоку, по лейцину – к говядине, фенилаланину – к молоку и говяди-

не. По содержанию триптофана зерно гречихи не уступает продуктам животного происхождения.

Белки зерна гречихи хорошо сбалансированы по содержанию незаменимых аминокислот. Исключение составляют изолейцин и особенно серосодержащие аминокислоты, которых недостаточно в белках зерна гречихи.

1.8. Белки зерна риса

Зерно риса в цветковых оболочках содержит белка от 5,4 до 10,4% (в среднем 7,2%). Содержание белка в зерне отечественных сортов риса без цветковых оболочек, по данным разных авторов, колеблется от 8,8 до 13,6% (в среднем 11,1%). Наибольшее количество белковых веществ сосредоточено в зародыше и в наружных слоях зерновки. В крахмалистой части эндосперма их значительно меньше.

Азотсодержащие вещества по зерновке распределены неравномерно.

В белках зерна риса преобладает глютелин, называемый оризенином. Содержание оризенина – основной белковой фракции, локализованной в зерновке, зависит от сорта. На его долю из общего содержания белков приходится в зерне сорта Дубовский 129 – 82,2%, Краснодарский 424 – 74,3% и Кубань 3 – 67,5%. Количество спирто растворимых белков (проламинов) незначительно.

Распределение белков по фракциям в разных частях зерна неодинаково. По сравнению с данными по зерну в целом, в периферийных частях сосредоточено повышенное количество глобулинов и альбуминов. В остальной части зерна риса преобладают главным образом оризенины.

Аминокислотный состав зерна риса неодинаков, что отражает его сортовые особенности и условия выращивания.

В составе белков зерна риса содержатся все незаменимые аминокислоты. Первая лимитирующая кислота – лизин, вторая – треонин. Содержание незаменимых аминокислот различается по зонам производства риса.

Южная группа сортов отличается высоким содержанием триптофана в белке, в других отечественных сортах его меньше. Содержание лизина в белке зерна риса колеблется от 1,83 до 4,83%. Высокое содержание лизина характерно для сортов закавказской и дальневосточной групп, низкое – для селекционных сортов европейской

части РФ. Основной белок рисового эндосперма оризенин – гетерогенен. Анализ, проведенный во ВНИИ растениеводства методом электрофореза в полиакриламидном геле, показал, что он состоит из 5-8 компонентов. Оризенин отличается высоким содержанием дикарбоновых аминокислот – глутаминовой и аспарагиновой. Содержание триптофана, метионина и цистеина (следы) у него низкое.

Аминокислотный состав белков зерна риса близок к белкам зерна гречихи. По составу аминокислот они выгодно отличаются от зерна пшеницы (незаменимые аминокислоты в белках зерна риса часто содержатся в большем количестве, чем в белках зерна пшеницы).

Белки в эндосперме зерна риса концентрируются в специальных вместилищах. В алейроновом слое они локализуются в алейроновых зернах. В крахмалистой части эндосперма обнаружено два типа белковых тел – цитоплазматические и вакуолярные. Цитоплазматические белковые тела (ЦБТ) имеют округлую форму и ограничены двойной липопротеиновой мембраной. Они обладают характерной концентрической слоистостью, образуемой чередованием электронно-плотных и электронно-прозрачных участков. Вакуолярные белковые тела (ВБТ) представляют собой ультраструктуры неопределенной формы, заполненные массой аморфного белка.

1.9. Белки семян бобовых культур

Относительное содержание белков зависит от размеров семян бобовых культур.

Содержание белка в мелких семенах (%) по сравнению со средними обычно больше. Это не всегда наблюдается в крупных семенах. Относительное количество белков в крупных семенах может быть больше или меньше, чем в средних и мелких. Неодинаковое содержание белков в различных фракциях по крупности определяется степенью развития (зрелости семян ко времени уборки), а также особенностями сорта и условиями выращивания. Содержание белков в отдельных частях семени также неодинаково.

Наибольшая часть белков сосредоточена в ростках, их содержание в семенных оболочках ограничено.

В семенных оболочках гороха по сравнению с другими культурами содержится наименьшая доля белков. Содержание белков в его ростках по сравнению с фасолью и чечевицей больше. Чечевица отличается более высоким, чем горох и фасоль, содержанием белков в

семядолях. Для семян фасоли характерно по сравнению с семенами других бобовых наибольшее сосредоточение белков в семенных оболочках.

Проламиновая фракция в белках семян бобовых отсутствует. Основная фракция – глобулины. Наименьшее количество приходится на долю глютелинов. Альбуминов немного больше, чем глютелинов. В семенах бобовых найдены отдельные, характерные для той или другой культуры белки – в семенах гороха водорастворимый легумелин и два глобулина (легумин и вицилин), в семенах фасоли – глобулин фазеолин, в семенах сои – глобулин глицинин.

Ультрацентрифугирование в широких границах рН (2,2-9,0) и ионных силах показало, что глобулин сои глицинин состоит из ряда фракций, способных к обратимой ассоциации – диссоциации. В результате изменяется реакционная способность этого запасного белка и соответственно его участие в обмене веществ в прорастающем и созревающем зерне.

Бобовые растения имеют на корневой системе клубеньки, содержащие азотфиксирующие бактерии, обогащающие почву азотом. Биологический азот, фиксируемый бобовыми растениями из воздуха, благотворно действует не только на повышение урожая, но и на качество зерна, содержание сырого белка в зерне озимой и яровой пшеницы, выращиваемых после бобовых, колеблется в пределах 9,7-13,6%, а после злаковых – 9,2-11,8%. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, выращиваемой после клевера и люцерны, при весенней подкормке минеральным азотом превысило установленный стандарт для сильной пшеницы (28%), а по костре – не достигало ее.

В белках семян бобовых содержатся хорошо изученные белки – ингибиторы протеолитических ферментов. Среди растительных объектов по содержанию ингибиторов протеаз семена бобовых стоят на первом месте. Особенно выделяются бобы сои и фасоли обыкновенной. У сои идентифицированы два ингибитора трипсина (протеолитический фермент, синтезируемый клетками поджелудочной железы), связывающие цистин и метионин, а также влияющие на его термостабильность, кислотоустойчивость и протеолитическую активность.

Несмотря на количественные расхождения, аминокислотный состав семян бобовых имеет много общего, аспарагиновая и особенно глютаминовая кислоты содержатся в наибольшем количестве, в наименьшем – цистин, метионин и триптофан. Белки семян бобовых

бедны серосодержащими аминокислотами. Многие незаменимые аминокислоты содержатся в значительных количествах.

По количеству незаменимых аминокислот трудно отдать предпочтение какой-либо определенной фракции белков.

Для полного усвоения белка бобовых культур живым организмом необходима их предварительная обработка. Сыре зерно содержит лишь 15-20% усвояемого белка. Глобулиновая фракция белков фасоли устойчива к некоторым протеолитическим ферментам. Благодаря высокому содержанию белков, богатых незаменимыми аминокислотами, семена бобовых культур – один из важнейших источников белка. Белковые изоляты сои с их ценным набором незаменимых аминокислот используют для обогащения хлебобулочных изделий и других пищевых продуктов.

1.10. Белки семян масличных культур

Большинство масличных культур по содержанию белков не уступает бобовым культурам.

Белки семян масличных представляют собой смесь близких по своим свойствам белков. Большая часть белков масличных семян относится к глобулиновой фракции (80-97%). Альбуминовая и глютениновая фракции находятся примерно на одинаковом уровне (0,5-1,0%). Проламины практически отсутствуют.

В соле- и щелочерастворимых белках прослеживаются сортовые различия – с увеличением масличности в них повышается содержание глютаминовой кислоты, метионина и понижается – треонина и лейцина. Большинство незаменимых аминокислот в глобулинах представлено полнее, чем в других фракциях. Белки ядер семян подсолнечника имеют большое кормовое значение благодаря наличию в них значительного количества незаменимых аминокислот.

Отличительная особенность аминокислотного состава семян хлопчатника по сравнению с семенами подсолнечника – более высокое содержание глютаминовой кислоты (16,9%), аспарагиновой кислоты (8,4%) и лизина (6,0%).

Вместе с тем содержание остальных незаменимых аминокислот заметно понижено, в том числе треонина до 3,9%, фенилаланина до 4,3%.

Высокая биологическая ценность белков превращает масличные культуры в ценный источник покрытия дефицита белковых веществ.

Введение 5-10% белковых изолятов семян подсолнечника повышает питательную ценность хлеба (объем пшеничного хлеба увеличивается, корка приобретает очень приятный золотистый цвет).

За последнее десятилетие разработаны дополнительные пищевые продукты – пищевые смеси с высоким содержанием белка.

Для обогащения пищевых смесей желательно использовать выделенные белковые изоляты, но они дороги. Большинство растительных белковых пищевых смесей готовят только из муки или концентратов. Наиболее легкий и дешевый способ – использование белковой муки, полученной из обезжиренных масличных семян. Однако семена некоторых масличных культур содержат ядовитые вещества, что служит серьезным препятствием к использованию белковых изолятов из них (как и самих семян) в пищевых продуктах и на корм скоту. Семена хлопчатника содержат токсичное соединение гossипол, семена клещевины – высокотоксичные белки лектины, способные агглютинировать клетки.

При использовании отходов, получаемых при производстве растительного масла, на корм сельскохозяйственным животным большое значение приобретает изменение белковых веществ в результате промышленной переработки маслосемян. Применяемая при этом влажно-тепловая обработка измельченных масличных семян вызывает тепловую денатурацию белковых веществ, что приводит к изменению их растворимости. Одновременно проходят реакции взаимодействия сахаров с белковыми веществами (меланоидинообразование), что приводит к уменьшению количества сахаров и незаменимых аминокислот. В этом случае содержание лизина при интенсивной обработке шрота уменьшается.

2. ВИТАМИНЫ

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 катализические 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 катализитических 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 двигательной активности и другие неблагоприятные факторы вызвали к жизни необходимость значительного увеличения систематического употребления витаминов.

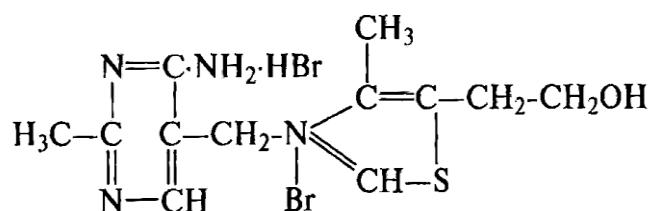
Описаны более 50 витаминов и витаминоподобных веществ. Из этого количества 20 витаминов и витаминоподобных веществ человек должен получать систематически. За группами витаминов близкой структуры и сходной биологической активности закрепились условные обозначения буквами латинского алфавита: А, D, Е, В₆ и т.д.

Все витамины условно делят на четыре группы: водорастворимые, жирорастворимые, витаминоподобные, антивитамины.

2.2. Водорастворимые витамины

Большинство водорастворимых витаминов объединены в так называемую группу В. Общий их признак – наличие в составе атома азота. Кроме того, у этих витаминов хорошо изучены коферментные свойства. Установлено с какими ферментами они в паре, и в каких биохимических процессах каждый из них принимает участие. Современные названия витаминов сложились не сразу, поэтому многие ученые считают применяемое объединение части водорастворимых витаминов в группу В историческим артефактом. Одни в группу В включают 4 витамина, другие – 5 и третьи – 8. Будем придерживаться пяти витаминов: В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂. Из десяти водорастворимых витаминов, необходимых человеку и животным (кроме В₁₂), девять содержатся в том или ином виде в зерне и хлебопродуктах.

Тиамин (В₁) – бромистоводородное производное.



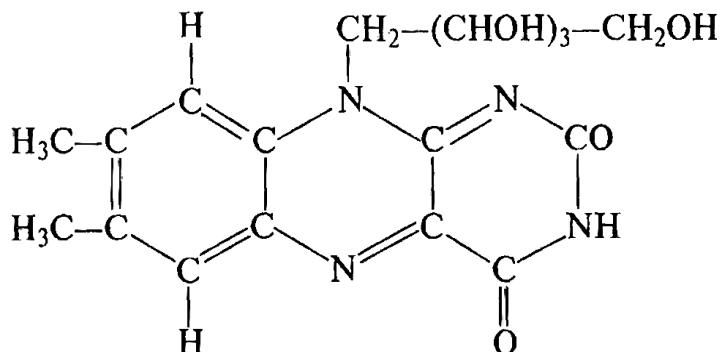
Тиамин входит в состав фермента пируватдекарбоксилазы и играет важную роль в процессах превращения углеводов в организме животных, растений и микроорганизмов.

Этот фермент расщепляет пировиноградную кислоту – промежуточный продукт преобразования глюкозы в клетке. Без тиамина 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, изготовленных с применением соды или углекислого аммония (щелочные разрыхлители). Суточная потребность человека в тиамине 2-3 мг. Основной источник тиамина – 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 B₂). В нем азотистое основание связано с остатком многоатомного спирта D-рибита.

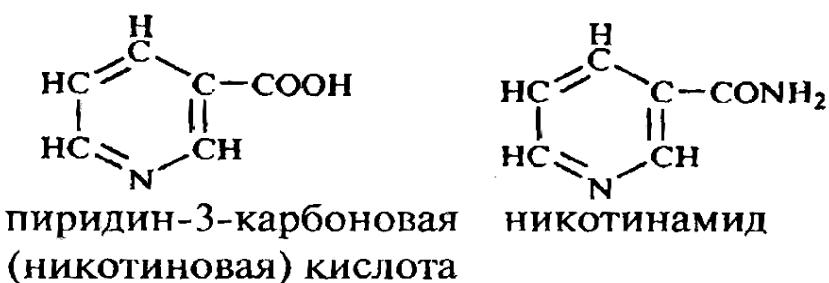


В соединении с фосфорной кислотой рибофлавин входит в состав ферментов, отнимающих водород от пиридиновых дегидрогеназ. Участвует в процессах роста и развития организма, тканевого дыхания, в белковом, углеводном и жировом обмене.

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 (B₃, никотиновая кислота, никотинамид). Название «ниацин» используют как общее обозначение пиридин-3-карбоновой кислоты и ее производного – никотинамида.

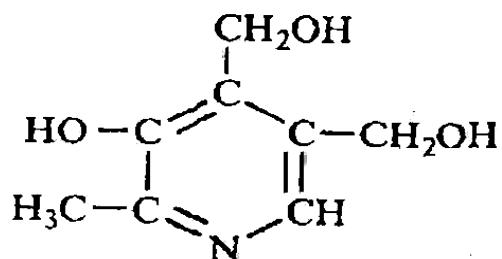


Никотинамид входит в состав ферментов – пиридиновых (первичных) дегидрогеназ, участвующих в переносе водорода. Он обладает высокой устойчивостью к воздействию факторов внешней среды

– 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.

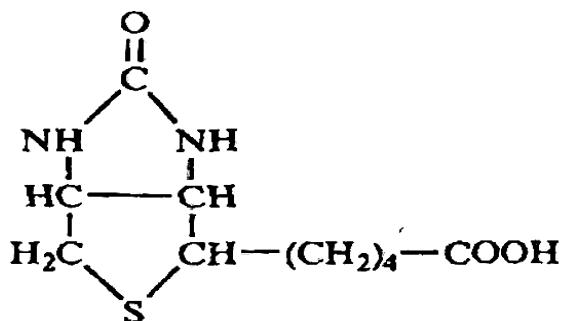
Существенна роль ниацина в белковом обмене, он влияет на накопление азота в растениях, фракционный состав белков листьев и зерна.

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 глютаминовой 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 H) имеет следующее строение:

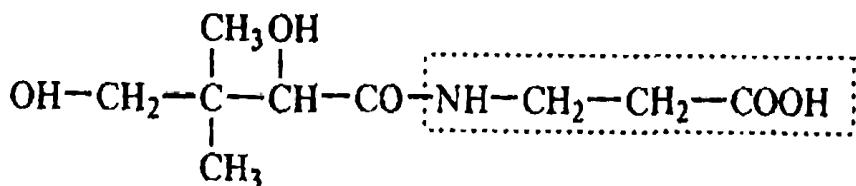


Выполняет разнообразные функции, входит в состав ферментов, катализирующих реакции карбоксилирования, т.е. присоединения CO₂. Занимает ключевые позиции в обмене углеводов и жиров, в частности холестерина, участвует в обмене различных аминокислот, белков. Биотин поступает в организм с пищей, но также 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:

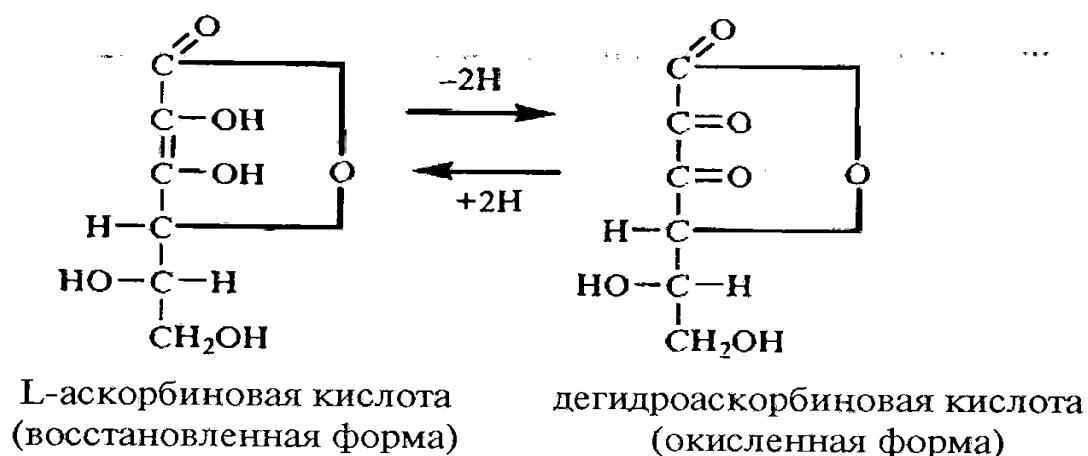


Входит в состав ряда коферментов, в том числе кофермента (КоА), при участии которого происходит синтез жирных кислот, стеринов и многих других соединений. Установлено, что в живых тканях и клетках бактерий большая часть пантотеновой кислоты содержится в виде КоА.

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 ки-

слоты (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:



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 аскорбино-

вой кислоты (мкг/г) через: 1 сутки – нет; 3 суток – 91; 4 суток – 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, Д, 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 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: D₂ – эргокальциферол и D₃ – 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 (1мкг = 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 Е (токоферол). Из известных восьми соединений, входящих в группу витамина, наиболее изученным является витамин а-токоферол.

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

Витамин Е представляет собой сильный антиокислитель. Предохраняет от окисления полиненасыщенные жирные кислоты, защищает от разрушительного окисления витамин А, обеспечивает нормальное функционирование мембранных структур клеток, ослабляет вредное влияние свободных радикалов. Недостаток витамина Е приводит к шелушению кожи, мышечной слабости, дегенерации печени, снижению интенсивности дыхания. Низкие концентрации витамина Е в крови связывают с риском возникновения катаракты. Потребность в витамине Е для взрослого человека составляет 20-30 мг. Она покрывается растительным маслом. Витамин Е 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 К (нафтохинон, филлохинон, менадион). Известны два витамина К: филлохинон-4 (витамин K₁) и менахинон-6 (витамин K₂). Витамин К 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 К 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 І). 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. Ориентированная потребность в ней составляет 1 мг. Липоевая кислота содержится в мясе, капусте, молоке и других продуктах животного и растительного происхождения.

Карнитин (витамин Вt). Точных исследований механизма действия карнитина нет. Полагают, что он участвует в переносе метильных групп. Не исключают, что принимает активное участие в переносе ацильных радикалов через клеточные мембранны 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, простагландинов). 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 ки-

слот разделяют на три группы: 1) жирные, содержащие 50-80% этих жирных кислот (подсолнечное, льняное, соевое, хлопковое, кукурузное, горчичное, 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 структуро-различные соединения лишают витамин присущих ему функций, разрушая его молекулу или комплексно соединяясь с ним.

Антивитамин тиамина – 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 антигистниацин. 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

3.1. Классификация и номенклатура ферментов

По рекомендациям Международного биохимического союза ферменты разделяют на шесть классов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы.

Код (индекс) каждого фермента содержит четыре числа, разделенных точками. Первая цифра указывает класс, вторая – подкласс, третья – подподкласс, четвертая – порядковый номер в данном подподклассе. Так, фермент а-амилаза, расщепляющий крахмал с образованием главным образом декстринов и небольшого количества мальтозы, имеет код 3.2.1.1, т.е. относится к классу гидролаз, подклассу ферментов, действующих на гликозильные соединения, подподклассу ферментов, гидролизующих *o*-гликозильные соединения.

Класс оксидоредуктаз. Включает ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции. Класс насчитывает 17 подклассов в зависимости от природы той группы в молекуле субстрата, которая подвергается окислению (спиртовая, альдегидная, кетонная и т.д.). Третье число показывает тип используемого акцептора: кофермента, цитохрома, молекулярного кислорода и т.д.

Класс трансфераз. Объединяет ферменты, катализирующие реакции переноса групп (метильных, гликозильных, аминных и др.) от одного соединения (донора) к другому соединению (акцептору), подразделяется на 8 подклассов в зависимости от природы переносимых групп. Третья цифра характеризует тип переносимых групп (например, одноуглеродная группа может быть метилом, карбоксилом, формилом и т.д.).

Класс гидролаз. Включает ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление различных соединений; он разделяется на 11 подклассов в зависимости от типа гидролизуемой связи – сложноэфирной, пептидной, гликозидной и т.д. Третья цифра обычно уточняет природу субстрата (например, в подклассе эстераз различают эстеразы сложных эфиров карбоновых кислот, гидролазы тиоэфиров, фосфомоноэстеразы).

Класс лиаз. Действие ферментов основано на отщеплении от субстрата той или иной группы (негидролитическим путем) с образованием двойной связи или присоединении группы к двойным связям. У лиаз 6 подклассов. Вторая цифра кода обозначает тип подвергающейся разрыву связи (углерод-углерод, углерод-кислород и т.д.), а третья – тип отщепляемой группы (CO_2 , H_2O и др.).

Класс изомераз. Объединяет ферменты, катализирующие реакции изомеризации, т.е. структурные изменения в пределах одной молекулы. Класс изомераз разделяется на 5 подклассов в зависимости от типа катализируемой реакции, а подподклассы – по типам субстрата.

Класс лигаз (или синтетаз). Ферменты, которые катализируют соединение двух молекул друг с другом, сопряженное с гидролизом высокоэнергетической связи в молекуле аденоzin-трифосфорной кислоты (АТР) или аналогичного трифосфата. Лигазы разделяются на 5 подклассов по типу образуемой связи (углерод-азот, углерод-кислород и т.д.). Подклассы фигурируют только в подклассе С–Н– лигаз.

3.2. Ферменты зерна

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 (таблица 1).

Ферменты первого класса. Это оксидазы: монофенол-монооксигеназа (тироzinаза), аскорбатоксидаза, пероксидаза, катализ 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 наблюдаемое 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.

Таблица 1 – Ферменты, наиболее часто встречающиеся в зерне

Рекомендуемое (рабочее) название	Старые названия	Кодовый номер и систе- матическое название	Процессы, в которых принимает участие фермент
1	2	3	4
α-Амилаза	Диастаза; птиалин; гликогеназа; декст- риногенамилаза	3.2.1.1 1,4- α -D-Глюкан глюка- ногидролаза	Действует на крахмал, гликоген и родст- венные полисахариды и олигосахариды. Связи разрушаются без определенного по- рядка. Из крахмала образуются главным образом декстрини и немного мальтозы. Играет важную роль в биохимических про- цессах при тестоведении
β-Амилаза	Диастаза; сахароге- ницилаза; гликогена- за	3.2.1.2 1,4- α -D-Глюкан мальто- гидролаза	Действует на крахмал, гликоген и родст- венные полисахариды и олигосахариды, образуя путем инверсии β-мальтозу. Из крахмала образуется главным образом мальтоза и небольшое количество высоко- молекулярных декстринов. Играет боль- шую роль в биохимических процессах при прорастании зерна и тестоведении
α-Глюкозидаза	Мальтаза; глюкоин- вертаза; глюкозидо- сахараза	3.2.1.20 α -D-Глюзид- глюкогидролаза	Расщепляет 1,4- α -глюкозидную связь в ди- сахариках и гликозидах. Катализирует рас- щепление мальтозы с образованием двух молекул глюкозы. Участвует в процессах при прорастании зерна, его хранении. Осо- бенно велика ее роль в тестоведении

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
β-Фруктофуранозидаза	Сахараза; инвертаза; инвертин; β-h-фруктозидаза	3.2.1.26 β-D-Фруктофуранозид-фруктогидролаза	Катализирует гидролиз сахарозы с образованием глюкозы и фруктозы. Имеет важное значение при хранении и переработке зерна, а также в хлебопекарной и кондитерской промышленности
Пептидазы (экзопептидазы) – комплекс ферментов	—	3.4.11-15	Катализируют отщепление отдельных аминокислот и дипептидных остатков от концов пептидной цепи, а также гидролиз дипептидов. Участвуют в процессах прорастания зерна, на различных этапах его переработки, при порче
Протеиназы (протеолитические ферменты, эндо-пептидазы, пептидил-пептид-гидролазы) – комплекс ферментов	—	3.4.21–24; 3.4.99	Катализируют гидролиз белков, участвуют в процессах прорастания, порчи зерна и на различных этапах его переработки
Глютаминсинтетаза	—	6.3.1.2 L-Глютамат: аммиак лигаза (образующая ADP)	Катализирует образование амида глютамина из глютаминовой кислоты в зерне при созревании
Глютаматдекарбоксилаза	—	4.1.1.15 L-Глютамат-1-карбоксилиаза	Расщепляет свободную глютаминовую кислоту на γ-аминомасляную кислоту и CO ₂ , увеличивает количество CO ₂ в зерновой массе дополнительно к CO ₂ образующемуся при анаэробном дыхании

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Дегидрогеназы (большая группа ферментов)	—	Класс 1. Оксидоредуктазы. Ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции	Катализируют реакцию дегидрирования, т.е. отнятия водорода от органического соединения, участвуют во многих биохимических реакциях растительного организма, в том числе при созревании, прорастании дыхании зерна
Монофенол-монооксигеназа	Тирозиназа; фенолаза; катехолоксидаза; полифенолоксидаза; монофенолоксидаза; лакказа; <i>o</i> - и <i>n</i> -дифенолоксидаза; орто-фенолаза; урушиол-оксидаза	1.14.18.1 Монофенол, дигидроксифенилаланин: кислород оксидоредуктаза	Окисляет кислородом воздуха водород, отнятый дегидрогеназами от различных субстратов и вошедший в состав полифенолов. При действии на аминокислоту тирозин (монофенол) образует темноокрашенные вещества — меланины, от которых зависит цвет ржаного хлеба и потемнение макарон
Зимазный комплекс ферментов дрожжей	—	—	Вызывает анаэробный распад углеводов при брожении. В комплект входят ряд оксидоредуктаз, фосфотрансфераз, лиаз (декарбоксилаз) и др. ферментов. Играет большую роль в хлебопечении (при тестоведении), в частности в образовании CO ₂ и спирта

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Триацилглицерол	Липаза; трибутираза; стеапсин	3.1.1.3 Триацилглицерол-ацилгидролаза	Катализирует гидролиз жиров (глицеридов) с присоединением воды и образованием свободных жирных кислот, участвует в процессах порчи продуктов переработки зерна при хранении и при созревании муки
Липоксигеназа	Липоксидаза	1.13.11.12 Линолеат: кислород оксидоредуктаза	Окисляет ненасыщенные жирные кислоты, образуя их гидроперекиси. Образовавшиеся гидроперекиси окисляют каротиноиды, обесцвечивая пшеничное тесто и хлеб. Способствует прогорканию муки и крупы. При слабом действии ускоряет процесс созревания пшеничной муки
Пируватдекарбоксилаза	α -Карбоксилаза; декарбоксилаза пироградной кислоты; декарбоксилаза α -кетокислот	4.1.1.1 Карбоксилиаза 2-оксокислот	Катализирует расщепление пироградной кислоты на углекислый газ и уксусный альдегид. Играет большую роль в реакциях дыхания и брожения, в том числе при хранении зерна и хлебопечении
3-Фитаза	Фитаза	3.1.3.8 мио-Инозитол-гексакисфосфат 1-фосфогидролаза	Катализирует гидролиз сложных эфиров фосфорной кислоты — отщепляет остатки фосфорной кислоты от инозитофосфорной кислоты (ее кальций-магниевой соли, называемой фитином). Содержится в дрожжах и муке. Способствует лучшему усвоению солей кальция

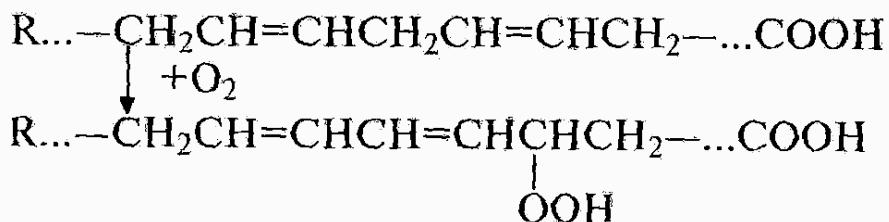
Окончание табл. 1

1	2	3	4
Аминоацилтрансферазы	—	Класс 2. Трансферазы 2.3.2	Играют большую роль в процессе синтеза белков при созревании зерна
Гликозилтрансферазы (комплекс ферментов)	Фосфорилазы	Класс 2. Трансферазы 2.4	Ферменты, катализирующие перенос остатков моносахаридов. Играют важную роль в расщеплении (фосфоролизе) крахмала в растениях

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 катализитической 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 102000, 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 линолевую и линоленовую кислоты.

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

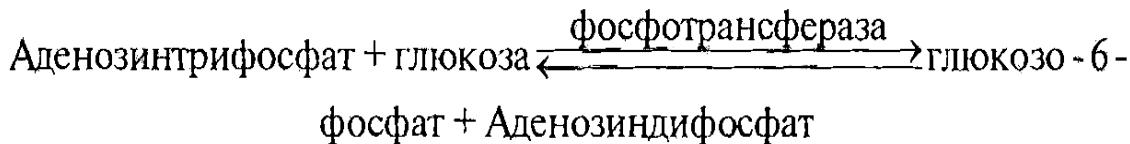


Образующиеся гидроперекиси имеют высокую окислительную способность и могут окислять далее новые порции ненасыщенных

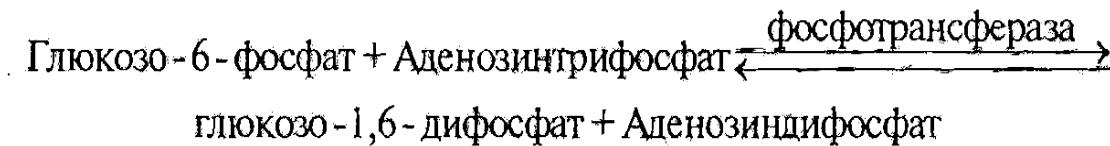
жирных кислот, а также каротиноиды, витамин А, аминокислоты, хлорофилл, аскорбиновую кислоту.

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 аденоzinтрифосфата на глюкозу или фруктозу. При этом образуется аденоzinдифосфат и фосфорный эфир соответствующего сахара:

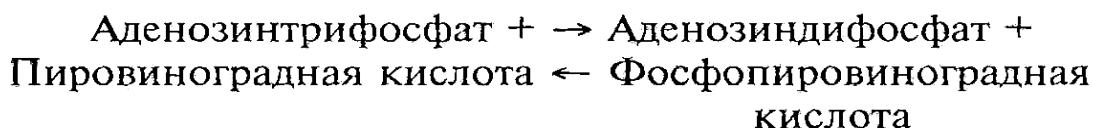


Глюкозо-6-фосфат может далее под действием фосфотрансферазы присоединять еще один остаток фосфорной кислоты, получив его от новой молекулы аденоzinтрифосфата:

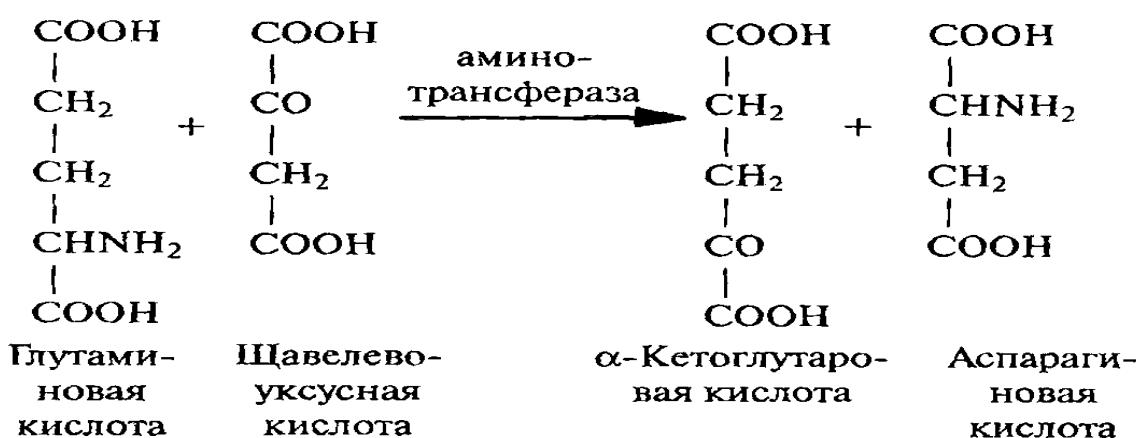


Фосфотрансфераза, катализирующая образование гексозофосфата из гексозы и аденоzinтрифосфорной кислоты, получила название гексокиназы (2.7.11), а фермент, под действием которого из глюкозомонофосфата образуется глюкозодифосфат, – фосфоглюкокиназы. Гексокиназа найдена в дрожжах, зерне пшеницы и горохе,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

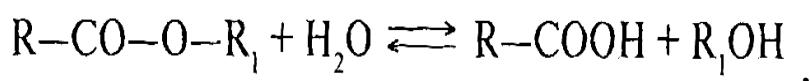
Под действием соответствующей фосфотрансферазы происходит также фосфорилирование пировиноградной кислоты – одного из важнейших промежуточных продуктов дыхания и брожения:



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:



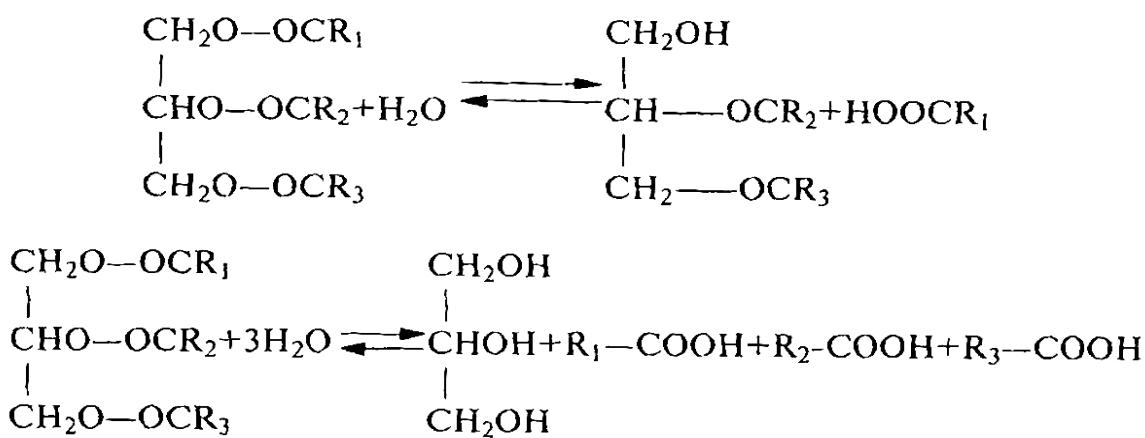
Ферменты третьего класса – гидролазы. Катализируют реакции гидролиза, т.е. расщепление сложных соединений на более простые с присоединением воды. Класс гидролаз весьма обширен, и его подразделяют на ряд подгрупп.



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:



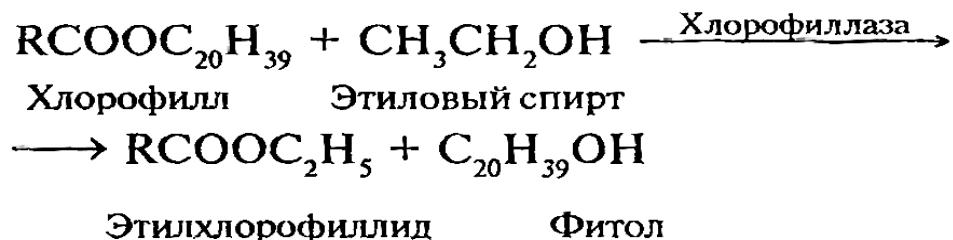
Липазы различного происхождения весьма существенно отличаются по свойствам и характеру действия.

В растениях и микроорганизмах липаза содержится в двух формах – в виде нерастворимого 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 pH 3,6.

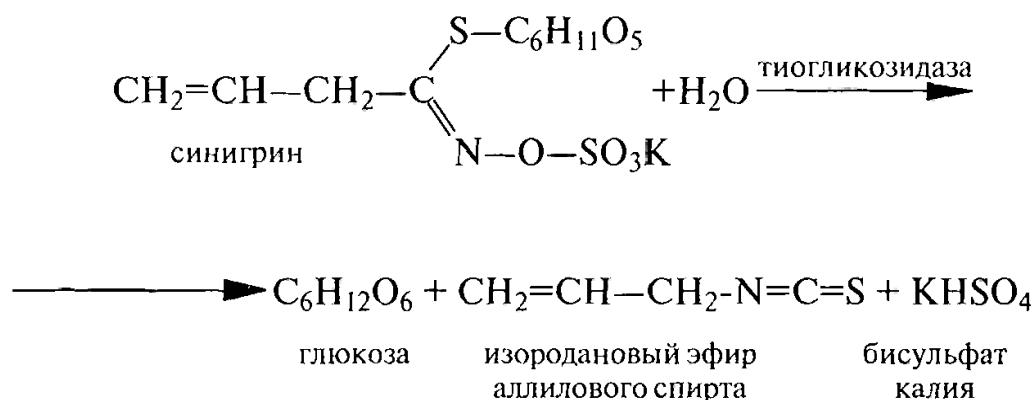
В отличие от липазы клещевины липаза, содержащаяся в семенах злаков, многих масличных культур и в микроорганизмах, относится к растворимым ферментам. Оптимум ее действия по кислотности среды также значительно отличается от клещевинной липазы: он находится при pH 8. Действие липазы имеет большое значение 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 «переэтерификации»: 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 называвшийся мирозиназа, гидролизующий 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 Ca-Mg-соли представляет собой фитин. В семенах многих растений и дрожжах содержится активная фитаза. Оптимум действия фитазы пшеничного зерна находится при pH 5,8.

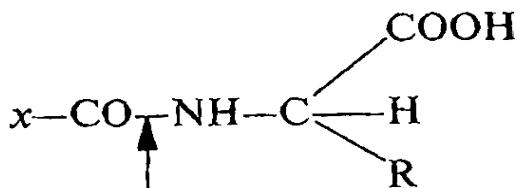
Фитаза оказывает большое влияние на пищевую ценность хлеба. Инозитфосфорная кислота, образуя нерастворимые соли с кальцием, препятствует его усвоению организмом человека. Фитаза дрожжей и муки в процессе брожения теста расщепляет большую часть содер-

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

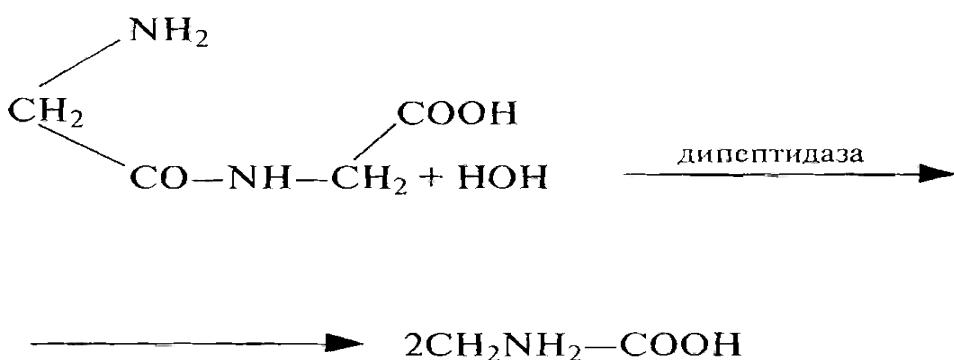
Протеазы (3.4) – ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление белков и полипептидов. Протеазы катализируют расщепление пептидной связи – CO–NH–, поэтому в классификации ферментов их называют пептид гидrolазами. Протеазы разделяют на пептидазы и протеиназы. Пептидазы катализируют гидролитическое 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. Глицилглицин распадается под действием дипептидазы (3.4.13.11) на две молекулы глиококола:



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.

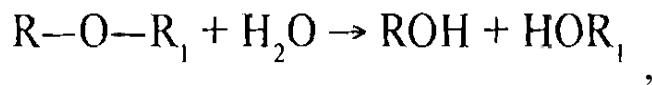
Протеиназы, содержащиеся в млечном соке и в семенах растений, в дрожжах, составляют особую группу ферментов, типичным представителем которых является папаин (3.4.22.2). Его получают в виде сухого порошка из млечного сока дынного дерева (*Carica papaya*). Молекула папаина состоит из 212 аминокислотных 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 сианильной кислотой и сульфгидрильными соединениями, прежде всего цистеином и восстановленным глютатионом.

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, агликоны в гликозидах)).

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

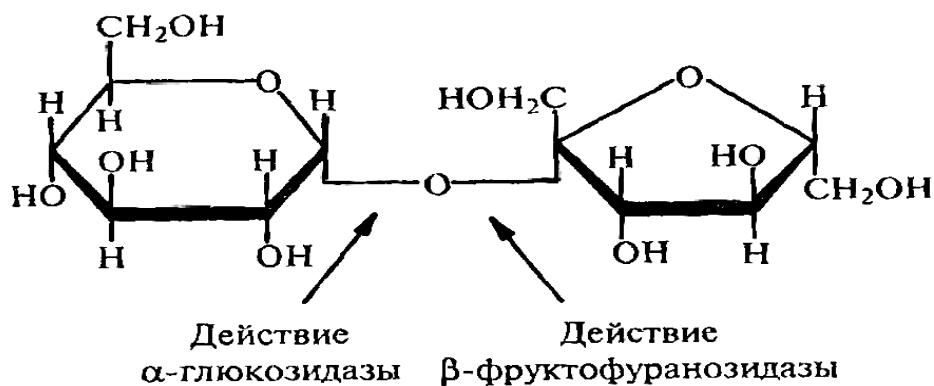
α -Глюкозидаза (3.2.1.20) – систематическое название α -D-глюкозид-глюкогидролаза, старое название – мальтаза. Фермент, расщепляющий α -глюкозидную связь в дисахаридах и глюкозидах, содержится в тканях растений, плесневых грибах, дрожжах, бактериях. Особенно большое количество α -глюкозидазы в проросшем 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 -Фруктофuranозидаза (3.2.1.26) – систематическое название β -D-фруктофuranозид-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 неизмененные крахмальные зерна и крахмальный клейстер. Гидролиз неизмененных 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 оклейстертенный 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 пророщенном 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 этилендиаминтетраацетатом, 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 образова-

нием 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 гидролизуется на 95%.

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

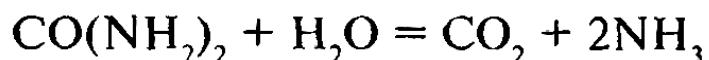
Семена растений различаются по содержанию в них α - и β -амилазы. В непроросших семенах пшеницы и ячменя содержится только β -амилаза; α -амилаза образуется при прорастании.

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.

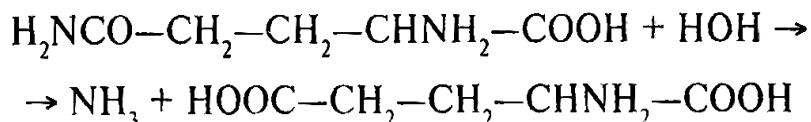
Как и другие ферменты, амилазы могут находиться в клетке в связанном с белками виде, и тогда они лишаются гидролитической активности. Связывание амилаз с белками играет большую роль в регулировании их действия в прорастающем и созревающем зерне.

Экзо-1,4- α -глюказидаза, 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:

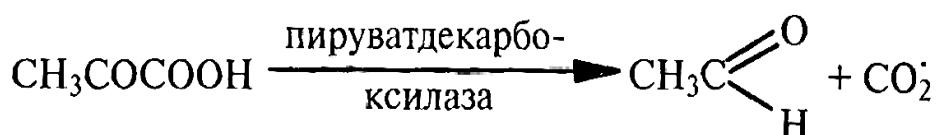


Глютаминаза (3.5.1.2) катализирует гидролиз глютамина с образованием глютаминовой кислоты и аммиака:

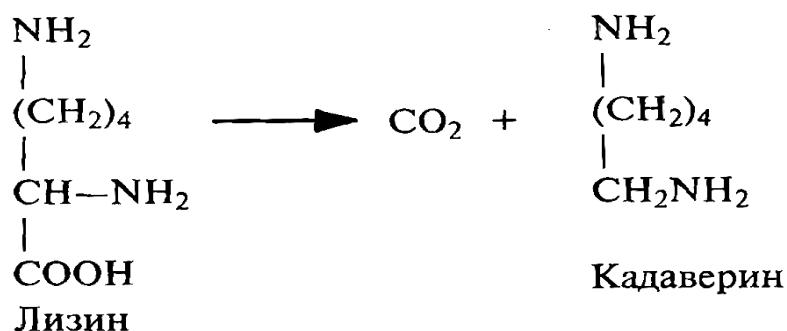


Ферменты четвертого класса – лиазы. Некоторые из них катализируют отщепление воды, другие – отщепление диоксида углерода или аммиака. Из ферментов этого класса рассмотрим пируватдекарбоксилазу и лизиндекарбоксилазу.

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

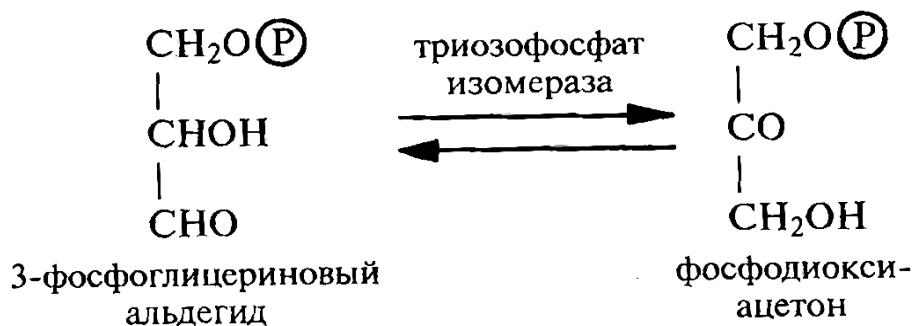


Активная группа пируватдекарбоксилазы состоит из витамина В₁ (тиамина), соединенного с двумя остатками фосфорной кислоты. Ферментативному декарбоксилированию могут также подвергаться аминокислоты, в результате наряду с CO_2 образуется соответствующий амин, или аминокислота. Так при декарбоксилировании лизина под действием лизин-декарбоксилазы (4.1.1.8) образуется пентаметилендиамин (кадаверин):

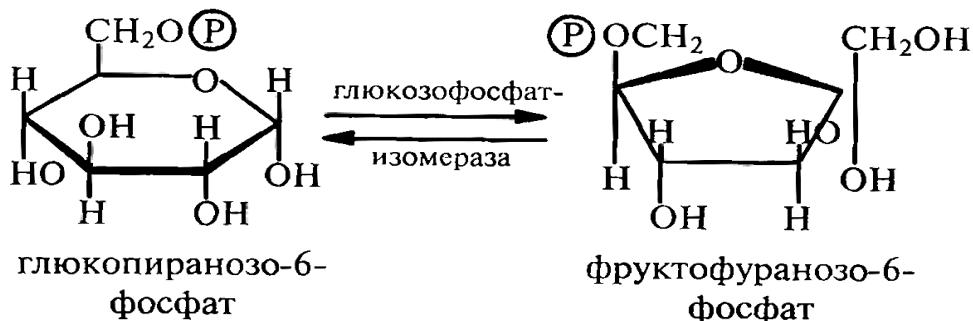


Ферменты пятого класса – изомеразы. Катализируют изомеризацию органических соединений. Некоторые из них принимают участие в брожении теста.

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



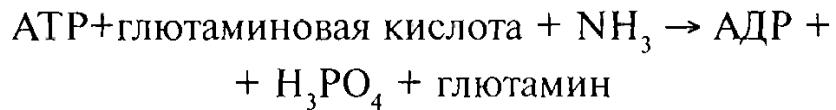
Фермент глюкозофосфат-изомераза, или оксиизомераза (5.3.1.9), катализирует обратимое взаимное превращение глюкопиранозо-6-фосфата и фруктофуранозо-6-фосфата:



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.

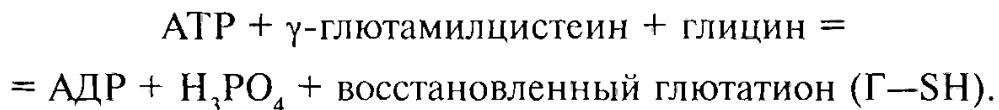
Ферменты шестого класса – лигазы. В этот класс входят ферменты: глютаминсинтетаза, аспарагинсинтетаза, глютатионсинтетаза, пируваткарбоксилаза.

Глютаминсинтетаза (6.3.1.2) катализирует реакцию синтеза глютамина из глютаминовой кислоты и аммиака:



Аспарагинсинтетаза (6.3.1.1) катализирует аналогичную реакцию синтеза аспарагина.

Глютатионсинтетаза (6.3.2.3) катализирует при участии АТР синтез восстановленного глютатиона из γ -глютамилцистеина и глицина:



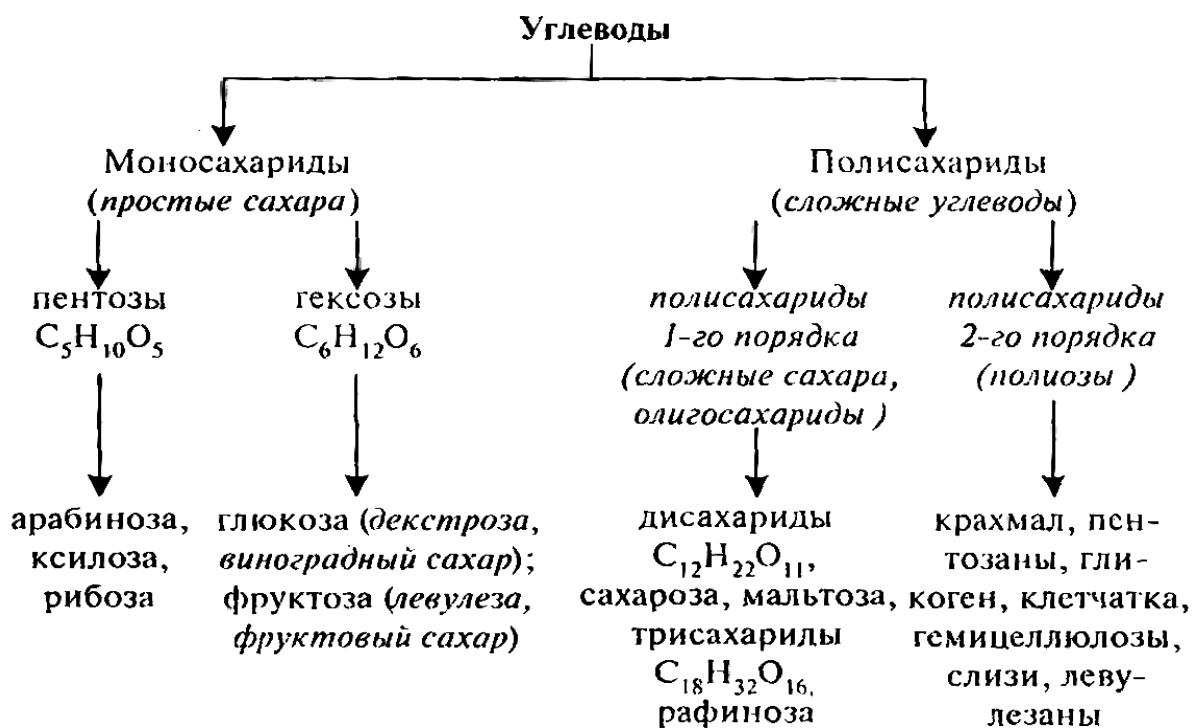
Карбоксилазы – ферменты, которые при участии АТР катализируют присоединение диоксида углерода к различным органическим кислотам, т.е. удлинение углеродной цепочки. Карбоксилазы, катализирующие присоединение CO_2 , содержат в качестве простетической группы биотин.

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

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 моносахарины, и полиозы, или полисахариды, состоящие из остатков молекул моносахаридов. Важнейшие углеводы, встречающиеся в зерне, представлены в следующей схеме:

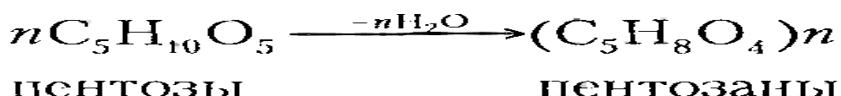


4.2. Моносахариды

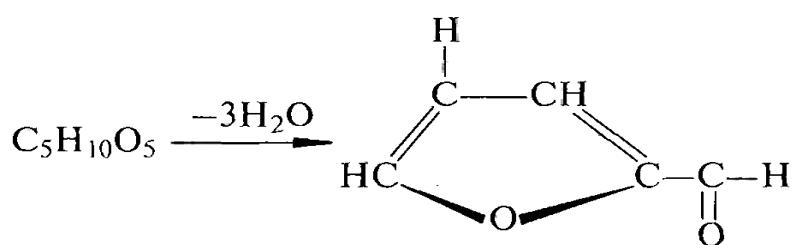
Моносахариды (пентозы и гексозы) легко растворимы в воде, труднее в спирте, не растворимы в эфире. Многие из них имеют сладкий вкус. При нагревании обугливаются. Они нейтральны, но являются сильными восстановителями. Осаждают серебро из аммиач-

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

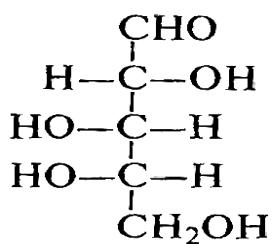


Кроме арабинозы и ксилозы, в состав пентозанов входят и другие пентозы. Пентозам свойственна характерная общая реакция – при нагревании с умеренно разбавленной соляной или серной кислотой они, потеряв три молекулы воды, образуют пятичленное кольцо летучего гетероциклического альдегида фурфурола:

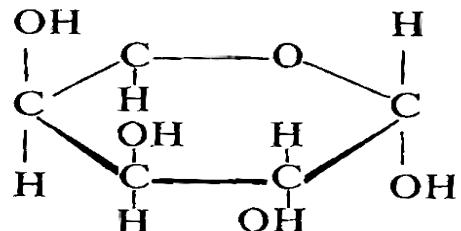


В малых концентрациях фурфурол обладает приятным запахом свежего ржаного хлеба. Он входит в состав веществ, определяющих аромат хлеба. Фурфурол с соляной кислотой и анилином дает интенсивное красное окрашивание, что используют для качественного и количественного определения пентоз.

L-Арабиноза существует в двух видах:



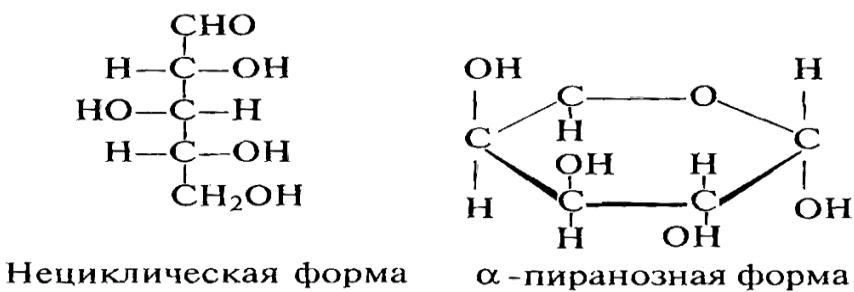
Нециклическая форма



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, гемицеллюз, пектиновых и других веществ, которых много в отрубях, соломе, початках кукурузы. В небольших количествах L-арabinоза 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:



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.

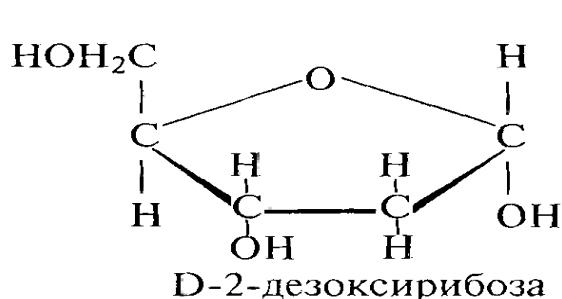
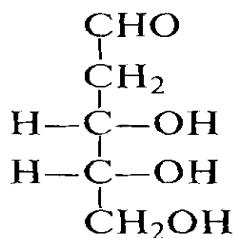
Пентозаны разделяют на водорастворимые (РП) и нерастворимые (НРП), но растворяющиеся в водных растворах щелочей.

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).

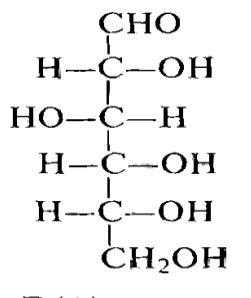
D-Рибоза входит в состав многих биологически важных веществ – рибонукleinовых кислот, некоторых коферментов.

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

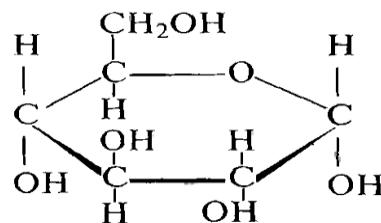


Она входит в состав дезоксирибонуклеиновой кислоты.

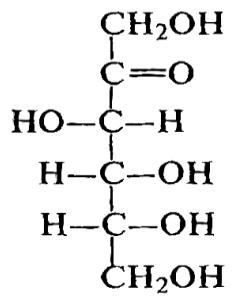
Гексозы. К наиболее важным гексозам относят глюкозу и фруктозу. Каждая из них существует в двух формах – нециклической и циклической (в растворе преобладает):



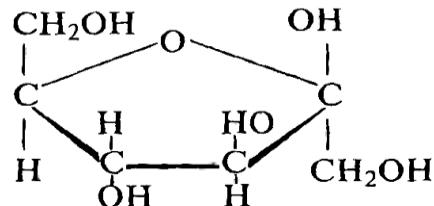
D(+)-глюкоза



α -D-глюкопираноза



D(-)-фруктоза

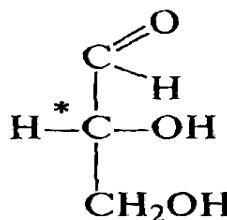


β -D-фруктофураноза

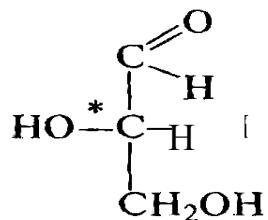
Моносахариды содержат асимметрические атомы углерода, такие, у которых все четыре валентности замещены различными атомными группировками. Это приводит к существованию различных стереоизомеров каждого такого соединения, отличающихся по своим физическим и химическим свойствам.

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).



правовращающий
D-глицериновый
альдегид

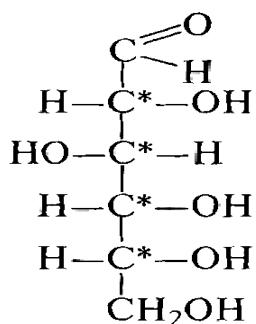


левовращающий
L-глицериновый
альдегид

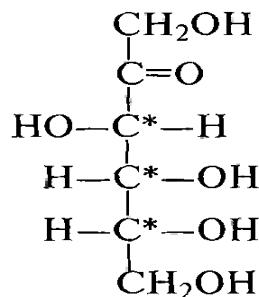
Все моносахариды, у которых замещающие группы при углеродном атоме, ближайшем к первичной спиртовой группе CH_2OH , имеют то же расположение в пространстве, что и D-глицериновый альдегид, причисляют к D-ряду, а если такое, как у L-глицеринового альдегида, то к L-ряду.

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

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



D(+)-глюкоза

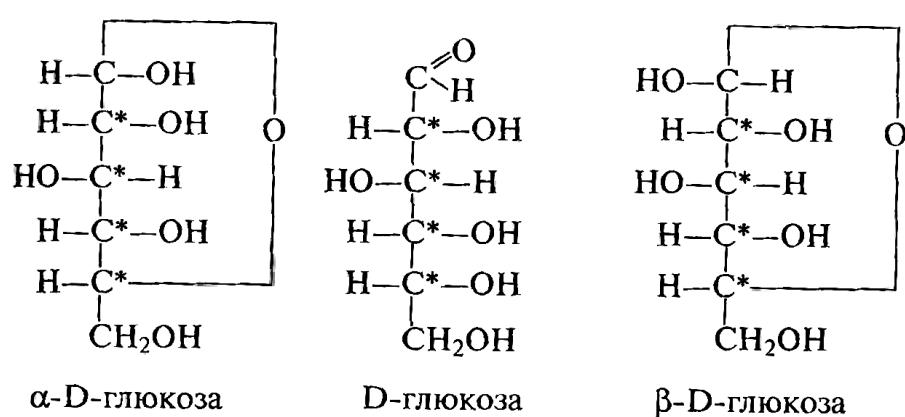


D(-)-фруктоза

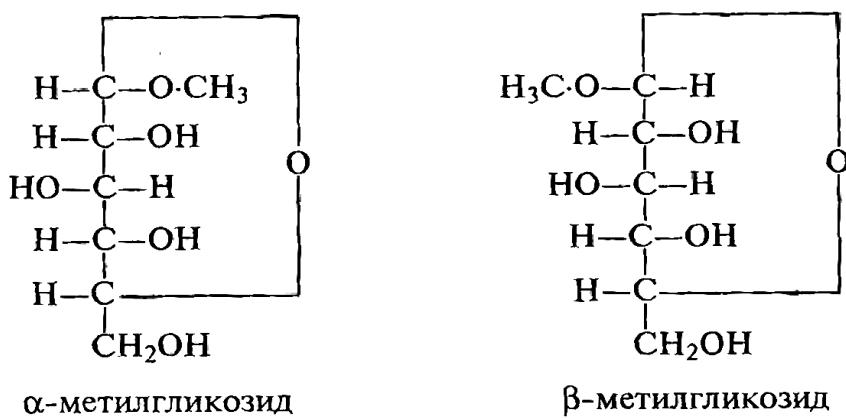
В только что приготовленных растворах моносахаридов удельное вращение сразу изменяется, пока не достигнет некоторой постоянной величины (явление мутаротации). Было выяснено, что глюкоза имеет две изомерные формы – одна с удельным вращением $+113^\circ$ и другая, имеющая удельное вращение $+19^\circ$. 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. Гликозиды 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.

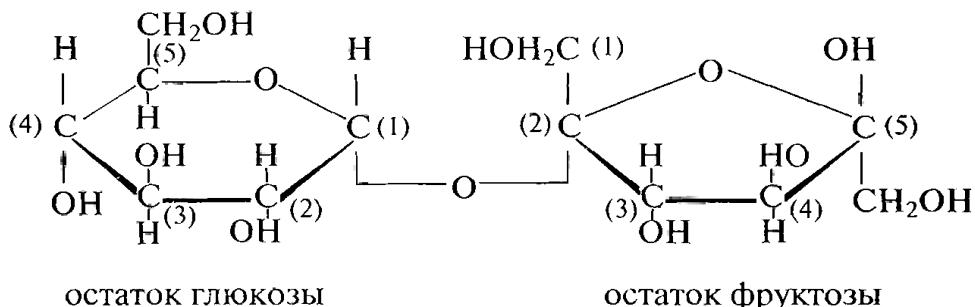
D-глюкоза (декстроза, виноградный сахар) в свободном виде содержится в зеленых частях растений, в семенах, различных фруктах и ягодах, в меде. Входит в состав крахмала, клетчатки, гемицеллюлоз, гликогена, декстринов, сахарозы, мальтозы, рафинозы, многих гликозидов. Чистую глюкозу в больших количествах 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 сахарозы, мальтоза, а также трисахарид рафиноза.

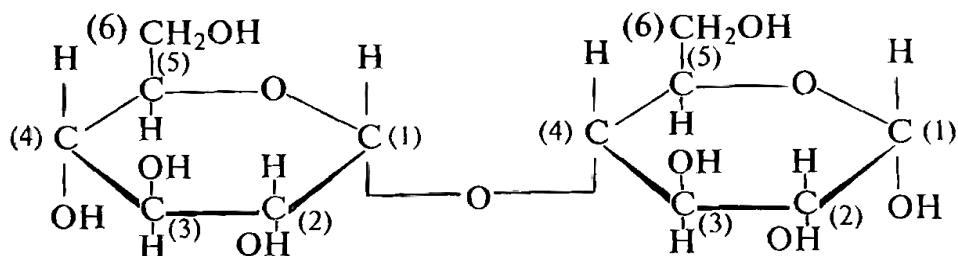
Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар). Широко распространена в растениях, встречается в листьях, стеблях, семенах, фруктах, ягодах, корнях, клубнях. Играет очень важную роль в питании человека. Легко растворима в воде. Кристаллизуется в виде больших моноклинических кристаллов. Температура плавления сахарозы $160\text{--}186^{\circ}\text{C}$. Удельное вращение водных растворов $+66,5^{\circ}$. 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 гидроксилов.

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 $+130,4^\circ$. Сбраживается дрожжами в присутствии глюкозы. Под действием фермента α -глюкозидазы (мальтазы) гидролизуется с образованием двух молекул глюкозы. В нормальном непророщенном 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 формулу $C_{18}H_{32}O_{16}$. Встречается в больших количествах во многих растениях. В заметных количествах содержится в зародышах зерна. В сухом ве-

ществе пшеничных зародышей находится от 4 до 6,9% рафинозы. Накапливается в больших количествах в мелasse при производстве свекловичного сахара. Рафиноза кристаллизуется в виде длинных игл с пятью молекулами воды. Удельное вращение водных растворов +105,2°. 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 эмульсии (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 > малтоза. 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 – амилоэзы 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 клейстерируется в среднем при 62,5°C, ржаной – при 55°C. Полисахариды, входящие в состав крахмала (амилоза и амилопектин), сильно отличаются по своим физическим и химическим свойствам. От йода амилоза окрашивается в синий цвет, а амилопектин – в красно-фиолетовый. Они отличаются 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 глюко-

зы 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 гидролизуется 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 гидролизуется 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 получаются 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,очно 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 зависят 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°C; α -амилаза более устойчива к повышенной температуре.

Этим различием пользуются при исследованиях. Если требуется устраниить 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-буровое, 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 слизей в зерне ржи – от 2,5 до 7,4% от сухого вещества зерна. Слизи ржаного зерна – полисахариды, которые при кипячении с кислотами (при гидролизе) дают пентозы, а именно арабинозу и ксилозу. В состав слизей входят также глюкоза (до 20%), немного фруктозы и галактозы. Слизи зерна ржи очень легко набухают в воде и образуют чрезвычайно вязкие растворы. Если приготовить растворы желатина и слизи определенной концентрации, то окажется, что вязкость раствора ржаных слизей во много раз выше вязкости раствора желатина той же концентрации.

Слизи имеют 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 слизей в ее зерне.

Содержание слизей 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 слизей в центральных частях в 50 раз выше, чем у слизей, выделенных из периферийных частей зерна. Установлена зависимость вязкости слизей от их химического состава – с повышением доли пентозанов и одновременным уменьшением относительного содержания гексозанов их вязкость возрастает. Слизи играют 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 важ-

ную 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 -глюкозидоглюкузу, 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 ксилоzu 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 в. 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. КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА

5.1. Общие свойства и классификация липидов

Общепринятого определения липидов нет. Их объединяют по трем особенностям:

- большое разнообразие по химическому составу и структуре;
- растворимость в органических растворителях: одних в неполярных безводных (диэтиловый эфир, бензин, бензол и др.), других – в гидрофильных полярных (этанол, хлороформ, ацетон и др.);
- нерастворимость в воде.

Липиды играют большую роль в растительном организме в качестве запасных веществ и важнейших компонентов клетки. К основным функциям липидов в растительном организме относят: структурную, регуляторную, энергетическую и защитную. В виде двойного слоя полярные липиды со встроенными в него белками – ферментами образуют структуру клеточных мембран.

Регуляторную роль липиды выполняют, будучи жирорастворимыми витаминами и производными некоторых жирных кислот. Липиды – постоянно восполняемое энергетическое депо клеток: при окислении 1 г нейтральных жиров (триациглицеринов) тканями организма выделяется 38 кДж свободной энергии для непрерывно идущего метаболизма – основы жизнедеятельности организма. Велика защитная роль липидов, главным образом восков. Они образуют водоотталкивающие и термоизоляционные покровы растений, их семян и плодов, предотвращая избыточное испарение воды из листьев и плодов. Их химическая инертность защищает растение от гидролитического распада ферментами микроорганизмов, а повышенная твердость – от технических повреждений. Единой классификации нет. В соответствии с химическим составом липиды зерна можно разделить на три группы. К первой группе относят липиды простые. Вторую группу составляют липиды сложные. Они содержат кроме углерода, кислорода, водорода, также фосфор, азот, иногда серу. Это фосфатиды и сульфолипиды. Третью группу называют циклическими липидами. Сюда относят стерины и их эфиры с высокомолекулярными жирными кислотами – стерины. В липидах растворимы некоторые пигменты – хлорофилл и каротиноиды, придающие окраску зерну и семенам.

5.2. Простые липиды

К простым липидам относят жиры и воски.

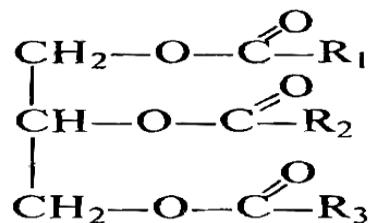
Жиры. Жиры представляют собой особую группу липидов, содержащуюся в зерне в наибольшем количестве. Они являются смесью ацилглицеринов с веществами липидного и нелипидного характера.

В названиях жирных кислот чаще сохраняют тривиальные названия и редко применяют систематические.

На долю жиров приходится 63-65% всех липидов зерна. Они накапливаются в больших количествах в семенах многих растений, особенно масличных. Семена, богатые жиром, используют в масложировой промышленности для получения растительных жиров (растительных масел).

Жир содержится главным образом в алейроновом слое и зародыше. В зародыше зерна пшеницы содержится жира в среднем 14%, проса – 22, гречихи – 17, кукурузы – 30%.

По химическому строению жиры представляют собой смесь сложных эфиров триацилглицеринов – трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот, и построены по такому типу:



где $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ – радикалы жирных кислот.

Радикалы жирных кислот могут быть одинаковыми или разными в различных сочетаниях. При большом разнообразии в природе жирных кислот в жирах преобладают $\text{C}_4\text{-C}_{26}$ кислоты с четным числом атомов углерода (главным образом C_{16} - и C_{18} -кислоты). На долю трех кислот – пальмитиновой, олеиновой и линолевой – в составе растительных жиров приходится 75-80%.

При действии кислот и щелочей на жиры происходит расщепление сложноэфирной связи – омыление жира. При этом выделяются свободный глицерин и свободные жирные кислоты или их соли, называемые мылами. Для характеристики свойств жира применяют так называемые числа, наибольшее значение имеют три числа: кислотное, йодное и омыления.

Кислотное число. Количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в одном грамме жира. Кислотное число указывает на количество свободных жирных кислот, оставшихся не использованными при биосинтезе масла во время созревания семян, или на начавшуюся порчу масла, сопровождающуюся увеличением содержания свободных жирных кислот. Кислотное число масла в семенах масличных культур нормируется стандартами. Для семян подсолнечника поставляемого кислотное число (мг KOH) не должно быть для высшего сорта более 1,3; первого – 2,2; второго – 5.

Йодное число. Количество граммов йода, связываемое 100 г жира. Йод присоединяется по месту двойных связей. Поэтому йодное число дает возможность судить о содержании в жире непредельных жирных кислот (о степени его ненасыщенности). По величине йодного числа растительные жиры делят на высыхающие – с йодным числом 130 и выше (льняное, конопляное) и невысыхающие – с йодным числом меньше 85 (клещевинное, арахисовое). Высыхающие и некоторые полувысыхающие жиры (рыжиковое, рапсовое масла), имеющие промежуточное йодное число, используют в олифоварении, лакокрасочном производстве, при изготовлении клеенки и линолеума. Невысыхающие жиры находят применение в технике. Часть из них, так же, как и полувысыхающие жиры, применяют в пищевой промышленности. Чем выше йодное число, тем легче окисляется и скорее прогоркает жир.

Число (или коэффициент) омыления. Количество миллиграммов едкого кали, необходимое для нейтрализации свободных и связанных с глицерином жирных кислот в 1 г жира.

Величина кислотного числа, наиболее подверженного колебаниям, связана с условиями созревания и хранения зерна. При полной технической спелости оно находится на самом низком уровне.

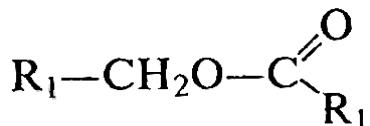
При хранении растительный жир, мука и крупа под влиянием света и кислорода воздуха, а также влаги приобретают неприятный вкус и запах. Это – следствие гидролиза и окисления жиров, и прежде всего ненасыщенных жирных кислот (прогоркание). При контакте с ненасыщенными жирными кислотами кислород присоединяется по месту двойной связи с образованием циклической перекиси. Затем происходит разрыв по месту двойной связи с образованием различных альдегидов, кетонов и кислот с короткими цепями с неприятным запахом.

В результате жизнедеятельности микроорганизмов из жирных кислот образуются кетоны и другие продукты, способствующие прогорканию масел.

В прогоркании растительного масла и продуктов из зерна большую роль играют ферменты триацилглицерол-липаза и липоксигеназа. В любом зерне содержится триацилглицерол-липаза, но она особенно активна в семенах клещевины. В зародышах пшеницы оптимум ее действия находится при pH 8,0. Ферментативное прогоркание начинается с действия триацилглицерол-липазы, она расщепляет жир с образованием свободных жирных кислот и глицерина. Затем липоксигеназа, которая особенно энергично окисляет свободные, а не связанные в триацилглицеринах жирные кислоты, превращает их в гидроперекиси – активные окислители.

При окислении и, следовательно, при прогоркании растительных жиров триацилглицерол-липаза и липоксигеназа действуют совместно. Под влиянием перекисей и гидроперекисей происходит дальнейший распад жирных кислот, образуются альдегиды, кетоны и другие неприятные на вкус и запах вещества, вследствие чего жир прогоркает.

Воски. Сложные эфиры, образованные жирными кислотами и высокомолекулярными одноатомными спиртами жирного (реже ароматического) ряда).



Они содержат также некоторое количество свободных жирных кислот упомянутых высокомолекулярных спиртов и углеводородов.

Воски покрывают тонким слоем листья, стебли и плоды растений. Восковой налет на плодах предохраняет их от смачивания водой, высыхания и поражения микроорганизмами. Содержание восков в зерне очень невелико. Они содержатся главным образом в оболочках зерна, покрывая его тончайшей восковой пленкой. В оболочках семян подсолнечника содержится 0,2% восков от массы оболочек, в семенах льна – 0,03%, в семенах сои – около 0,01%.

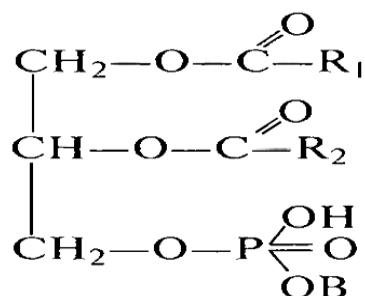
При перемещениях зерна, особенно сухого, восковая пленка быстро разрушается. В состав восков входят обычные для жиров жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и др.) и кислоты, характерные для восков, – карнаубовая $\text{C}_{24}\text{H}_{48}\text{O}_2$, церотиновая

$C_{27}H_{54}O_2$, монтановая $C_{29}H_{58}O_2$ и др. Из спиртов, входящих в состав восков, можно отметить цетиловый (гексадеканол-1) $CH_3(CH_2)_{14}CH_2OH$, цериловый (н-гексакозанол) $CH_3(CH_2)_{24}CH_2OH$ и другие.

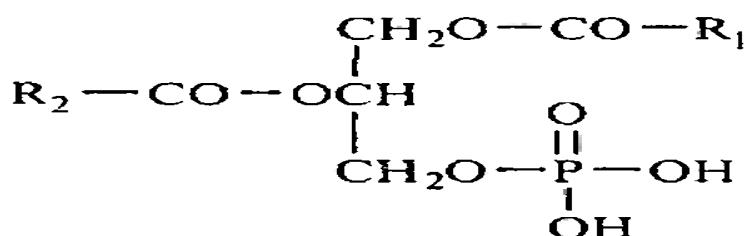
Из животных восков наибольшее значение имеют пчелиный воск, спермацет (из черепной полости кашалота), ланолин (из овечьей шерсти).

5.3. Сложные липиды

Фосфатиды относятся к сложным липидам. От жиров отличаются содержанием фосфорной кислоты и связанного с ней азотистого основания или другого соединения.



Если в приведенной общей формуле фосфатидов удалить остаток В, получится фосфатидная кислота:



где OCR_1 и OCR_2 – остатки различных жирных кислот; В – остаток азотистого основания или другого соединения, присоединяющегося к фосфорной кислоте через гидроксил.

В том случае, если В представляет собой остаток холина, то фосфатид называется лецитином, если коламина, то кефалином. Холин можно рассматривать как производное гидрата окиси аммония $HOCH_2CH_2N(CH_3)_3OH$.

Коламин – аминоэтиловый спирт $CH_2OH - CH_2 - NH_2$.

В зерне и семенах преобладает лецитин, кефалин сопровождает его в небольших количествах. Фосфатиды под влиянием кислот и соответствующих ферментов гидролизуются с образованием своих составных частей. Фермент триацилглицерол-липаза отщепляет от фосфатидов жирные кислоты, глицерофосфатаза – фосфорную кислоту – одно из важнейших веществ, определяющих кислотность зерна.

Если отщепляются только холин (или коламин) и жирные кислоты, то остается глицеринфосфорная кислота.

В зародышах пшеницы найдены фосфатидные кислоты. Выделенная из зародышей пшеницы смесь фосфатидов состояла из 46,6% лецитинов, 11,3% кефалинов и 42,1% фосфатидных кислот. Фосфатиды вместе с белками образуют липопротеиды, входящие в состав мембран, регулирующих поступление в клетку и ее органеллы разнообразных веществ. Липопротеиды входят также в состав органелл клетки (ядра, пластиды, митохондрии). Фосфатиды, особенно лецитин, – поверхностно-активные вещества, прекрасные эмульгаторы, широко применяемые в пищевой промышленности при изготовлении шоколада, маргарина и в качестве веществ, предохраняющих жиры от окисления и прогоркания.

Фосфатиды – поверхностно-активные вещества, улучшающие хлебопекарные достоинства пшеничной муки. В зерне пшеницы, ржи, ячменя и риса содержится 0,3-0,6% фосфатидов; в зародыше пшеницы 1,6%; в семенах подсолнечника 0,7-0,8%, хлопчатника 1,7-1,8, сои 1,6-2,0, в зародыше сои 3,15%.

Фитин – калий-кальций-магниевая соль инозитфосфорной кислоты, в основе которой лежит шестиатомный спирт миоинозит.

Инозит относят к витаминам, широко распространен в растительном мире в свободном состоянии и в виде фитина.

Фитина много в алейроновом слое и отрубях, особенно в хлопковом жмыхе, в эндосперме пшеницы его почти нет. Его выделяют из отрубей, конопляного и хлопкового жмыхов, из отходов крахмалопаточной промышленности. Используют в виде лечебного препарата.

В периферийных частях зерна фитина больше, чем в зародыше. Около половины фосфора зародыши входит в состав фитина, а остальное в основном в состав нуклеиновых кислот.

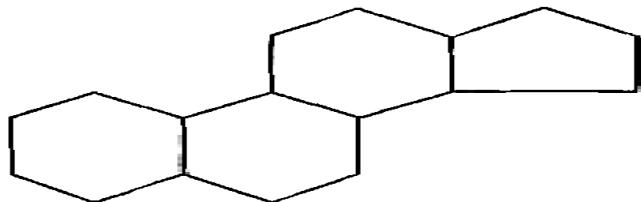
Фитинового фосфора в зерне ржи больше, чем в пшенице (в среднем 2,5% от сухого вещества). В зерне, в отрубях пшеницы, риса и других злаков содержится фермент фитаза, относящаяся к группе фосфатаз и отщепляющая остатки фосфорной кислоты от инозитфос-

форной кислоты. Оптимальные условия для действия фитазы – pH 5,5 и температура 55⁰C. Фитаза имеет большое технологическое значение. Во-первых, отщепляемая фитазой фосфорная кислота – один из важнейших источников, от которого зависит кислотность зерна и муки. Во-вторых, фитаза, содержащаяся в дрожжах и зерне, расщепляет фитиновую кислоту и ее производные и тем повышает усвоемость человеком содержащегося в хлебе кальция.

Фитиновая кислота образует с кальцием труднорастворимые соли, которые не поддаются действию пищеварительных соков. Но во время брожения в самом начале выпечки хлеба активная фитаза успевает расщепить большую часть фитиновой кислоты, имеющейся в муке. Остающееся небольшое количество фитиновой кислоты уже не может затруднить усвоение солей кальция.

5.4. Циклические липиды

Все стероиды – производные циклопентанопергидрофенантрена



К стероидам относят стерины (стеролы) – высокомолекулярные циклические спирты и стериды – сложные эфиры стеринов. Стериды не растворяются в воде, но хорошо растворимы во всех жировых растворителях. При извлечении жира из зерна диэтиловым эфиром в экстракт переходят не только жиры и фосфатиды, но и стероиды, которые таким образом входят в состав сырого жира. При омылении жира стерины остаются в неомыляемой фракции, составляя наибольшую ее часть.

Стерины, образуя с белками сложные комплексы, играют важную роль в составе протоплазмы. Они участвуют в построении биологических мембран, регулирующих обмен веществ в клетке. В зерне пшеницы стеринов и стеридов 0,03-0,07%, кукурузы 1,0-1,3%, в дрожжах выше 2%.

Характерный представитель стеринов – эргостерол C₂₈H₄₃OH. Он содержится в пшеничном зерне, в дрожжах, в рожках спорыни, плесневых грибах.

При облучении эргостерола ультрафиолетовыми лучами из него образуются витамины группы D (антирахитические витамины). Для промышленного изготовления витаминов группы D используют дрожжи.

Известны многочисленные стерины. Они различаются количеством двойных связей и строением боковой цепи.

Из животных стеринов следует назвать холестерин. При нарушении обмена веществ он откладывается на стенках кровеносных сосудов, приводя к распространенной тяжелой болезни – атеросклерозу. В растительных маслах содержится обычно от двух до четырех стеринов, причем обязательной составной частью является ситостерол $C_{24}H_{50}OH$.

5.5. Связанные липиды

Все липиды принято условно делить на свободные, связанные и прочносвязанные. Под свободными понимают липиды, которые выделяют исчерпывающей экстракцией диэтиловым эфиром. Связанными липидами называют вещества, извлекаемые полярными растворителями, разрушающими более прочные связи в гликопротеидолипидных комплексах. При выделении связанных липидов размолотое зерно предварительно обрабатывают горячим этанолом, и затем липиды извлекают диэтиловым эфиром. К прочносвязанным липидам относят группу липидов, извлекаемых диэтиловым эфиром из остатка после выделения связанных липидов, предварительно обработанного кислотой или щелочью для разрушения еще более прочных связей белок–липид и липид–углевод. По суммарному содержанию связанных форм липидов (в процентах к общему количеству липидов) основные зерновые культуры можно разделить на две группы. К одной относят культуры с относительно большим содержанием связанных форм липидов: рожь (34%), гречиха (32,8%), пшеница (31%) и к другой – с их относительно небольшим количеством: рис (17%), просо (11,6%), кукуруза (11,3%) и овес (10,2%). Колебания относительного содержания свободных, связанных и прочносвязанных липидов отражают их различную роль в процессах жизнедеятельности зерна. Свободные липиды – это в основном запасные липиды, связанные – структурные.

Основная фракция свободных липидов – триацилглицерины (70,3%). Липиды разных частей зерна имеют заметные расхождения

по групповому составу. В свободных липидах зерна ржи и пшеницы преобладают триацилглицерин (свыше 60%), в связанных – фракция полярных липидов (48,0%). Все группы липидов, как в свободной, так и в связанной форме, в зародыше содержатся в значительно большем количестве, чем в остальных частях зерновки. Исключение составляют моно- и диацилглицерины. Остальные части зерновки имеют сходство по составу липидов.

Наблюдается общая закономерность снижения содержания стеринов, суммы эфиров стеринов, восков и углеводородов по направлению от периферии к центру зерновки.

5.6. Пигменты и другие красящие вещества зерна

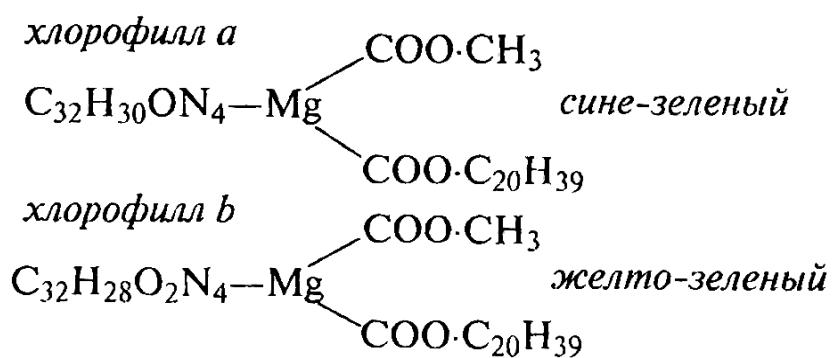
Все красящие вещества зерна делят на три группы:

- жирорастворимые пигменты – хлорофиллы и каротиноиды;
- нерастворяющиеся в жирах пигменты – флавоноиды, флавоны и антоцианы;
- красящие вещества, образующиеся в результате взаимодействия соединений, входящих в состав зерна и семян, – ме-ланоидины, меланины и др.

Хлорофилл. Пигмент, придающий растениям зеленый цвет. Он принимает активное участие в процессе ассимиляции углекислого газа на свету, в процессе фотосинтеза, улавливая энергию солнечного луча. Хлорофилл содержится в листьях и стеблях, в колосьях и зернах. Хлорофилл находится в особых образованиях протоплазмы, называемых хлоропластами, или хлорофилловыми зернами. В растениях существует два вида хлорофилла: хлорофилл а и хлорофилл б.

Они представляют собой диэфиры, их соотношения а:b = 3:1.

Большой интерес представляет сходство строения хлорофилла с красящим веществом крови гемином. В состав хлорофилла и гемина входят четыре остатка пиррола, соединенных в виде порфиринового ядра, которое в гемине связано с железом, а в хлорофилле – с магнием.



Из всех многочисленных видов превращения солнечной энергии особый интерес для человека представляет процесс фотосинтеза. Фотосинтез – практически единственный известный биохимический процесс (точнее, сложный цикл фото- и биохимических процессов), в ходе которого лучистая энергия солнца в виде химических связей запасается в органических соединениях.

В природе КПД фотосинтеза у растений в большинстве случаев не превышает 2%. От чего зависит такой относительно низкий уровень использования солнечной энергии зелеными растениями? Это определяется, прежде всего, внешней средой – светом, теплом, водой, почвенным плодородием и внутренними причинами – генетическими особенностями самого растения. Если допустить, что внешние причины не лимитируют фотосинтез, то КПД может уменьшиться в результате наследственно закрепленной недостаточной эффективности фотосинтетического аппарата листа или же недостаточной скорости передвижения продуктов фотосинтеза (ассимилятов) из листа в другие органы.

С хозяйственной точки зрения более важным показателем, чем КПД фотосинтеза листа, является КПД посева (соотношение энергии, накопленной в биомассе урожая, к количеству поглощенной посевом солнечной энергии). Обычно КПД посева намного ниже, чем КПД фотосинтеза. Эта разница объясняется тем, что в формировании урожая участвует не только фотосинтез, но и другие физиологические процессы, и в первую очередь дыхание, сопровождающееся расходованием накопленной биомассы.

Доля продуктов фотосинтеза, затрачиваемых на дыхание, довольно высока – 15-25%. Разность фотосинтез – дыхание в конечном итоге определяет количество образованного растением органического вещества (урожая).

Каротиноиды. Придают растениям желтую окраску разных оттенков. По химической природе каротиноиды – ненасыщенные углеводороды или их кислородные производные. Наиболее распространенные в зерне каротиноиды – каротин, лютеин, цеаксантин и криптоксантин.

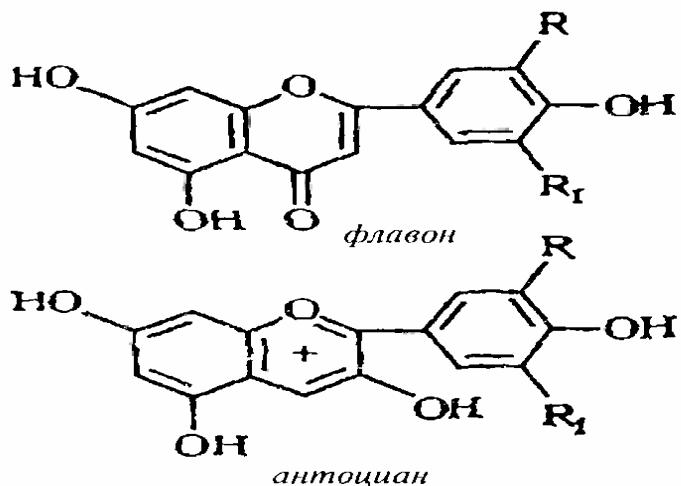
Каротин $C_{40}H_{56}$ существует в трех модификациях (α , β и γ). Наиболее распространенный – β -каротин. α -Каротин отличается от β -изомера положением двойной связи в одном из циклов, γ -изомер имеет лишь один цикл.

β -Каротин, распадаясь в животном организме, образует две молекулы витамина А. Из α - и γ -каротинов образуется лишь по одной молекуле витамина А. Каротинам сопутствует кислородсодержащий пигмент ксантофилл (лютеин) $C_{40}H_{56}O_2$ – диоксипроизводное β -каротина. В семенах желтой кукурузы и гречихи содержатся пальмитиновый эфир цеаксантина и криптоксантин.

Криптоксантин $C_{40}H_{56}O$ в отличие от цеаксантина содержит не две группы OH, а одну. Лютеин, цеаксантин и криптоксантин также обнаруживают активность витамина А.

Пигментация каротиноидами зерна хлебных злаков влияет на их технологическое достоинство. Кремовый цвет, характерный для хорошей пшеничной муки, объясняется главным образом содержанием каротиноидов. Пигментирование зерна особенно высоко ценится у твердой пшеницы, идущей на выработку макаронной муки и манной крупы. Потребитель высоко оценивает макароны, имеющие желтоватую (кремовую) окраску. Будучи по химической природе соединениями сильно ненасыщенными, каротиноиды легко окисляются и обесцвечиваются. Для предотвращения окислительного обесцвечивания каротиноидов в макаронных изделиях известны способы введения в тесто антиокислителей – бутилоксианизола, диальдегидного кукурузного крахмала 25%-й степени окисленности и др.

Флавоноиды. Термином «флавоноиды» объединяют чрезвычайно распространенные в растениях вещества фенольной природы. Флавоноиды играют важную роль в обмене веществ растительной клетки. Они участвуют в окислительно-восстановительных процессах, в процессах роста растений. Отдельные группы флавоноидов отличаются друг от друга по степени окисленности и восстановленности и по другим признакам. В зерне пшеницы обнаружены сильно окисленные флавоноиды – флавоны, и менее окисленные – антоцианы. Ниже приводится их строение.



При окислении или восстановлении возможен переход от одной группы флавоноидов к другой.

Флавоны и антоцианы. Содержатся в растениях чаще всего в виде гликозидов. Флавоны – вещества желтого цвета. Пигменты флавонового типа хорошо растворимы в 85%-м растворе спирта. Антоциан обнаружен в составе клеток плодовой оболочки зерна пшеницы и в колеоптилях его проростков. Антоцианы входят в состав сплошь (однотонно) окрашенных плодовых оболочек подсолнечника; поскольку этот пигмент водорастворим, такие оболочки при смачивании мажутся. Можно считать, что цвет эндосперма в наибольшей степени определяется каротиноидами, а оболочек – флавоноидами. В целом пигменты зерна слабоизучены. Для выяснения природы пигментации зерна и его отдельных тканей требуется большая дополнительная работа.

Меланоидины. Образуются при неферментативном процессе – взаимодействии сахаров, а также карбонильных соединений с аминокислотами и белками. Образование меланоидинов представляет собой не простую реакцию конденсации, а сложный окислительно-восстановительный процесс.

Меланоидины вызывают потемнение продукта, образующиеся в процессе их формирования карбонильные соединения участвуют в создании аромата пищевых продуктов. Аромат обусловлен природой реагирующих аминокислот и образующихся карбонильных соединений – промежуточных продуктов меланоидинообразования. Так, лейцин вызывает типичный запах красного ржаного солода и ржаного хлеба, глицин – карамели, фурфурол – яблок, оксиметилфурфурол – меда и т.д. В корках пшеничного и ржаного хлеба при выпечке на-

блудается значительная убыль свободных аминокислот, что связано с интенсивным меланоидинообразованием. Этот процесс интенсифицируется при больших количествах восстанавливающих сахаров в тесте. В процессе меланоидинообразования участвуют не только свободные аминокислоты, но и белки.

Образование золотисто-коричневой хрустящей корочки, специфического аромата и вкуса хлеба зависит в основном от меланоидиновых реакций, происходящих при выпечке. Меланоидинообразование определяет пожелтение зерна риса, потемнение зерна при самосогревании, сушке и т.д.

Меланины. Темные пигменты получаются в результате окисления ароматических аминокислот при участии фермента монофенолмонооксигеназы (тироzinазы), в первую очередь тирозина и диоксифенилаланина (ДОФА). Меланины, как и меланоидины, оказывают влияние на цвет зерна и продуктов его переработки при хранении.

5.7. Цвет и качество зерна

Цвет отражает природные свойства зерна, степень его зрелости, нередко видовые и сортовые различия. Во многих стандартах цвет используется для ботанической и технологической классификации зерна. Зерно пшеницы подразделяют на типы и подтипы с учетом его цвета. Типы зерна проса различают по цвету (белое, кремовое, красное, желтое и серое). Первый тип гороха делят на подтипы также по цвету (желтый и зеленый). В поисках более совершенных объективных и ускоренных способов определения качества зерна делают попытки разработать методы оценки, приемы сортирования зерна и освобождения от примесей по оптическим свойствам.

Исследуют стекловидность зерна пшеницы по его отражательной и пропускной способности. Измерение отраженных и прошедших через зерно излучений фотоприемниками наталкивается на большие затруднения в связи со сложной формой поверхности, отсутствием насыщенных цветов и малой величиной отраженных световых потоков.

При периодическом увлажнении и подсыхании зерна пшеницы во время созревания, уборки и послеуборочной обработки происходит его обесцвечивание. Существенное значение имеет также инсоляция – облучение солнечными лучами. Обесцвечиваются часть или вся поверхность зерновки. Снижение интенсивности окраски и появ-

ление белесоватых тонов зерна – результат окислительного распада каротиноидов и других красящих веществ, а также изменения его оптических и структурных свойств. Обесцвечивание приводит к ухудшению товарного вида зерна. Снижается стекловидность зерна – от нескольких до 60-75% в зависимости от степени обесцвечивания. Масса 1000 зерен, плотность и натура уменьшаются, ухудшается качество клейковины.

Активность ферментов повышается: каталазы и амилолитического комплекса. Количество плесеней рода *Penicillium* и *Aspergillus* в обесцвеченном зерне возрастает при одновременном уменьшении микрофлоры *Vas. herbicoia* и грибов из рода *Alternaria*. В ряде случаев в обесцвеченном зерне образуются токсины. Повышение активности ферментов, увеличение количества плесневых грибов, снижение содержания пигментов-антиоксидантов понижают стойкость обесцвеченного зерна пшеницы при хранении. Смесительная ценность обесцвеченной пшеницы уменьшается.

5.8. Фенольные соединения

Фенольные соединения представляют собой малоизученный большой и разнообразный класс органических соединений, биологическая роль которых во многих случаях остается еще невыясненной. Из растений выделено несколько тысяч фенольных соединений и список этот продолжает расти. Они встречаются в каждой клетке растений. На долю фенольных соединений приходится до 2-3% массы органического вещества растений, а в некоторых случаях – до 10% и более.

Для фенольных соединений характерны три особенности. В растительных тканях они встречаются с большим разнообразием форм. В тканях животных и человека содержатся немногочисленные их представители в очень малых, ничтожных количествах. Основная масса растительных фенольных соединений окисляется в организме животных до диоксида углерода и воды, подобно углеводам или жирам. Фенольные соединения встречаются в растениях в виде моно- и полимерных веществ. Основа структуры – углеродный скелет, в строение которого количество и расположение гидроксильных групп, а также других группировок и радикалов (метильных CH_3- , карбоксильных $=\text{C}=\text{O}$, метоксильных $\text{CH}_3-\text{O}-$, ацетильных $\text{CH}_3-\text{CO}-$ и т.п.) вносят большое разнообразие.

Благодаря гидроксильным группам и особенностям электронной структуры бензольного кольца фенольные соединения обладают свойствами слабых кислот. Механизм биологического действия фенольных соединений заключается в их способности к окислению-восстановлению. В злаковых растениях и зерне наиболее распространенная группа фенольных соединений – флавоноиды ($C_6-C_3-C_6$). Ее представители находятся в тканях почти всех видов растений.

Молекула флавоноидов содержит два бензольных кольца – А и В, соединенных между собой треуглеродным мостиком – в большинстве случаев гетероциклическим кислородосодержащим (пирановым) кольцом.

Многочисленные флавоноиды делятся на 10 структурных групп. Пять из них наиболее восстановленные (катехины, флавононы, флавонолы и др.) – бесцветные вещества. Остальные флавоноиды представляют собой окрашенные вещества. Флавоны и флавонолы окрашены в желтый цвет, у антоцианидинов (антоцианов) – яркая и разнообразная окраска. Те и другие имеют многочисленные соединения с сахаром – гликозиды. Гликозид кверцетина называют рутином (витамином Р), его получают из растений гречихи, софоры и др.

Из полимерных фенольных соединений, входящих в состав злаковых растений и зерна, необходимо назвать лигнин, меланины, гуминовые кислоты. Лигнин – распространенный компонент высших растений, входящий в состав стенки клеток. Меланины – темно-коричневые и черные пигменты, образующиеся при ферментативном окислении аминокислот диоксифенилаланина и тирозина. Гуминовые кислоты – фенолсодержащие полимеры сложного и разнообразного состава, образующиеся под влиянием сложных превращений меланинов.

К фенольным соединениям относят аминокислоту тирозин, входящий в состав белков. Убихиноны (кофермент Q) – обязательные участники дыхательной цепи, системы митохондриального транспорта электронов. Одна из наиболее важных функций растительных фенольных соединений – защитная. Они выполняют роль защитных барьеров на пути механических, химических, термических и болезнетворных воздействий. В частности, велика роль фенольных соединений в защите растений от заморозков и засухи.

Это происходит в результате того, что покровные ткани содержат повышенные количества дубильных веществ (танины), флавоноидов, фенолокислот, которые образуют защитный покров, предо-

храняющий более ценную и более нежную сердцевину семян и плодов от внешних неблагоприятных воздействий, препятствуют проникновению в глубь растительных тканей вредных насекомых, грибов и т.п.

6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ВЛАГА, 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 стотысячных 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 $650\text{-}850^{\circ}\text{C}$. 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 семе-

нах 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 аденоzinтрифосфата (АТР), являющегося источником энергии для различных процессов обмена веществ.

Сера. Входит в состав белков в виде аминокислот метионина, цистеина и является составной частью глютатиона. 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 водненность коллоидов благоприятствует сохранению нормального со-

стояния 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 протоплазменных 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 катализическую 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 легоглобином. В клубеньках бобовых содержится около 4% легоглобина, 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 неклейковинными 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 водорасстворимых 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 алайроновым слоем пшеницы в 20 раз и ржи более, чем в 10 раз превышают 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 устойчивой близости фактического качества готовой продукции стандартным нормам. Не имея других, более совершенных обоснованных норм выходов и качества сортовой муки, мельза-

водам 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 со-

держащихся 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 хранения.

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 в зерне

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 менееочно 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 обусловливает 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 застухают 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 умень-

шенная 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 равновесна 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 ув-

лажнении увеличивается с повышением температуры, в особенности выше 40⁰C.

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%.

6.3. Кислотность зерна

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 ($\text{pH } 6$)).

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 размоля 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 $4,1^{\circ}$, а зерна ржи после 14 лет хранения – $5,7^{\circ}$. Из обеих партий зерна изготовлен хлеб удовлетворительного качества. Надо отметить, что один показатель кислотности недостаточен для оценки качества зерна.

7. ДЫХАНИЕ ЗЕРНА

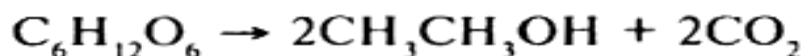
7.1. Интенсивность дыхания и вызываемые им изменения в зерновой массе

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 свежеубранное зерно особенно легко может подвергнуться самосогреванию и порче, вследствие чего за ним нужно вести особенно тщательное наблюдение.

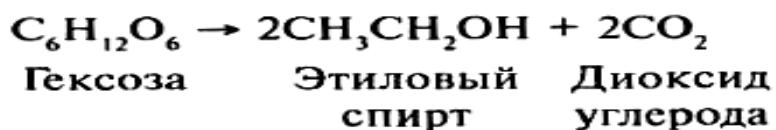
Для характеристики дыхания зерна большое значение имеет дыхательный коэффициент – отношение объема выделяемого при дыхании диоксида углерода к объему поглощаемого кислорода. Дыхательный коэффициент нормального зерна обычно равен единице. Это происходит в связи с тем, что процесс аэробного дыхания протекает 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 декарбоксилирования глютаминовой кислоты под действием 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 сброшенной 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 микробы, 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: простокваша, 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.

7.2. 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 CO_2 и H_2O в соответствии с уравнением аэробного дыхания.

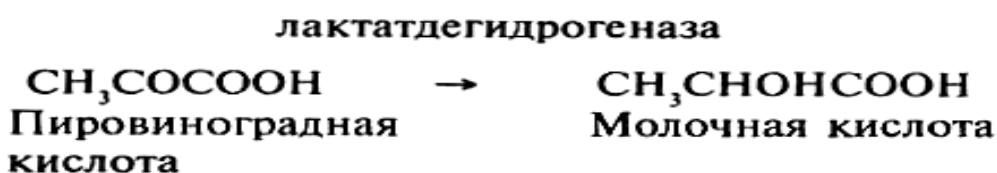
7.3. Превращения пировиноградной кислоты при брожении

При спиртовом брожении, вызываемом микробами или происходящем в растительных тканях, пировиноградная кислота расщепляется под действием фермента пируватдекарбоксилазы на CO_2 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:

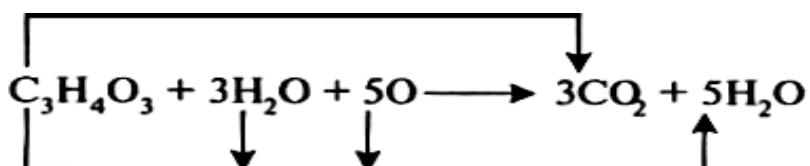


При детальном рассмотрении всех промежуточных реакций гликолиза устанавливается, что при анаэробном превращении глюкозы в пировиноградную кислоту расходуется две молекулы АТР, а в более поздних реакциях синтезируется четыре молекулы АТР. Таким образом, количество энергии, запасаемой в виде АТР при спиртовом

и молочнокислом брожении, эквивалентно всего лишь двум высокоэнергетическим связям АТР на один моль сброшенной глюкозы, что равно около 60 кДж.

7.4. Суммарный баланс дыхания

Суммарно балансовое уравнение окисления пировиноградной кислоты можно представить так:



Из уравнения следует, что кислород воздуха, активизируемый цитохромной системой, потребляется на окисление водорода пировиноградной 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.

7.5. 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, раздельном для брожения и дыхания, начинается с дегидрогенизации – отнятия водо-

рода 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 flavиновые ферменты и при участии негеминовых железопротеидов и ряда жирорастворимых хинонов, называющихся убихинонами (коферментов Q), передают цитохромной системе. Цитохромная система окисляет водород, присоединяя к нему кислород воздуха с образованием воды или пероксида водорода.

Коферменты Q являются, таким образом, производными 2,3-диметокси-5-метилбензохинона. Если $n = 9$, то это кофермент Q₉, если $n = 8$, то кофермент Q₈ 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 -кетоглютаровая 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 (крист), как бы разделяющих внутренность митохондрии на отдельные, соединяющиеся между собой камеры.

Внутренняя часть митохондрии – матрикс – заполнена полуожидким содержимым. Мембрана митохондрии содержит 65% белка и 35% липидов. Липиды митохондрии богаты ненасыщенными жирными кислотами. В двойном липидном слое мембранны «утоплена» часть белков (интегральные белки), а другая их часть (периферические белки) электростатическими или водородными связями слабо прикреплена к поверхности мембранны. Подобное строение свойственно всем мембранам клетки, отделяющим от цитоплазмы ту или иную субклеточную структуру. Двойной липидный слой мембранны 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 окисли-

тельные процессы, заканчивающиеся окислительным фосфорилированием и синтезом АТР. Ферментные системы цикла Кребса сосредоточены в матриксе, а ферментные системы окисления – в мембране.

7.6. 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 распада 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 (автооксидація). 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, выделяе-

мую при дыхании, – аденоzinтрифосфорная кислота (АТР), которая образуется на нескольких этапах в общей цепи процесса дыхания.

8. БИОХИМИЯ, КАЧЕСТВО И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

8.1. Сведения о комбикормах

В организации рационального кормления сельскохозяйственных животных, птицы и рыб важное значение имеют комбинированные корма, или комбикорма – смеси измельченных до необходимой крупности кормовых продуктов, составленных по научно обоснованным рецептам и правильно сбалансированные по содержанию питательных, минеральных веществ, витаминов и т.п.

Отдельные корма (зерно, отруби, жмыхи, сено, солома, рыбная мука и др.) или однообразные смеси (овес и 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.

Использование отдельных кормов в различных комбинациях (сочетаниях) и соотношениях позволяет создавать полноценные рационы. В этом случае недостаток требуемых питательных веществ в одном корме дополняется наличием их в другом и этим обеспечивается более высокая питательная ценность комбинированного корма. Комбинированные рационы нельзя составить без предварительной подготовки компонентов – их очистки, сушки, измельчения, тепловой обработки. Рацион животного и птицы должен включать наиболее правильное, гармоничное сочетание необходимых питательных веществ, чтобы обеспечить максимальную переваримость полученного корма. Такими питательными веществами являются белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы и др.

Белки, белковые вещества. Они составляют основу живых клеток. Белки клеток постоянно обновляются белковыми веществами корма, которые образуют новые клетки для восстановления гибну-

щих, а также для построения разнообразных тканей, выработки ферментов и гормонов.

Биологическая ценность белковых веществ корма зависит от их аминокислотного состава. Для животных такие аминокислоты, как лизин, цистин, метионин, триптофан, треонин, аргинин и гистидин, жизненно необходимы, незаменимы. Без аминокислот или при их недостатке в кормах задерживаются рост и развитие организма, снижается продуктивность, возникают различные заболевания. Белковые вещества корма условно называют «сырым» (или неочищенным) протеином. 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.).

Ценность комбикорма определяют питательные вещества, жиры и углеводы.

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 калорийнее белков и углеводов и обладают большой теплотворной способностью. 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.

Содержание жира в сырье и комбикормах выражают показателем «массовая доля сырого жира». Под понятием сырой жир подразумевают разнообразные вещества, которые могут быть извлечены из сырья, обработанного этиловым эфиром. Растительные жиры (продукты переработки масличных культур) хорошо усваиваются животными. В основном жиры синтезируются в организме из углеводов.

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.

Клетчатка (целлюлоза) – составляет главную массу клеточных стенок растений. Однако питательность комбикормов с увеличением количества клетчатки уменьшается. Клетчатка содержится в большом количестве в грубых кормах: соломе злаков (40...45%), сене (20...35%), зерне злаков (2...12%). Сырье животного происхождения не содержит клетчатки. Содержание клетчатки в комбикормах выражается показателем «массовая доля сырой клетчатки».

Микроэлементы. Они 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 покровов, крови, используются организмом при образовании молока, ферментов, гормонов желез внешней и внутренней секреции.

Витамины. Они 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 – гипервитаминозов. Потребность в витаминах зависит от вида, возраста и физиологического состояния животных.

При промышленном животноводстве и птицеводстве, в условиях изоляции от естественных источников витаминов, в рацион жи-

вотных обязательно вводят витамины. Если суточная потребность животного в белках и углеводах исчисляется граммами, то многие витамины требуются в тысячных и миллионных долях грамма. Обычно синтетические кормовые витамины вводят в комбикорма в составе премиксов.

Ферменты. Вводить в комбикорма их стали недавно. Ферменты образуются в живой клетке и служат биологическими катализаторами, т.е. ускоряют процессы обмена веществ. Ферменты – биологические катализаторы белковой природы, способные во много раз ускорить химические реакции, происходящие в живом организме.

Все многообразие биохимических реакций, протекающих в микроорганизмах, растениях и животных, катализируется соответствующими ферментами.

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 усвоемости 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.

Рассмотренные питательные вещества, содержащиеся в кормах, отличаются от органических соединений, образующихся в организме животного. Например, в растительных кормах содержатся в основном углеводы (клетчатка, крахмал и сахара), тогда как в организме животного углеводов очень мало, а клетчатки совершенно нет.

При определении состава комбикорма подбирают такое сочетание компонентов, при котором обеспечивается наиболее эффективное использование содержащихся в них питательных веществ. Для этого компоненты комбикорма должны иметь достаточное количество протеинов, сбалансированных по аминокислотному составу, должны быть обогащены витаминами, микроэлементами, антибиотиками, ферментами и другими добавками, стимулирующими рост и продуктивность животных.

В связи с индустриализацией животноводства с каждым годом растет число птицефабрик и крупных животноводческих комплексов. Животные, находясь в клеточном или станковом содержании, ото-

рваны от внешнего мира. Комбикорм становится связывающим звеном между животным и природой. Практически все вещества, необходимые для обеспечения нормального роста и продуктивности, животные получают с комбикормом. Поэтому знание сырьевого состава помогает правильно сбалансировать комбикорма и обеспечить их питательную ценность и переваримость. Этим объясняется обширный ассортимент сырья, используемого при производстве комбикормов.

8.2. Комбикормовая продукция и рецепты

Комбикормовые заводы вырабатывают комбикорма-концентраты, полнорационные комбикорма, кормовые смеси, премиксы, карбамидный концентрат, БВМД на основе карбамидного концентрата.

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.

Кормовая смесь. Однородный продукт из кормовых компонентов, не содержащий полного набора питательных веществ.

БВМД. Однородная смесь измельченных до необходимой крупности высокобелковых, минеральных кормовых компонентов и премиксов, предназначенная для производства комбикормов.

Премикс. Однородная смесь измельченных до необходимой крупности биологически активных компонентов и наполнителя, используемая для ввода в комбикорма и БВМД.

Карбамидный концентрат. Это кормовой продукт в виде крупки, получаемый путем обработки в экструдерах однородной смеси измельченного зерна, карбамида и бентонита. Карбамидный концентрат используют для производства комбикормов, БВМД и кормовых смесей для жвачных животных.

БВМД на основе карбамидного концентрата. Представляют собой однородную смесь измельченного до требуемой крупности карбамидного концентрата, отрубей, соли поваренной, премикса и

других компонентов, предназначенную для производства комбикормов и кормовых смесей для жвачных животных.

Комбикорма-концентраты, комбикорма полнорационные, БВМД, премиксы и кормовые смеси изготавливают для различных по возрасту и продуктивности групп птицы, свиней, крупного рогатого скота, лошадей, кроликов, нутрий, пушных зверей, рыб.

Комбикорм, БВМД и кормовые смеси вырабатывают в рассыпном виде, гранулированном и в виде крупки из гранул, а кормовые смеси также в виде брикетов, премиксы – в рассыпном виде, карбамидный концентрат – в виде крупки.

Рецепты комбикормов и порядок их применения. Рецепт – это формула, по которой производят продукцию. Его разрабатывают на основе многолетнего научного и хозяйственного опыта по кормлению сельскохозяйственных животных. Рецепты составляют, исходя из вида животных, птицы или рыб, их возраста, хозяйственной направленности (молочный, мясной, племенной скот и т.д.).

Для обозначения рецептов комбикормов принято первую цифру нумерации давать в пределах десятков по следующей классификации:

куры	1...9
индейки	10... 19
утки	20...29
гуси	30...39
прочая птица	40...49
свиньи	50...59
крупный рогатый скот	60...69
лошади	70... 79
овцы	80...89
кролики и нутрии	90...99
пушные звери	100...109
рыба	110...119
лабораторные животные	120... 129

В пределах каждого десятка номер рецепта зависит от производственной группы животных. Разным комбикормам присвоен индекс, например: концентратам – К; полнорационным – ПК и т.д. Каждый рецепт имеет в названии номер группы и номер самого рецепта. 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 ста-

вят рядом через дефис. Например, рецепт № К-64-8 (комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота); рецепт № ПК-52-1 (комбикорм полнорационный для ремонтного молодняка свиней в возрасте 4-8 мес.); рецепт ПК-1-13 означает, что комбикорм полнорационный для кур, а именно, кур-несушек (они имеют первую группу), а сам рецепт имеет номер 13.

Рецепты БВМД обозначают теми же номерами, которые установлены для соответствующих комбикормов с добавлением после цифрового значения букв БВМД. Например, рецепт № 60-1-БВМД подразумевает белково-витаминно-минеральные добавки для дойных коров. Каждому рецепту карбамидного концентрата присваивают шифр, состоящий из букв КК и номера. Рецепты БВМД на основе карбамидного концентрата обозначают цифрами, соответствующими рецепту комбикормов для определенного вида жвачных животных, и буквенными литерами БВМД-К.

Аналогично, каждому рецепту премиксов присвоен шифр, учитывающий назначение комбикорма, в который этот премикс будут вводить. Буквенное значение премикса П ставят перед цифровым шифром. Например, рецепт П-2-1 – это премикс для молодняка птицы в возрасте от 1 до 60 дней, а рецепт П-5-1 – премикс для бройлеров от 1 до 30 дней.

Каждому рецепту карбамидного концентрата присваивают шифр, состоящий из букв КК и номера. Рецепты БВМД на основе карбамидного концентрата обозначают цифрами, соответствующими рецепту комбикормов для определенного вида жвачных животных, и буквенными литерами БВМД-К.

Большое значение в рецептах комбикормов для яйценоских кур придается белковому составу комбикорма. Высокопroteиновые компоненты – шрот, рыбная мука, дрожжи, травяная мука – занимают по количеству ввода второе место после зерновых компонентов. Кроме того, обращается внимание на энергосодержание рациона, его питательную ценность. Об этом свидетельствует количество введенной кукурузы. Но отличительная особенность рецептов – введение в них мела, обесфторенного фосфата и других минеральных компонентов. В комбикормах для кур-несушек они составляют в сумме не более 7%. Являясь источниками кальция, эти компоненты участвуют в образовании яичной скорлупы.

В комбикормах для бройлеров особое место занимают энергетические компоненты, например, кормовой жир. Флегматичным, очень

спокойным бройлерам такой энергетический компонент необходим для сокращения сроков роста и формирования мяса. Так, в строгом соответствии с видом и возрастом животного подбирают компоненты комбикормов.

Расчет рецептов при помощи ЭВМ. В комбикормовой промышленности рецепты рассчитывают на основании «Методических указаний по расчету рецептов комбикормов и БВМД с применением электронно-вычислительных машин». При помощи ЭВМ рассчитывают оптимальный рецепт, который включает основные компоненты, удовлетворяющие физиологические потребности животного. Для оптимальной рецептуры требуется найти смесь сырья определенных количественных и качественных характеристик с необходимым содержанием питательных веществ.

Оптимизация составов рецептов комбикормов без ухудшения их качественных показателей позволила рациональнее использовать дефицитное белковое сырье и намного увеличить выпуск комбикормов с компонентами животного происхождения.

Еще недавно комбикорма вырабатывали в соответствии со сборником рецептов. Однако часто нельзя выработать комбикорм, полностью соответствующий рецепту, из-за отсутствия каких-либо компонентов. В этом случае приходится прибегать к замене одного компонента другим. Разные компоненты, несмотря на их схожесть, не имеют полностью одинакового состава, поэтому приходится проверять сбалансированность рецепта с замененным компонентом по многим показателям, что практически невозможно. Кроме того, может быть несколько вариантов замен, которые надо также оценить с точки зрения стоимости комбикорма и т.д. Поэтому сейчас расчет рецептов ведут, исходя из наличия сырья, а также требований стандартов на качество комбикормов.

В стандартах указаны ограничения по показателям качества комбикорма, например, содержанию белка (не менее...), содержанию клетчатки (не более...) и т.д. Кроме того, в рецептах ограничивают ввод отдельных компонентов или группы компонентов и т.д. Все эти ограничения могут быть учтены лишь при расчете рецептов с помощью вычислительной техники.

Расчет рецептов ведется по стандартным программам, основанным на принципе линейного программирования. Цель расчета – отыскание так называемого оптимального рецепта, качественные показатели которого удовлетворяют требованиям физиологии животных,

включают минимум дорогостоящих и дефицитных кормов, что делает стоимость комбикорма минимальной.

Таким образом, целевая функция, которая при соблюдении всех требований стандартов и ограничений представляет собой минимальную стоимость комбикорма, может быть представлена в общем виде:

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^n c_i x_i = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \min,$$

где c_i – стоимость каждого вида сырья; x_i – количество вводимого компонента.

Применение ЭВМ для планирования производства комбикормов, поставок сырья, расчета оптимальных рецептов комбикормов позволяет выпускать ритмично полноценную комбикормовую продукцию с минимальной стоимостью и затратами дефицитного сырья, что дает высокую экономическую эффективность.

Показатели качества комбикормов. После составления рецептов рассчитывают питательность комбикормов, которая характеризует продуктивность животного или жироотложение 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 жироотложению 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 производений биомасс полученных j -з продуктов на соответствующие им энергетические эквиваленты (энергоотдачу):

$$E_{obj} = \sum_{j=1}^p M_{proj} \varTheta_{obj} k_{wj} k_{sj},$$

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

\varTheta_{obj} – 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, несоответствующей 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.

8.3. 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 компо-

нентах 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, линоловой и олеиновой, приходится до 70... 85% общего количества жирных кислот. Наряду с жирами в зерне злаковых содержатся фосфатиды и стериоиды. Особенно много в них лецитина (0,4... 0,6%). Зольные вещества составляют 0,9... 8%, 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 ве-

ществ, 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 высеивается 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 масле эруковой кислоты (менее 2%) и не содержащие ее совсем, а также с небольшим содержанием в семенах гликозинолов (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, бурьими 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 феде-

ральных 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 не пригоден 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 птицей. 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 картофеля, 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 усвоемость 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. Особенno 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 со-

держит 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). Высущенные и измельченные водоросли используют как компонент комбикормов, являющийся ценным источником витаминов и микроэлементов, особенно йода. Питательная ценность 100 кг фукусовой 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 му-

комольной, крупяной, пивоваренной, спиртовой, масложировой, крахмало-паточной промышленностей: 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 частичками 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, просняные, 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 просаянная мучки содержат большое количество трудно переваримых цветковых пленок. Просаянная 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 глютен, 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 гossипола. Если в хлопковом шроте или жмыхе содержится более 0,1% гossипола, 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. Особенno 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 масло заводах семян кунжути как с отделенными оболочками, так и с неотделенными. На комбикормовые заводы поступает кунжутный жмых или шрот из неотделенных семян кунжути.

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, сернокислых, 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 жидким 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, фибрин, 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 птицы-бройлеров. Цвет жира от желтоватого до светлокоричневого. Влаги в нем содержится не более 0,5%, неомываемых 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 поварен-

ной 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 натрий 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, стружнях 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 раз-

вития в клетках дрожжей образуются белки, углеводы, жиры, ферменты, витамины, т.е. соединения, необходимые для формирования организма животного.

По усвоемости 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. Особенno 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 амилолитических бактерий с гидролизатом отрубей. Белок белотина на 60-70% дрожжевой – бактериальный, на 30-40% растительный.

Растительно-дрожжевой характер белотина, специфические технологические условия процессов подготовки сырья и микробного синтеза при постоянном воздействии ферментов способствуют тому, что этот белок имеет высокую усвоемость 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 осажде-

ния 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), например, 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 мочевину (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 тапиоку 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.

8.4. Технологические свойства компонентов комбикормов

Основные показатели, характеризующие технологические свойства компонентов комбикорма, – это физико-химические и структурно-механические. Они определяют особенности процесса измельчения зерна, отделения пленок, сортирования, дозирования и смешивания, а также выход и качество продукции, расход электроэнергии.

Комбикормовое сырье различается физико-химическими и структурно-механическими свойствами. Общими для них являются: форма и размеры, поверхность зерен, объемная масса, угол естественного откоса, влажность, самосортирование, твердость, вязкость. В комбикормовом производстве сложной обработке подвергают зерновые компоненты, поскольку зерновая смесь состоит из зерен основной культуры и различных примесей.

Форма и размеры. Они зависят от величины зерна. Форма зерен довольно разнообразна и может быть охарактеризована соотношением длины, ширины и толщины. Однако все разнообразие форм можно систематизировать. Зерна хлебных злаков продолговатой формы, при этом все три измерения (длина, ширина и толщина) различны. Форма семян некоторых культур (горох, сорго, просо) приближается к шару. Семена бобовых (соя, бобы, фасоль) имеют форму эллипсоида, у которого ширина и толщина одинаковы, а длина значительно больше. Форма и размеры семян определяют выбор рабочих органов оборудования для очистки, сортирования и измельчения.

Поверхность зерен. Бывает гладкой или шероховатой. От степени шероховатости и формы зависят силы внешнего и внутреннего трения. По этому признаку отделяют от зерна семена сорных растений и минеральную примесь.

Объемная масса. Зависит от степени выполненности, химического состава и анатомических особенностей. От объемной массы зависят плотность укладки частиц компонента в единице объема, а также производительность оборудования, вместимость силосов, бункеров.

Угол естественного откоса. Сыпучая масса, находясь на горизонтальной плоскости, сохраняет равновесие, образуя с плоскостью определенный угол, называемый углом естественного откоса. Состояние равновесия сыпучей массы объясняется внутренним трением между частицами, зависящим от формы, влажности и характера поверхности частиц. Различают внутреннее трение покоя и движения и соответственно с этим углы естественного откоса покоя и движения.

Аналогичные понятия установлены и для внешнего трения. Внешнее трение – это трение между сыпучим продуктом и плоскостью, на которой он находится. Величина угла внешнего трения имеет большое практическое значение, поскольку она определяет

угол наклона самотечных труб при транспортировании отдельных компонентов или их смесей.

Влажность. На изменение сыпучих свойств многочисленных компонентов комбикормов оказывает большое влияние влажность. Особенно это относится к сырью минерального происхождения. При повышенной влажности в процессе даже кратковременного хранения эти компоненты слеживаются и плохо «вытекают» из силосов.

Самосортирование. Это взаимное перемещение частиц относительно друг друга. Такой показатель особенно важен при хранении и транспортировании готовой комбикормовой продукции, состоящей из различных компонентов, разной формы и размеров. В процессе движения комбикорма, особенно при свободном падении (например, при поступлении комбикорма в силосный корпус), происходит частичное перемещение частиц. При самосортировании более мелкие частицы могут проникать в нижние слои, что вызывает изменение качественных показателей комбикорма. Применение жидких компонентов в значительной степени препятствует процессу самосортирования.

Твердость (прочность). Это способность оказывать сопротивление разрушению под воздействием приложенных усилий. Особое значение этот показатель имеет при измельчении компонентов, так как определяет расход электроэнергии на единицу вновь образованной поверхности. Прочность мелкого зерна на 30...60% выше, чем крупного. Различие в прочности разных сортов и видов зерна достигает 50%. Прочность анатомических частей зерна также различна. Оболочки значительно прочнее эндосперма. При повышении влажности и температуры сопротивление разрушению возрастает, т.е. возрастает прочность зерна и затрудняется процесс дробления.

Вязкость. Показатель, который характеризует технологические свойства жидких компонентов (мелассы, кормового жира, фосфатидного концентрата). От этого показателя зависит возможность равномерного смешивания жидкого компонента с рассыпным комбикормом. Чем ниже вязкость, тем лучше происходит смешивание. Для уменьшения вязкости жидких компонентов их подогревают до заданной температуры и после этого вводят в комбикорма.

8.5. Технология производства белково-витаминно-минеральных добавок

Общие положения. В производстве комбикормов с начала 90-х годов намечалось несколько направлений специализации. По форме вырабатываемой продукции комбикормовое производство специализировалось (как и в настоящее время) на выпуске рассыпных, гранулированных, экспандированных комбикормов, по ее назначению – на выпуске комбикормов для крупного рогатого скота, свиней, птицы, овец и др. По степени завершенности производственного процесса комбикормовое производство специализируется на выпуске готовых комбикормов, пригодных для непосредственного скармливания, и различных добавок и смесей, которые требуют дальнейшей переработки. В этом случае специализация является технологической.

История производства БВМД (БВД) относится к концу 60-х – началу 70-х годов прошлого столетия, когда в стране началось строительство цехов малой производительности, в которых производство комбикормов организовано на основе собственного зернофуража и промышленных белково-витаминных добавок. Эта специализация обеспечивала высокую экономическую эффективность производства, позволяла вовлечь в него дополнительные сырьевые ресурсы, приблизить производство к потребителю и источникам сырья.

БВМД – это смесь белковых видов сырья и биологически активных компонентов для ввода в подготовленные (измельченные, сдозированные) смеси зерновых, трав, гранулированную травяную муку и в другие рационы для пополнения белкового дефицита.

БВМД – это сложный кормовой комплекс с оптимальным балансом множества показателей питательности, который предназначен для ввода в комбикорма. Ассортимент сырьевых компонентов комбикорма при использовании БВМД снижается с 10-15 до 4-5 позиций.

БВМД позволяют сократить подготовительные линии и количество наддозаторных бункеров, делают технологический процесс легкоуправляемым и мобильным.

Производство БВМД впервые было организовано на Украине в 1966 г. производительностью 60 т/сут. Для их производства был полностью переоборудован Васильковский комбикормовый завод (Киевская обл.).

В 1968 г. организовано производство белково-витаминно-минеральных добавок в г. Бельцы (Молдавия). Действующий комбикор-

мовый цех производительностью 130 т/сут был переоборудован для производства БВМД без снижения производительности.

В России специализированный комбикормовый завод по выпуску БВМД был организован в г. Ирбит Свердловской обл.

Кроме того, анализ рецептов БВМД показывает, что содержание в них мучнистых и минеральных компонентов значительно выше, чем в комбикормах, что вызывает дополнительные трудности, связанные с хранением указанных видов сырья и механизированной подачей их в производство.

Это обстоятельство является главной причиной, которая не позволяет комбикормовому заводу при переходе на выпуск БВМД добиться такой же производительности, как и при производстве комбикормов.

Помимо этого все операции с БВМД должны осуществляться в таре. Поэтому этот участок необходимо было либо монтировать заново, либо увеличивать производительность действующих установок для упаковки добавок в мешки.

На заводах, которые вводились в строй без цехов предварительного дозирования производительностью 130, 200 и 300 т/сут, при переходе на производство БВМД потери производительности составляли почти 50%.

Комбикормовые заводы, построенные по типовым проектам производительностью 315, 500, 630 т/сут, имеют в своем составе отдельно стоящие цеха предварительного дозирования и смешивания трудносыпучих компонентов (ЦПС) и могут производить БВМД на действующих линиях цеха.

Характеристика компонентов БВМД

В разделе, описывающем сырье для производства комбикормов, в целом была дана характеристика большинству компонентов, входящих в состав БВМД. Однако на некоторых из них остановимся подробнее.

Соевый шрот – один из основных компонентов при производстве белково-витаминно-минеральных добавок. Главными поставщиками соевого шрота являются США, Бразилия, Аргентина. На долю этих стран приходится порядка 80% объемов от мирового производства, из которых более 40% принадлежат США. Потребность в соевом шроте отечественных производителей животноводческой продукции составляет немногим более 60 тыс. т в месяц. Отечественные производители соевого шрота могут удовлетворить только

10-20% от ежемесячной потребности. Тем не менее отечественный шрот имеет стабильно высокое качество. Содержание сырого протеина в нем не менее 46%, уреаза благодаря правильным температурным режимам находится на уровне 0,12-0,15%. Это тот показатель, который обеспечивает высокую переваримость сырого протеина и незаменимых аминокислот (90% и выше). При вводе в БВМД соевого шрота необходимо обращать внимание и на показатель массовой доли золы, не растворимой в соляной кислоте: он должен составлять в БВМД не более 1,5%. Если содержание золы, не растворимой в соляной кислоте, не укладывается в этот норматив и превышает его, это значит, что в продукте содержатся неорганические вещества неизвестного происхождения.

Кукурузный глютен – относительно новый компонент в производстве комбикормовой продукции. Глютен является побочным продуктом крахмало-паточного производства и состоит большей частью из чистого белка кукурузного зерна, который отделяется от остальных составных зерна (крахмала, клетчатки и жира).

Ценность кукурузного глютена определяется высоким уровнем обменной энергии. Европейские нормы кормления и нормы США дают среднее значение 3500-3800 ккал/кг. По сбалансированности среди белковых кормов глютен занимает первое место. Уровень содержания каротина в кукурузном глютене, по данным ВНИТИПа, составляет от 280 до 300 мг/кг, который сохраняется в течение более 6 месяцев.

Не менее важным показателем глютена является содержание протеина. Глютеновая мука производства США близка к рыбной муке по количеству протеина (60-63%), который хорошо сбалансирован по метионину с цистином и несколько хуже по лизину. Отечественный глютен с перерабатывающих предприятий Тульской и Рязанской областей по содержанию протеина (55-58%) уступает американскому.

Рыбная мука – наилучший источник животного белка. Это природный продукт, в котором оптимальным образом сочетаются белковые, минеральные и жировые компоненты. Такая сбалансированность обеспечивает высокий коэффициент переваримости основных питательных веществ рациона. При производстве БВМД рыбная мука подвергается контролю на содержание сырого протеина, токсичности и бактериологической обсемененности, наличию посторонних белковых включений (например, карбамида, незаменимых

аминокислот, общей суммы аминокислот, присутствие ДНК жвачных животных и т. д.).

Биологически активные и минеральные вещества вводятся в состав БВМД в виде однопроцентного премикса в количестве 5-7%. Допускается ввод премиксов более концентрированных (0,2-0,5%) или отдельных витаминных или минеральных смесей. По технологии производства в БВМД могут включаться и другие биологически активные вещества: ферменты, пробиотики и пребиотики, антибиотики и кокцидиостатики, синтетические аминокислоты, антиокислители, вкусовые и ароматические добавки и т.п. Они будут подробно рассмотрены в следующей главе.

Основные технологические операции и линии

Технологический процесс производства БВМД включает следующие операции:

- приемка;
- хранение и размещение сырья;
- оценка качества поступившего сырья по показателям, предусмотренным нормативно-технической документацией, и на отсутствие токсичности;
- подготовка сырья – очистка от посторонних и металломагнитных примесей;
- измельчение ряда компонентов;
- сушка соли и мела;
- дозирование и смешивание;
- гранулирование;
- упаковка;
- размещение и отпуск готовой продукции.

В связи с тем, что принципиальная технологическая схема производства БВМД ничем не отличается от схемы производства полноцационных комбикормов, любое комбикормовое предприятие может быть использовано для их выработки. Однако при составлении рецептов комбикормов и БВМД видно, что соотношение групп компонентов, подрабатываемых на технологических линиях, различно, а это при переходе комбикормового завода на выпуск БВМД приводит к недогрузке одних линий и к перегрузке других.

Очистка сырья. Зерновые и зернобобовые компоненты очищают в воздушно-ситовых сепараторах от минеральных примесей (песка, комочеков земли, камешков), семян сорных и ядовитых расте-

ний, органических примесей (стеблей, стручков), а также органической и минеральной пыли.

В сепараторах устанавливают сита: приемное с отверстиями 50 x 50 и 20...30 мм, сортировочное – 10...16, подсевное – 1,2 x 2,0 или 1,0...1,4 мм. Проходом подсевного сита отбирается песок.

Мучнистое сырье очищают от крупных случайных примесей (щепок, бечевок, бумаги и т.п.) и скомковавшегося продукта в просеивателях различного типа – вибрационных, центробежных буратах, рассевах.

Кормовые продукты пищевых производств контролируют на просеивающих машинах со штампованными ситами с отверстиями диаметром 5-6 мм, или соответствующими им металлотканых ситах. Сход с сит направляют на измельчение, а затем присоединяют к проходу. На всех участках подготовки компонентов устанавливают магнитные заграждения – аппараты или колонки.

Измельчение сырья. При построении технологического процесса производства БВМД зерновое, зернобобовое, гранулированное сырье, сходовые фракции шротов, кормовых продуктов пищевых производств измельчают в один-два пропуска через дробилки.

8.6. Технология производства премиксов

Общие положения. В начале 70-х годов прошлого столетия сельское хозяйство нашей страны узнало о новом продукте, с которым связана большая и ответственная задача – вносить в комбикорма недостающие в компонентах витамины, микроэлементы, ферменты и другие биологически активные вещества (БАВ).

С увеличением продуктивности животных растет и требовательность к полноценности их кормления. Полноценное кормление предусматривает сбалансированность по аминокислотам, жиру, клетчатке, минеральным веществам и витаминам. Неполноценность кормов и несбалансированность рациона по питательности, микроэлементам и витаминам приводят к низкому весу животных, снижению молочной, мясной продуктивности, плохой яйценоскости, выпадению или огрублению шерсти у животных, вызывают медленный рост и другие признаки, характерные при скучном питании животных и птицы.

Название премикс от английского pre-mix переводится как предварительная смесь. В это понятие можно вкладывать смеси из биологически активных компонентов, ферментных препаратов, аминокислот с наполнителем. В 1972-1974 гг. в России начали строить специализированные экспериментальные заводы с цехами по производству премиксов.

Премиксы выпускаются с целевым назначением – балансировать комбикорма по биологически активным веществам.

Премиксом называется обогатительная смесь промышленного производства. Премикс вводится как компонент в комбикорма, белково-витаминно-минеральные добавки и в адресные рационы отдельных возрастных видов и групп животных, птиц и рыб.

С конца 60-х годов производству премиксов в нашей стране предшествовало приготовление обогатительных смесей на отдельных линиях или в специализированных цехах комбикормовых заводов. Это связано с тем, что сырье, применяемое для производства комбикормов, по содержанию питательных веществ не всегда обеспечивает нормальное развитие организма животного, поскольку не содержит полного комплекса необходимых для данного рациона питательных веществ. Это аминокислоты, витамины, микроэлементы, ферменты и многие другие. Все они составляют группу веществ, которые называют биологически активными. К биологически активным веществам относится большая группа компонентов, влияющих на полноценность премикса; они вводятся в зависимости от зоотехнических норм для каждого вида и возраста животных, птицы, пушных зверей, рыб и т.п.

Корма растительного и животного происхождений, производимые в различных почвенно-климатических зонах нашей страны, полностью не сбалансираны, не содержат всех необходимых для данной группы и вида животных питательных веществ. Поэтому включение биологически активных веществ в комбикорма и кормовые рационы в отдельности и в виде их комплексов (смесей) балансирует и повышает эффективность комбикормов. Так, сбалансированные только по белку, углеводам и жирам, они повышают продуктивность животных на 10...12%. При включении же биологически активных веществ эффективность комбикормов увеличивается на 25...30%, т.е. повышается качество продуктов животноводства при одновременном снижении себестоимости их производства.

По современным данным физиологии питания, полнорационные комбикорма и кормовые рационы для молодняка сельскохозяйственных животных, свиней и птицы должны быть сбалансированы по 50...60, а иногда и 80 питательным и биологически активным веществам.

Исследованиями, проведенными опытными хозяйствами и научно-исследовательскими учреждениями, установлено, что большое количество веществ в качестве добавок, нормализующих обмен веществ и сохраняющих здоровье животных, в комбикорма надо вводить в очень малых количествах – микродозах, исчисляемых сотыми и тысячными долями процентов. Такие добавки нельзя вводить каждую в отдельности как по биологическим, так и по технологическим причинам, поэтому все элементы, вводимые в рационы в микродозах, предварительно смешиваются с наполнителем и в виде премиксов вводят в комбикорма в определенном количестве.

Премиксы классифицируются по составу входящих в них компонентов, например: комплексные, минеральные, аминокислотные, витаминные, ферментные, ароматические и другие.

Классифицируются премиксы и по их назначению, как, например: профилактические, лечебные, иммуностимулирующие и другие.

В настоящее время получают распространение биокомплексы – особый вид премиксов, предназначенных для формирования рационов крупного рогатого скота. В состав кормовых смесей, содержащих большое количество грубых компонентов, необходимо вводить премикс с повышенным содержанием микроэлементов и витаминов, например, окиси магния до 340 кг на 1 т премикса, около 12 кг сернистого железа, 7 кг сернокислого марганца и т.д.

Традиционно в нашей стране производят комплексные или универсальные премиксы такой концентрации, которые позволяют вводить их в состав комбикормов в количестве 1%.

В последнее время широкое распространение получает и более концентрированный премикс, который вводится в состав комбикорма в количестве 0,5%. Это позволяет сократить время перевозок и подготовку наполнителя. Однако в этом случае могут возникнуть трудности при смешивании 0,5% премикса с остальными компонентами комбикормов. Смешивание с 1% премиксом надежнее, поскольку распределение 10 кг премикса в 1000 кг комбикорма эффективнее, чем 5 кг.

Значение биологически активных компонентов

Все компоненты премиксов можно разделить на две большие группы.

К одной группе относятся все органические и минеральные вещества, обеспечивающие пластические (как бы строительные) и энергетические функции тканей и клеток животных.

К другой группе принадлежат те вещества, которые не входят в структуру клеток и не используются на образование элементов тела. Однако эти вещества регулируют биохимические процессы, без которых живая клетка существовать не может.

Вещества одной и другой группы называются биологически активными веществами (БАВ).

К биологически активным веществам относится большая группа компонентов, которая влияет на полноценность комбикорма. БАВ вводятся в его состав в разных весовых дозах в зависимости от зоотехнических норм для каждого вида и возраста животных, птицы, пушных зверей, рыб и т.п.

Биологически активные вещества. Они 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.

Химическая совместимость биологически активных веществ является важным свойством в технологии производства премиксов. Некоторые активные вещества, такие, как рибофлавин (витамин В₂), никотиновая кислота (витамин PP), холинхлорид (витамин В₄), 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. Например, масляный концентрат витамина А очень нестойек. Защищенный желатиновой капсулой витамин А обладает повышенной стойкостью и стабильностью. Менее устойчивыми являются также витамины В₃ и В₁₂. Например, витамин В₁₂ каждый месяц теряет 0,7% своей активности.

При производстве премиксов компоненты распределяются по весовым группам с учетом нормы их ввода в комбикорма:

микроэлементы – от 0,1 до 2 кг на 1 т смеси. К ним относят фолиевую кислоту (0,100 кг), витамин В₆ (0,150 кг), витамин К (0,180 кг), витамин В₁, (0,200 кг), витамин D₃ (0,840 кг), кобальт (0,110 кг) и др.;

средние компоненты – от 2 до 30 кг на 1 т смеси. К ним относят пантотенат кальция, витамины РР и Е, углекислый цинк, цианкобаламин или кормовой препарат витамина В₁₂, углекислый марганец;

макроэлементы – от 30 до 100 кг на 1 т смеси; например, холинхлорид вводят до 80 кг.

Как правило, БАВ вводятся в состав предварительных смесей – премиксов, в которых эти вещества должны равномерно распределяться.

Рассмотрим некоторые составляющие премиксов.

Обогатители. В зависимости от содержания в них биостимуляторов 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.

Установлено, что наиболее целесообразным следует считать не прямой ввод биологически активных веществ в комбикорма, а предварительное производство обогатительных смесей – премиксов. В такой обогатительной смеси наполнитель и компоненты рассматриваются как единое целое.

Наполнитель имеет важное значение при производстве премиксов. Хорошим наполнителем являются кукурузные кормовые дрожжи, отруби. Наполнитель в смеси составляет 80...90%, он должен иметь дисперсность (крупность), характеризующуюся проходом сита с отверстиями 1,25 x 1,25 мм, поглощать большое количество биологически активных веществ, его наибольшая плотность должна быть 1,23 г/см³, объемная масса при влажности 14% – 220-330 кг/м³. Влажность наполнителя должна быть не выше 7...10%. Задача наполнителя – удержать биологически активные вещества, т.е.

наполниться ими. Поэтому наполнитель должен быть рыхлым, легким и содержать 10... 15% целлюлозы.

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 и при хранении прогоркают. 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.

Микроэлементы. Металлы входят в живые системы в очень малых количествах, поэтому им дали название «микроэлементы». В организме животного содержится микроэлементов менее 0,001% веса тела. Они находятся среди веществ, обеспечивающих нормальное питание животных.

Микроэлементы распределены на земле неравномерно. Это зависит от геологической истории территорий, разнообразного химического состава почвы, почвообразовательного процесса. В результате одни зоны бедны кобальтом, медью, йодом, другие содержат достаточно большое количество, а третьи – излишки. Недостаток или избыток микроэлементов в почвах влияет на количество их в растениях, а поступая с растениями в корм животных – и на их состояние: снижение продуктивности и ухудшение качества продукции. Даже оптимальное наличие микроэлементов в почве и растениях не может служить гарантией здоровья и нормальной продуктивности животных.

Микроэлементами называются химические элементы, содержащиеся в природе (в растительных и животных организмах, почвах и водах) в крайне незначительных количествах, чаще всего от 0,001 до 0,00000000001%.

Слово «микроэлементы» условно, так как некоторые элементы (железо, алюминий, кремний) в почвах и горных породах содержатся в значительных количествах, а в живых организмах их крайне мало.

Без микроэлементов хотя бы в самых минимальных количествах не могут обойтись ни люди, ни животные, ни растения. Многие мик-

роэлементы 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.

Рассмотрим наиболее распространенные микроэлементы – такие, как медь, железо, кобальт, марганец, цинк, йод и селен.

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 (до 0,2 мкг на 1 мл и менее). 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 болеют 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. Так как во многих регионах почвы бедны железом (не более 0,04%), корма и комбикорма не могут удовлетворить потребностей животного в нем, в состав премиксов вводят железо в виде сернокислых и углекислых солей.

Кобальт входит в состав витамина В₁₂. 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 нако-

плению 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 В₆. На недостаток в корме кобальта больше реагируют растущие животные. У крупного рогатого скота и свиней кобальт накапливается в зобной железе, печени, поджелудочной железе, селезенке и почках, у птицы – в перьях. В мышцах и крови содержание кобальта незначительно.

В состав премиксов рекомендуется вводить углекислый кобальт, так как он менее гигроскопичен, лучше дозируется и смешивается с другими компонентами, а также у него нет антагонизма к витамину А. Достаточное количество кобальта в жмыхах: льняном – 0,75 мг в 1 кг, подсолнечниковом – 0,73, хлопчатниковом – 0,58; в мелассе – 1,4 мг в 1 кг. В зависимости от состава комбикорма регулируется количество кобальта в рецептуре премиксов.

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.

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. Марганец способствует росту животных и кровообразованию. Он активирует некоторые ферменты, влияет на углеводный, жировой и минеральный обмены 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 (на 18-21-й день инкубации зародыши погибают). У поросят при дефиците в корме марганца наблюдается хромота.

При избыточном количестве в кормовом рационе солей марганца животные болеют «марганцевым» ракитом, который изле-

чивают витамином D. Добавка солей марганца в кормовой рацион животным повышает содержание аскорбиновой кислоты в организме и положительно влияет на отложение витамина В₁ а также благотворно действует при гипервитаминозе В₁. 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 птицы, и племенным курам (на 1 кг корма соответственно 55 и 35 мг). Свиньям марганца требуется значительно меньше, чем птице (поросятам – от 12 до 20 мг на 1 кг корма).

Крупному рогатому скоту обычно не требуется дополнительная добавка в корм солей марганца, поскольку получаемые им корма богаты марганцем (его много содержится в траве, в сеносе, сене и соломе). В компонентах, которые используются в комбикормах, марганец содержится в достаточном количестве. Однако для сельскохозяйственной птицы: кур-несушек, индеек-несушек, уток маточного стада, цыплят в возрасте от 1 до 20 дней, молодняка кур в возрасте от 21 до 150 дней, индюшат в возрасте от 1 до 30 дней и от 31 до 90 дней, утят в возрасте от 1 до 20 дней и от 21 до 70 дней; для откорма молодняка кур и индеек, откорма утят, выращивания мясных цыплят (бройлеров) следует добавлять 50 мг сернокислого марганца или 24,5 мг двуокиси марганца на 1 кг комбикормов.

Цинк оказывает влияние на белковый, жировой, углеводный и минеральный обмены 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.

Цинк замедляет рост дифтерийных микробов и бацилл паратифа и тифа. Цинк содержится в некоторых ферментах. Главным образом

цинк накапливается в печени, он содержится также в гипофизе, поджелудочной железе, щитовидной железе, надпочечниках, мышцах, мозге и других органах.

Фтор является составной частью зубной эмали, содержится в костной ткани (0,02-0,05%), играет роль в обеспечении репродукции (воспроизведения). Присутствие его в воде и кормах в небольших количествах необходимо, так как предохраняет животных от заболевания зубов. Обычно корма содержат от 1-2 мг фтора в 1 кг сухого вещества.

Избыток фтора вызывает токсические явления. В результате хронического отравления фтором животные теряют аппетит, поедаемость кормов падает, 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.

Фтор – ядовитое вещество аккумулятивного действия. При продолжительном вскармливании он опасен даже в малых дозах – 0,008% на сухое вещество рациона. Поэтому необходимо контролировать содержание фтора в кормах и комбикормах.

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 – серебристо-серый минерал, получивший свое имя от Богини Луны – Селены. До недавнего времени селен был малоизвестным следовым минералом.

Проведенными исследованиями было установлено, что селен – это необходимый компонент рациона животных и птицы.

Селен в земной коре встречается в незначительных количествах. В различных районах его содержание в почве различно. Селен защищает клетки организма и повышает иммунитет и может уменьшить последствия отравления солями тяжелых металлов. Селен является мощным антиокислителем. Он контролирует окислительно-восстановительные процессы на клеточном уровне.

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, уменьшению смертности молодняка, ускоренному росту и развитию, а также увеличению продуктивности скота и птицы. Наиболее эффективным и естественным источником селена для усвоения животными является его органическая форма *селено-метионин*.

Селеноаминокислоты образуют в мышечной ткани резерв (депо), позволяющий поставлять организму селеноаминокислоты посредством процесса катаболизма мышечных клеток. Особенно это важно для бройлеров.

9. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа 1

Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Определение массы 1000 зерен

Метод определения массы 1000 зерен хлебных злаков и бобовых культур устанавливают ИСО 520 и ГОСТ 10842-89. Метод применим для всех зерновых и бобовых, за исключением зерен, предназначенных для посева. Сущность метода заключается во взвешивании пробы зерна, отделении целых зерен, взвешивании остатка и подсчете целых зерен, а затем делении массы целых зерен на их количество. Результат выражают в пересчете на 1000 зерен. Если образцы содержат лущенные и нелущенные зерна, то они должны быть подсчитаны отдельно. Двойные зерна овса должны быть отделены от и подсчитаны как два зерна.

1. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Используют обычное лабораторное оборудование, а также оборудование, приведенное ниже.

Делитель.

Устройство для подсчета зерен (фотоэлектрический счетчик; в случае необходимости подсчет проводят вручную). Весы с точностью взвешивания до 0,01 г.

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. Определение массы 1000 зерен при фактической влажности зерна

Отбирают произвольное количество зерен, приблизительно равное 500. Отобранный образец взвешивают с точностью до 0,01 г, отбирают целые зерна, взвешивают остаток, вычисляют массу целых зерен и подсчитывают их количество. Определение проводят два раза. Масса навески для анализа приведена в таблице.

**Масса навески для анализа в зависимости
от культуры**

Наименование культуры	Масса навески для анализа, г	Наименование культуры	Масса навески для анализа, г
1	2	3	4
Бобы	250	Просо	4,5
Гречиха	15	Рапс	2,5
Горох	150	Рис	15
Горчица	2	Рожь	15

1	2	3	4
Клещевина	150	Рыжик	0,7
Кукуруза	150	Соя	85
Кунжут	1,5	Сурепица	2,5
Лен масличный	4	Тритикале	20
Нут	150	Фасоль	200
Овес	20	Чечевица	25
Пшеница	25	Ячмень	25

2.2. Определение массы 1000 зерен в сухом весе

Определяют массу 1000 зерен, как указано выше. Отдельный образец очищают от загрязнений и определяют в нем содержание влаги. Этот способ применим только к зерновым культурам. Для бобовых культур способ определения массы 1000 зерен включает в себя их высушивание при температуре не более 105°C.

2.3. Выражение результатов

Массу 1000 зерен (m_h) при фактической влажности зерна рассчитывают по уравнению

$$m_h = \frac{m_0 \times 1000}{N},$$

где m_0 – масса целых зерен, г;

N – количество целых зерен в навеске.

Массу 1000 зерен в сухом весе (m_s) рассчитывают по уравнению

$$m_s = \frac{m_h \times (100 - H)}{100},$$

где H – содержание влаги, выраженное в процентах по отношению к массе зерен при фактической влажности зерна.

В качестве результата принимают среднее арифметическое значение из двух определений, если разница между повторными испытаниями не превышает 6% для зерен с массой более 25 г/1000 шт., и 10% для других зерен. В противном случае испытание повторяют.

Результаты выражают с точностью до второго десятичного знака, если масса 1000 зерен менее 10 г; с точностью до первого десятично-

го знака, если масса 1000 зерен – от 10 до 100 г; в виде целого числа, если масса 1000 зерен превышает 100 г.

3. ОТЧЕТ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ

Отчет об определении должен содержать следующую информацию:

- а) ссылку на международный стандарт ИСО 520 и ГОСТ 10842-89;
- б) полное описание образца;
- в) описание метода испытаний, дату испытаний, полученные результаты;
- г) описание любых обстоятельств, не предусмотренных стандартом, а также любых условий, которые способны повлиять на результат.

Лабораторная работа 2

Зерно. Метод определения пленчатости (ГОСТ 10843-76)

Настоящий стандарт распространяется на зерно гречихи, проса, овса и риса и устанавливает метод определения пленчатости.

Сущность метода заключается в отделении пленок и вычислении их процентного содержания по отношению к массе необрушенного зерна.

1. МЕТОД ОТБОРА ПРОБ

1.1. Отбор проб и выделение навесок – по ГОСТ 13586.2 и ГОСТ 50436-92.

2. АППАРАТУРА

2.1. Для проведения испытания применяют: весы с пределом взвешивания до 2 кг; весы лабораторные технические; шелушители ГДФ и другие, обеспечивающие определение показателя пленчатости в пределах допустимых норм расхождений; доску анализную; сита с отверстиями размером: 1,4 x 20 или 1,2 x 20 мм – для проса, 2,2 x 20 или 1,8 x 20 мм – для риса; шпатель; совочек; пинцет; ступку фарфоровую с пестиком по ГОСТ 9147-80; сетку проволочную стальную по нормативной документации.

3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

3.1. Из средней пробы выделяют навеску: овса, гречихи, риса – массой 50 г; проса – массой 25 г.

3.2. Выделенную навеску зерна освобождают от сорной и зерновой примесей; овес, кроме того, освобождают от мелких зерен в соответствии с характеристикой по ГОСТ 28673-90; у остистого риса обламывают ости. Оставшееся зерно смешивают и берут две навески

целых зерен: при обрушивании вручную: гречихи и проса – массой по $2,5 \pm 0,01$ г, риса и овса – массой по $5 \pm 0,01$ г; при обрушивании на ГДФ: риса – массой $10 \pm 0,01$ г, проса – массой по $5 \pm 0,01$ г.

3.3. Навески массой 25 г и более взвешивают до десятых долей грамма.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1. Пленки с зернами проса и риса отделяют на шелушителе или вручную; пленки с зернами гречихи снимают вручную; пленки с зернами овса снимают вручную выдавливанием ядра.

4.1.1. *Отделение пленок на шелушителе.* Отделение пленок с зернами риса и проса на шелушителе осуществляют в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией. Оставшиеся после отделения пленок на шелушителе единичные необрушенные зерна обрушают вручную. При применении шелушителей, не обеспечивающих разделение пленок и обрушенных зерен, эту операцию проводят вручную в соответствии с п. 4.1.2.

4.1.2. *Отделение пленок вручную.* Навеску зерна помещают в фарфоровую ступку и, слегка надавливая на зерно пестиком и вращая его, отделяют пленки, избегая раздавливания зерен. Для лучшего отделения пленок пестик обтягивают тонкой металлической сеткой. Такую же сетку кладут на дно ступки.

Для облегчения отделения пленок полученный после шелущения продукт просеивают через сита с отверстиями размером: для проса – $1,4 \times 20$ или $1,2 \times 20$ мм; для риса – $2,2 \times 20$ или $1,8 \times 20$ мм.

Оставшиеся необрушенные зерна отделяют от обрушенных, помещают в ступку и шелушат до полного обрушивания.

Аналогично поступают со второй навеской.

4.2. Полученные в результате механического или ручного шелущения пленки взвешивают до сотых долей грамма.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Показатель пленчатости выражают в процентах по отношению к массе взятой навески. Для этого полученную после взвешивания массу пленок при исходной массе навески 2,5 г умножают на 40, при массе 5 г – на 20 и при массе навески 10 г – на 10.

5.2. Показатель пленчатости по каждой навеске вычисляют до сотых долей процента.

5.3. Расхождения между результатами двух параллельных определений, а также при контрольных и арбитражных определениях не должны превышать 1,0%.

5.4. За конечный результат испытания принимают среднее арифметическое показателей двух параллельных определений.

5.5. Результаты определения пленчатости в документах о качестве указывают до десятых долей процента.

5.6. Округление результатов испытаний производят следующим образом: если цифра, следующая за установленным пределом точности больше 5, то предшествующую цифру увеличивают на единицу; если цифра меньше 5, то ее отбрасывают; если цифра равна 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу, если она нечетная, и оставляют без изменений, если она четная или нуль.

Лабораторная работа 3

Зерно. Метод определения кислотности по болтушке (ГОСТ 10844-74)

Настоящий стандарт распространяется на зерно, предназначенное для продовольственных, фуражных и технических целей, и устанавливает метод определения кислотности зерна по болтушке.

Сущность метода заключается в способности кислореагирующих веществ зерна нейтрализовать щелочь, которой титруют водную суспензию размолотого зерна.

1. МЕТОД ОТБОРА ПРОБ

1.1. Метод отбора проб – по ГОСТ 13586.2 и ГОСТ 50436-92.

2. АППАРАТУРА И РЕАКТИВЫ

2.1. Для проведения испытания применяют: мельницу лабораторную; сито № 08 по нормативной документации; весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г с пределом взвешивания 1 кг; колбы конические вместимостью 250 см³; бюретку; промывалку; пластинки стеклянные размером 20 x 20 см; гидроокись натрия, 0,1 моль/дм³ (н.), раствор; фенолфталеин, 3%-й спиртовой раствор; спирт этиловый ректифицированный; воду дистиллированную.

3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

3.1. Из средней пробы делителем или вручную выделяют 50 г зерна, очищают его от сорной примеси, за исключением испорченных зерен, и размалывают на лабораторной мельнице так, чтобы все размолотое зерно прошло при просеивании через сито № 08.

Размолотое зерно переносят на стеклянную пластинку, перемешивают, распределяют ровным слоем и придавливают другим стеклом такого же размера так, чтобы слой под стеклом получился не толще

3-4 мм. Затем, удалив верхнее стекло, отбирают не менее чем из десяти мест две навески размолотого зерна массой по 5 г каждая.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1. Взвешенную навеску размолотого зерна высыпают в сухую коническую колбу и приливают 100 см³ дистиллированной воды. Содержимое колбы немедленно перемешивают взбалтыванием до исчезновения комочеков. Приставшие к стенкам частицы смывают дистиллированной водой из промывалки. В полученную болтушку добавляют 5 капель 3 %-го раствора фенолфталеина, взбалтывают и титруют 0,1 моль/дм³ раствором гидроокиси натрия. Титрование ведется медленно, особенно в конце реакции, при постоянном взбалтывании колбы до появления ясного розового окрашивания, не исчезающего при спокойном стоянии колбы в течение 20-30 с. В тех случаях, когда при определении кислотности исходная болтушка получается интенсивно окрашенной, необходимо иметь для сравнения другую болтушку из испытываемого зерна и при титровании постоянно сравнивать получаемый оттенок с начальным цветом болтушки.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Кислотность (X) в градусах кислотности определяют объемом 1 моль/дм³ (н.) раствора гидроокиси натрия, требующегося для нейтрализации кислоты в 100 г продукта, и вычисляют по формуле

$$X = \frac{V \cdot 100}{m \cdot 10},$$

где V – объем точно 0,1 моль/дм³ (н.) раствора щелочи (с учетом поправочного коэффициента к титру щелочи), израсходованный на титрование, см³;

m – масса навески размолотого зерна, г;

$\frac{1}{10}$ – коэффициент пересчета объема 0,1 моль/дм³ (н) раствора щелочи на 1 моль/дм³ (н).

5.2. Вычисление проводят до сотых долей градусов с последующим округлением до десятых долей градуса.

5.3. Округление результатов определения проводят следующим образом:

если первая из отбрасываемых цифр меньше пяти, то последнюю сохраняющую цифру не меняют; если же первая из отбрасываемых

цифр больше или равна пяти, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

5.4. За окончательный результат определения принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 0,2 градуса.

5.5. При контрольных определениях кислотности допускаемое расхождение между контрольным и первоначальным определениями не должно превышать 0,5 градуса.

При контрольном определении за окончательный результат определения принимают результат первоначального определения, если расхождение между результатами первоначального и контрольного определений не превышает допускаемую норму. Если расхождение превышает допускаемую норму, за окончательный результат определения принимают результат контрольного определения.

Лабораторная работа 4 Зерно. Методы определения зольности (ГОСТ 10847-74, ИСО 2171)

Настоящий стандарт распространяется на зерно, предназначенное для продовольственных, фуражных и технических целей, и устанавливает методы определения зольности.

Зольностью называют выраженное в процентах количество минеральных веществ, остающихся после полного сгорания органических веществ навески.

Сущность методов заключается в сжигании навески размолотого зерна с последующим количественным определением несгораемого остатка.

1. МЕТОД ОТБОРА ПРОБ

1.1. Метод отбора проб – по ГОСТ 13586.2 и ГОСТ 50436-92.

2. АППАРАТУРА И РЕАКТИВЫ

2.1. Для проведения испытания должны применяться: мельница лабораторная; весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г с пределом взвешивания до 200 г; печь муфельная; эксикатор; тигли фарфоровые №3; тигли кварцевые; щипцы тигельные; пластинки стеклянные размером 20 x 20 см; сито №08; пипетка; кислота азотная, х.ч., плотностью 1,2 г/см³; спиртовой раствор уксусно-

кислого магния, приготовленный следующим образом: 1,61 г уксуснокислого магния по НД растворяют в 100 см³ 96%-го чистого этилового спирта. В полученный раствор прибавляют 1-2 кристаллика йода, после растворения которых раствор фильтруют через бумажный фильтр.

Приготовленный таким образом ускоритель должен быть проверен, для чего в два чистых и прокаленных до постоянной массы тигля наливают из пипетки 3 см³ ускорителя и зажигают его. После сгорания ускорителя тигли ставят в муфельную печь и прокаливают 20 мин, затем тигли охлаждают в эксикаторе и взвешивают. По разнице между массой тиглей после прокаливания с ускорителем и массой чистых тиглей устанавливают массу золы ускорителя.

Спиртовой раствор уксуснокислого магния должен храниться в стеклянной посуде с притертой пробкой в сухом, прохладном и темном месте.

3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

3.1. Подготовка зерна к испытанию

3.1.1. Из средней пробы делителем или вручную выделяют 30-50 г зерна, очищают его от сорной примеси, за исключением испорченных зерен, и размалывают на лабораторной мельнице так, чтобы все размолотое зерно прошло при просеивании через сито №08.

Размолотое зерно высыпают на стеклянную пластинку и двумя плоскими совками смешивают и разравнивают его, затем придавливают другим стеклом такого же размера, с тем, чтобы размолотое зерно распределилось ровным слоем толщиной 3-4 мм.

Удалив верхнее стекло, отбирают не менее чем из десяти разных мест две навески массой 2-2,5 г каждая в два предварительно прокаленных до постоянной массы и охлажденных в эксикаторе тигля.

3.1.2. Одновременно выделяют две навески для определения влажности размолотого зерна по ГОСТ 13586.5-93, ИСО 711:1985, ИСО 712:1998.

3.2. Подготовка муфельной печи к испытанию

3.2.1. В обычных муфельных печах в средней части передней и задней стенок делают отверстия диаметром 40 мм. Это необходимо для удаления продуктов сжигания, а также для притока воздуха, чтобы не допустить плавления несгораемого остатка навески зерна.

Одну из муфельных печей, используемых в методе озоления при высоких температурах печи, необходимо переоборудовать для достижения максимального накала печи до оранжевого цвета. Для этого

обычную обмотку муфеля заменяют обмоткой из хромоникелевой проволоки сечением 1,2 мм с допускаемой нагрузкой 11-12 А. При перемотке не допускается соприкосновения между собой витков проволоки. Во избежание окисления проволоки должна быть обеспечена тщательная изоляция обмотки от воздуха. Для этого делается обмазка муфеля раствором из семи частей толченого огнеупорного кирпича и одной части шамотной глины. Перед приготовлением раствора из растолченного кирпича при помощи подковообразного магнита должны быть удалены металлические примеси.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1. Определение зольности проводится методами озоления размолотого зерна в муфельной печи без применения ускорителей, с применением ускорителей или при высоких температурах муфельной печи.

4.2. Метод озоления зерна без применения ускорителя – основной метод

4.2.1. Взвешенные тигли с навесками помещают у дверцы муфельной печи (или на дверцу, если она откидывается), нагретой до 400-500 °С (темно-красное каление), и обугливают навески, не допуская воспламенения продуктов сухой перегонки.

После прекращения выделения продуктов сухой перегонки тигли задвигают в муфель и закрывают дверцу, затем муфель нагревают до 600-900 °С (ярко-красное каление).

Озоление ведут до полного исчезновения черных частиц, пока цвет золы не станет белым или слегка сероватым.

После охлаждения в эксикаторе тигли взвешивают, затем вторично прокаливают не менее 20 мин и, если масса тиглей с золой не изменилась после повторного взвешивания, озоление считают законченным, а если масса их уменьшилась более чем на 0,0002 г, прокаливание повторяют. В случае увеличения массы тиглей с золой после повторного прокаливания берут меньшее значение массы.

4.2.2. При наличии разногласий определение зольности проводят методом озоления зерна без применения ускорителей.

4.3. Метод озоления зерна с применением ускорителей

4.3.1. Озоление с азотной кислотой

Взвешенные тигли с навесками помещают у дверцы муфельной печи (или на дверцу, если она откидывается), нагретой до 400-500 °С (темно-красное каление), и обугливают навески, не допуская воспламенения продуктов сухой перегонки. После прекращения выделения

продуктов сухой перегонки тигли задвигают в муфельную печь и закрывают дверцу. Озоление ведут до превращения содержимого тиглей в рыхлую массу серого цвета. После этого тигли охлаждают, и содержимое их смачивают тремя-пятью каплями азотной кислоты. Тигли помещают у дверцы (или на дверцу, если она откидывается) муфельной печи и осторожно, не допуская кипения, выпаривают кислоту досуха, после чего тигли ставят в глубь печи, нагретой до 600-900 °C (ярко-красное каление), закрывают дверцу и ведут озоление в течение 20-30 мин.

Тигли с озоленными навесками охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Озоление считают законченным, если масса тиглей с золой после повторного прокаливания в течение 20 мин не изменяется.

4.3.2. Озоление со спиртовым раствором уксуснокислого магния

В каждый взвешенный тигель с навеской прибавляют пипеткой 3 см³ спиртового раствора уксуснокислого магния.

По истечении 1-2 мин, после того как вся навеска пропиталась ускорителем, тигли помещают на металлическую или фарфоровую подставку непосредственно в вытяжном шкафу и поджигают содержимое тиглей горящей ватой, предварительно смоченной спиртом и надетой на металлический стержень.

После выгорания ускорителя тигли помещают у дверцы муфельной печи (или на дверцу, если она откидывается), нагретой до 600-900 °C (ярко-красное каление), и постепенно задвигают тигли в муфельную печь. Прокаливание ведут примерно в течение 1 ч до полного исчезновения черных частиц.

После окончания озоления тигли охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

4.4. Метод озоления при высоких температурах печи

4.4.1. Озоление зерна проводится последовательно в двух муфельных печах с различной степенью максимального накала.

Для первичного озоления взвешенные тигли с навесками помещают на 5-10 мин в переднюю часть обычной муфельной печи. После прекращения выделения продуктов сухой перегонки тигли на 40-50 мин продвигают в глубь печи, нагретой до 400-500 °C (темно-красное каление). На место продвинутых тиглей устанавливают другие 5-6 тиглей и так до полного заполнения печи.

После первичного озоления все тигли переносят в переоборудованную муфельную печь, нагретую до 950 °C (оранжевое каление), где происходит озоление продукта в течение 30 мин. После этого озоле-

ние заканчивают. Тигли с озоленными навесками охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Зольность (X) в процентах каждой навески зерна в пересчете на сухое вещество вычисляют по формуле

$$X = \frac{m_3 \cdot 100 \cdot 100}{m_h (100 - W)},$$

где m_3 – масса золы, г;

m_h – масса навески размолотого зерна, г;

W – влажность размолотого зерна, %.

5.2. При озолении зерна с уксуснокислым магнием зольность (X) в процентах каждой навески зерна в пересчете на сухое вещество вычисляют по формуле

$$X = \frac{(m_3 - m_y) \cdot 100 \cdot 100}{m_h (100 - W)},$$

где m_3 – общая масса золы, г;

m_y – масса золы ускорителя, г;

m_h – масса навески размолотого зерна, г;

W – влажность размолотого зерна, %.

Вычисления производят до тысячных долей процента с последующим округлением до сотых долей процента.

5.3. За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Допускаемое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,05%.

5.4. Округление результатов анализа проводят следующим образом: если первая из отбрасываемых цифр меньше пяти, то последнюю сохраняющую цифру не меняют; если же первая из отбрасываемых цифр больше или равна пяти, то последнюю сохраняющую цифру увеличивают на единицу.

5.5. При контрольных определениях зольности допускаемое расхождение между контрольным и первоначальным определениями не должно превышать 0,1%.

При контрольном определении за окончательный результат принимают результат первоначального определения, если расхождение между результатами первоначального и контрольного определения не превышает допускаемую норму. Если расхождение превышает допускаемую норму, за окончательный результат принимают результат контрольного определения.

Лабораторная работа 5

Зерно. Метод определения выхода зерна из початков кукурузы (ГОСТ 11225-76)

Настоящий стандарт распространяется на кукурузу в початках, предназначенную для продовольственных, кормовых и технических целей, и устанавливает метод определения выхода зерна из початков кукурузы.

1. МЕТОД ОТБОРА ПРОБ

1.1. Отбор проб и выделение навесок – по ГОСТ 13586.2 и ГОСТ 50436-92.

2. АППАРАТУРА

2.1. Для проведения испытания применяют: весы гирные или циферблочные с допускаемой погрешностью взвешивания ± 5 г; весы лабораторные общего назначения с допускаемой погрешностью взвешивания ± 1 г; кукурузомолотилку лабораторную; доску анализную; шпатель; совочек.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

3.1. Среднюю пробу кукурузы в количестве 10 початков взвешивают с точностью до 5 г, а затем обмолачивают на лабораторной кукурузомолотилке или вручную.

Органическую примесь (листья, обертки початков, пленки, нити), попавшую в среднюю пробу вместе с початками, выделяют до обмолота. При дальнейшем анализе эту примесь присоединяют к стержням и отдельно не учитывают.

Крупные частицы стержней, попавшие в зерно при обмолоте, выбирают и присоединяют к основной массе стержней.

Полученную после обмолота смесь зерна с мелкими частицами стержней взвешивают с точностью до 5 г.

Примечание. При поступлении кукурузы в початках с влажностью менее 16% допускается увеличение средней пробы до 100 початков.

3.2. Для определения содержания чистого зерна из смеси зерна с мелкими частицами стержней выделяют и взвешивают навеску массой 100 г; взвешивание проводят с точностью до 1 г.

Из навески выделяют мелкие частицы стержней, попавшие при обмолоте. Для облегчения работы рекомендуется навеску просеять через набор сит. Очищенное от мелких частиц стержней зерно взвешивают с точностью до 1 г.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Выход зерна (B) в процентах вычисляют по формуле

$$B = \frac{m_1 \cdot m_2}{m},$$

где m – масса початков средней пробы до обмолота, г;

m_1 – масса зерна с мелкими частицами стержней, полученная после обмолота средней пробы, г;

m_2 – масса чистого зерна в 100-граммовой навеске, г.

4.2. Вычисление производят до десятых долей процента с последующим округлением результата до целого числа.

4.3. Округление результатов определения проводят следующим образом: если первая из отбрасываемых цифр равна или более 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу, если меньше 5, то ее оставляют без изменения.

4.4. Допускаемые расхождения между первоначальным и повторным или контрольным определениями выхода зерна из початков кукурузы не должны превышать 4% при выходе зерна до 70% и 2% – при выходе зерна 70% и более.

При контрольном определении за окончательный результат определения выхода зерна из початков кукурузы принимают результат первоначального определения, если расхождение между результатами первоначального и контрольного определений не превышает допускаемую норму, устанавливаемую по результату контрольного определения. Если расхождение превышает допускаемую норму, то за окончательный результат определения принимают результат контрольного определения.

Пример расчета выхода зерна из початков
кукурузы (контрольное определение)

В первоначальном определении при обмолоте средней пробы кукурузы в початках массой 2435 г было получено 1980 г зерна вместе с мелкими частицами стержней.

После освобождения от мелких частиц стержней навески массой 100 г получено 97 г чистого зерна. Выход зерна из початков в первоначальном определении составил $B_1 = \frac{1980 \cdot 97}{2435} = 78,9\%$, а после округления – 79%.

В контрольном определении при обмолоте кукурузы в початках массой 2090 г получено 1635 г зерна вместе с мелкими частицами стержней.

После освобождения от мелких частиц стержней навески массой 100 г получено 98 г чистого зерна.

Выход зерна из початков кукурузы в контрольном определении составил

$$\hat{A}_{\hat{e}} = \frac{1635 \cdot 98}{2090} = 76,6\%,$$

а после округления – 77%.

При значении контрольного определения выхода зерна из початков кукурузы более 70% норма допускаемого расхождения между первоначальным и контрольным определениями составляет 2%.

Поскольку значение полученного расхождения ($79 - 77 = 2$) укладывается в норму допускаемого расхождения, то за окончательный результат определения принимают результат первоначального определения, т.е. 79%.

Лабораторная работа 6
**Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности
вредителями (ГОСТ 13586.4-83, ИСО 6322-3:1989)**

Настоящий стандарт распространяется на зерно зерновых и семена зернобобовых культур (далее – зерно), предназначенные 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 выедеными снаружи или внутри зерна частично или полностью зародышем, оболочками, эндоспермом или семядолями, при наличии или отсутствии внутри зерна живых (зараженные зерна) или мертвых вредителей.

1. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

1.1. Отбор проб и выделение навесок проводят по ГОСТ 13586.2 и ГОСТ 50436-92 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.

1.2. Отобранные пробы помещают в плотно закрывающуюся тару, исключающую перемещение насекомых и клещей.

2. АППАРАТУРА И РЕАКТИВЫ

2.1. Для определения зараженности и поврежденности зерна в явной форме применяют: весы лабораторные с погрешностью взвеши-

вания 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.

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 смоляно-бурого хрущаков, притворяшки-вора 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 разрежен-

ным 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, булавовусого и малого мучного хрущаков, суринаамского 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.

**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

3.2. 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 KMnO₄). 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 оставила 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.

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 весовом, так и в процентном отношении 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 (хрущаков, мукоедов и др.) – количество экземпляров на 1 кг зерна и вид вредителей;

при наличии клещей и насекомых в партиях кукурузы в початках – «заряжена» и проставляют количество и вид вредителей;

при обнаружении скрытой зараженности зерна – «скрытая зараженность ... %» в целых числах;

при наличии зараженных и поврежденных 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 процента.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**1. Вводные биологические понятия**

1. Что такое биологический обмен веществ?
2. Как определяются катаболизм и анаболизм?
3. Каковы источники пищи и энергии живых организмов?
4. Каково строение клетки?
5. Какое строение имеет зерно пшеницы?
6. Какое строение имеют семена бобовых культур?
7. Каково строение семян масличных?
8. На какие группы делят зерновые культуры по химическому составу семян?

2. Белковые вещества

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 различия между тремя группами теорий формирования строения и качества клейковины.
16. Какая пшеница называется сильной, средней, слабой?
17. В чем заключается смесительная 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. Белки зерна злаковых, семян бобовых
и масличных культур**

1. Каково содержание белков в зерне ржи?
2. Особенности состава входящих в зерно незаменимых аминокислот?
3. Опишите клейковину ржи.
4. Чем характеризуются белки зерна тритикале?
5. Опишите клейковину ячменя и его хлебопекарное достоинство.
6. В чем заключаются особенности незаменимых аминокислот?
7. Перечислите дефицитные незаменимые аминокислоты зерна овса.
8. Какими отличительными особенностями обладают белки зерна кукурузы?
9. Каково содержание проламинов в зерне проса?
10. Дайте оценку незаменимых аминокислот зерна риса.
11. Какие незаменимые аминокислоты входят в состав белков зерна гречихи?
12. Опишите особенности белков семян бобовых культур.
13. Какие белки в наибольшем количестве входят в состав белков семян масличных культур?

4. 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.

5. Витамины

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?

6. Ферменты

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 ферментами?
6. Каков механизм действия ферментов?
7. Что такое активность фермента? Дайте определение катала.
8. Как влияет температура, pH среды на активность ферментов?
9. Объясните сущность обратимого и необратимого ингибиования ферментов.
10. Что означает конкурентное и неконкурентное ингибиование?
11. Дайте определение изозимов ферментов.
12. Поясните практическое применение ферментов в народном хозяйстве: в хлебопекарной промышленности, в пивоварении и спиртовой промышленности, кулинарии, молочной промышленности.
13. Какова классификация и номенклатура ферментов?

14. Какие реакции в зерне катализируют ферменты зерна монофенол-монооксигеназа (тироzinаза), пероксидаза, каталаза и липоксигеназа?
15. Какое практическое значение имеют монофенол-монооксигеназа (тироzinаза), пероксидаза, каталаза и липоксигеназа при хранении и переработке зерна?
16. Дайте общую характеристику классу трансфераз.
17. Каково значение трансфераз в процессах, происходящих в зерне?
18. Какие реакции в зерне катализируют ферменты фосфотрансферазы?
19. Приведите пример реакции переаминирования.
20. Приведите примеры реакций, катализируемых гидролазами.
21. Какие реакции катализируют фитаза, липаза, хлорофиллаза, тиогликозидаза (класс гидролаз)?
22. Каково значение протеаз для хлебопечения?
23. Какие существуют протеазы, каков характер действия различных протеаз?
24. Каков характер действия триацилглицерол-липазы?
25. Как характеризуется действие α -глюкозидазы и β фруктофуранозидазы?
26. Каковы особенности действия α -амилазы, β -амилазы и глюкоамилазы?
27. Какие реакции катализируют карбоксипептидазы и дипептидазы?
28. Какие реакции катализируют ферменты группы амидаз – уреаза и глютамина?
29. Каков характер действия пируватдекарбоксилазы (класс лиаз)?
30. Приведите примеры реакций, катализируемые ферментами класса изомераз.
31. Какие реакции катализируют ферменты класса лигаз – глютаминсинтетаза, аспарагинсинтетаза, глютатионсинтетаза, пируваткарбоксилаза?

7. Углеводы

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, и 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 известны виды декстринов?
16. Каков состав и свойства гликогена?
17. Каково содержание, состав и свойства слизей 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?

8. Липиды, красящие вещества

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 прочносвязанными 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?

9. Минеральные вещества, влага, 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 имеют значение 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?

10. 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?

11. 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. В чем 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 глютен, рыбная мука, биологически активные и минеральные вещества при производстве белково-витаминно-минеральные добавок?
25. Какие операции включает технологический процесс производства белково-витаминно-минеральные добавок?
26. Дайте общую характеристику премиксов.
27. Как классифицируют премиксы по составу входящих в них компонентов?
28. Как классифицируют премиксы по назначению?
29. Какое значение в премиксах имеют биологически активные вещества?
30. Какова роль обогатителей и наполнителей при производстве премиксов?
31. Укажите разницу между защитными и нейтральными наполнителями премиксов.
32. Определите физиологическую роль следующих микроэлементов в составе премиксов: медь, железо, кобальт, йод, марганец, цинк, фтор, молибден, селен?
33. Какие витамины используют при производстве премиксов? Дайте их краткую характеристику.
34. Какие виды комбикормов выпускают комбикормовые заводы?
35. Как классифицируются комбикормовые заводы?
36. Какими показателями качества характеризуется продукция комбикормовой промышленности?
37. Какие известны технологические свойства компонентов комбикормов?
38. Что такое самосортирование компонентов комбикормов?
39. На что влияет вязкость компонентов комбикормов?

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Вводные биологические понятия

Метаболизм. Классификация организмов по типу питания. Генетические понятия. Строение клетки. Строение и химический состав зерна и семян.

10. Белковые вещества

Свойства белков. Классификация белков. Запасные белки. Выделение белков.

Формы связей в белке

Пептидные, дисульфидные и сложно-эфирные. Водородные связи (внутримолекулярные и межмолекулярные). Гидрофобные взаимодействия.

Пространственная структура белковой молекулы

Первичная структура. Вторичная структура. Третичная структура. Четвертичная структура.

Состав и строение клейковины зерна пшеницы

Белки клейковины: глиадин и глютенин. Компоненты глиадина. Глютенин. Теории формирования строения и качества клейковины.

Клейковина и ферменты

Роль глютатиона в тиолдисульфидном обмене клейковины. Состав глютатиона. Клейковина зерна пшеницы. Методы определения количества и качества клейковины.

Смешивание зерна пшеницы с клейковиной разного качества

Показатель смесительной ценности.

Факторы, влияющие на выход и качество клейковины зерна пшеницы

Генетические, экологические, экзогенные факторы. Роль сорта.

10. Белки зерна злаковых, семян бобовых и масличных культур

Белки зерна ржи. Белки зерна тритикале. Белки зерна ячменя. Белки зерна овса. Белки зерна кукурузы. Белки зерна проса. Белки зерна гречихи. Белки зерна риса. Белки семян бобовых культур. Белки семян масличных культур.

10. Нуклеиновые кислоты

Значение нуклеиновых кислот в клетке. Химический состав нуклеиновых кислот. ДНК. Физико-химические свойства ДНК. РНК. Типы РНК.

10. Витамины

Общая характеристика витаминов. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипервитаминозы.

Водорастворимые витамины зерна

Тиамин. Рибофлавин. Ниацин (никотиновая кислота, никотинамид).

Витамин В₆. Биотин. Кобаламин. Пантотеновая кислота. Аскорбиновая кислота. Витамин В₉ (фолат, фолацин, фолиевая кислота). Витамин Р.

Содержание водорастворимых витаминов в зерне разных культур и продуктах его переработки.

Жирорастворимые витамины зерна

Витамин А (ретинол: А₁ и А₂). Витамины группы D (D₂ – эргокальциферол и D₃ – холекальциферол). Токоферол. Витамины группы К (нафтохинон, филлохинон, менадион). Витамины группы К: филлохинон-4 (витамин K₁) и менахинон-6 (витамин K₂).

Содержание жирорастворимых витаминов в зерне разных культур и продуктах его переработки.

Витаминоподобные вещества зерна

Инозит. S-метилметионин. Пангамовая кислота. Липоевая кислота. Карнитин. Полиненасыщенные жирные кислоты (эссенциальные жирные кислоты, витамин F).

Деление жиров на группы по содержанию полиненасыщенных жирных кислот.

Содержание витаминоподобных веществ в зерне разных культур и продуктах его переработки.

Антивитамины зерна

Общая характеристика антивитаминов. Антивитамины зерновых культур.

10. Ферменты

Общая характеристика ферментов.

Строение и специфичность действия ферментов

Однокомпонентные и двухкомпонентные ферменты. Понятие простетической группы, апофермента, кофермента. Кофакторы ферментов. Специфичность ферментов.

Свойства ферментов

Термолабильность. Термостабильность. Влияние pH среды, концентрации фермента и субстрата на скорость ферментативной реакции.

Условия действия ферментов

Механизм действия ферментов. Активность фермента. Понятие катала. Влияние температуры, pH среды на активность ферментов. Активаторы ферментов. Ингибиция ферментов. Обратимое и необратимое ингибиция ферментов. Конкурентное и неконкурентное ингибиция.

Классификация и номенклатура ферментов

Общая характеристика классов ферментов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы. Код (индекс) фермента.

Ферменты зерна

Класс оксидоредуктаз. Оксидазы: монофенол-монооксигеназа (тироzinаза), аскорбатоксидаза, пероксидаза, каталаза и липоксигеназа.

Класс трансфераз. Гексокиназы, фосфоглюкокиназы. Аминотрансферазы.

Класс гидролаз. Триациглицерол-липаза. Нерастворимая и растворимая в воде липаза. Хлорофиллаза. Тиогликозидаза.

Фосфатазы (фитаза). Протеазы. Аминопептидазы. Карбоксипептидазы. Дипептидазы. Протеиназы (папаин).

Карбогидразы (олигазы и полизы). Олигазы (α -глюкозидаза, β -галактозидаза, β -фруктофuranозидаза). Полизы (амилазы, глюкоамилаза, целлюлаза, гемицеллюлазы). Виды амилаз. Ферменты группы амидаз – уреаза и глутаминааза.

Класс лиаз (пируватдекарбоксилаза и лизиндекарбоксилаза).

Класс изомераз. Триозофосфат-изомераза. Глюкозофосфат-изомераза.

Класс лигаз. Глютаминсинтетаза, аспарагинсинтетаза, глютатион-синтетаза, пируваткарбоксилаза.

10. Углеводы

Общая классификация углеводов. Функции углеводов.

Моносахариды зерна

Пентозы (арабиноза, ксилоза и рибоза). Водорастворимые и нерастворимые пентозаны. Арабаноксилан эндосперма зерна пшеницы и ржи.

Гексозы (глюкоза и фруктоза). Нециклические и циклические формы гексоз. D-формы и L-формы сахаров. Мутаротация. D-глюкоза, D-фруктоза.

Полисахариды зерна

Полисахариды первого порядка. Дисахариды (сахароза, мальтоза). Трисахарид рафиноза. Мальтоза (солодовый сахар). Рафиноза (мелитриоза).

Полисахариды второго порядка. Крахмал. Виды декстринов (амилодекстрины, эритродекстрины, ахродекстрины, мальтодекстрины). Гликоген. Слизи (гумми). Левулезаны. Клетчатка, или целлюлоза. Гемицеллюлозы (полуклетчатки).

10. Липиды зерна. красящие вещества

Общие свойства и классификация липидов. Особенности липидов. Функции липидов. Деление липидов зерна на группы (простые и сложные липиды, циклические липиды).

Простые липиды

Жиры. Высшие жирные кислоты. Асимметрический атом углерода в жирной кислоте. Геометрическая изомерия (цисконфигурация, транс-конфигурация).

Тривиальные и систематические названия жирных кислот. Названия ацилов. Тривиальные наименования ацилов. Жирные кислоты растительных жиров (рицинолевая, эруковая, арахидоновая кислоты). Эссенциальные кислоты. Значение линолевой кислоты. Гидрогенизованные растительные масла.

Кислотное число. Йодное число. Число омыления. Роль триацилглицерол-липазы и липоксигеназы в прогоркании растительного масла и продуктов из зерна.

Воски. Жирные кислоты восков (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, карнаубовая, церотиновая, монтановая кислоты).

Сложные липиды

Фосфатиды. Фосфатидная кислота. Лецитин, кефалин зерен и семян. Фосфатидные кислоты зародышей пшеницы. Фитин. Фитиновая кислота.

Циклические и связанные липиды

Стеролы. Условное деление липидов на свободные, связанные и прочносвязанные.

Пигменты и другие красящие вещества зерна

Деление красящих веществ зерна делят на группы (жирорастворимые пигменты, не растворяющиеся в жирах пигменты, красящие вещества). Жирорастворимые пигменты (хлорофиллы и каротиноиды). Не растворяющиеся в жирах пигменты (флавоноиды, флавоны и антоцианы). Красящие вещества (меланоидины, меланины и др.). Хлорофилл. Виды хлорофилла: хлорофилл а и хлорофилл б. Фотосинтез. КПД фотосинтеза у растений.

Каротиноиды зерна (каротин, лютеин, цеаксантин и криптоксанチン). Модификации каротина. Криптоксанチン.

Флавоноиды. Флавоны и антоцианы.

Меланоидины. Меланоидинообразование. Меланины.

Цвет и качество зерна

Цвет как показатель видовых и сортовых различий зерновых культур. Технологическая классификация зерна по его цвету. Оценка качества зерна.

Фенольные соединения

Особенности фенольных соединений. Структурные группы флавоноидов. Бесцветные флавоноиды (катехины, флавононы, флавонолы и др.). Окрашенные флавоноиды.

Полимерные фенольные соединения зерна (лигнин, меланины, гуминовые кислоты).

9. Минеральные вещества, влага, кислотность зерна

Минеральные вещества зерна

Деление минеральных элементов в тканях зерна на подгруппы (макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы).

Макроэлементы. Фосфор. Роль фосфора в обмене веществ растения. Сера. Калий и натрий. Кальций. Соединения кальция с пектинами.

новыми веществами. Магний. Железо. Дыхательные ферменты, содержащие железо (цитохромоксидаза, каталаза и пероксидаза). Легоглобин клубней бобовых.

Микроэлементы. Зольность составных частей зерна.

Токсичные элементы зерна. Пути попадания токсинов в зерно.

Влага в зерне

Функции воды при формировании, хранении и переработке зерна. Равновесная, гигроскопическая и критическая влажность. Свободная и связанная влага. Термовлагопроводность зерна.

Кислотность зерна

Титруемая кислотность. Градусы кислотности. Гидролиз жира зерна под влиянием триацилглицерол-липазы.

10. Дыхание зерна

Интенсивность дыхания и вызываемые им изменения в зерновой массе. Влажность зерна. Температура. Качество зерна. Физиологическое состояние зерна. Брожение.

Генетическая связь между процессами брожения и дыхания. Процессы, протекающие на общем этапе брожения и дыхания. Превращения пировиноградной кислоты при брожении.

Механизм дыхания. Суммарный баланс дыхания. Процессы дегидрогенизации. Окислительное фосфорилирование.

Различия между горением и дыханием.

11. Комбикормовое производство

Состав комбикормов: белки, белковые вещества, жиры, углеводы, микроэлементы, витамины, ферменты.

Комбикормовая продукция и рецепты

Комбикорма-концентраты. Полнорационный комбикорм. Кормовая смесь. Белково-витаминно-минеральные добавки (БВМД). Премикс. Карбамидный концентрат. БВМД на основе карбамидного концентрата.

Рецепты комбикормов и порядок их применения.

Показатели качества комбикормов. Кормовая единица. Массовая доля сырого протеина. Сырой жир. Массовая доля сырой клетчатки. Обменная энергия. Прочие показатели.

Расчет рецептов при помощи ЭВМ.

Компоненты для производства комбикормов

Зерно злаковых культур. Овес. Кукуруза. Ячмень. Рожь. Пшеница. Прoso. Чумиза. Рапс.

Зернобобовые культуры. Горох. Сорго. Чечевица. Соя. Люпин. Вика. Бобы кормовые. Чина.

Мука из растений. Травяная мука. Хвойная мука. Мука из морских водорослей.

Компоненты технической переработки растительных культур. Отруби. Мучки кормовые. Сухие кукурузные корма. Шроты и жмыхи.

Компоненты технической переработки животных продуктов. Мясокостная мука. Мясная мука. Кровяная мука. Костная мука. Кормовой жир. Рыбная мука. Перьевая мука. Регенерированное молоко. Минеральные компоненты комбикормов. Мел. Известняк. Травертиновая мука. Кормовой обесфторенный фосфат. Крупка и мука из раковин моллюсков. Поваренная соль.

Белковые кормовые дрожжи. Гидролизные кормовые дрожжи. Белотин.

Аминокислоты. Компоненты химического синтеза.

Премиксы и БВМД. Новые виды компонентов.

Технологические свойства компонентов комбикормов

Форма и размеры. Поверхность зерен. Объемная масса. Угол естественного откоса. Влажность. Самосортирование. Твердость (прочность). Вязкость.

Технология производства белково-витаминно-минеральных добавок

Общие положения. Характеристика компонентов БВМД (соевый шрот, кукурузный глютен, рыбная мука, биологически активные и минеральные вещества). Основные технологически операции и линии.

Технология производства премиксов

Общие положения. Значение биологически активных компонентов. Биологически активные вещества. Обогатители. Наполнитель. Микроэлементы (медь, железо, кобальт, йод, марганец, цинк, фтор, молибден, селен). Витамины.

Контроль качества готовой продукции

Составление проб продукции для анализа. Контроль качества рассыпных комбикормов. Краткие сведения о технических анализах на комбикормовых заводах. Органолептические показатели рассыпного комбикорма. Зараженность комбикормов вредителями хлебных

запасов. Крупность размола рассыпных комбикормов, содержание не-размолотых семян и плодов культурных и дикорастущих растений. Крошимость гранул. Водостойкость гранул. Разбухаемость гранул.

ЛИТЕРАТУРА

Ниже приводится список литературы, который был использован при разработке данного учебного пособия и рекомендуется для использования магистрами.

1. Бутковский, В.А. Технологии зерноперерабатывающих производств / В.А. Бутковский, А.И. Мерко, Е.М. Мельников. – М.: Интерграф сервис, 1999.
2. Государственные стандарты. Сборник. Зерно. Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1998.
3. Иванов, А.Ф. Кормопроизводство / А.Ф. Иванов, В.Н. Чурзин, В.И. Филин. – М.: Колос, 1996. – 400 с.
4. Казаков, Е.Д. Методы оценки качества зерна / Е.Д. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987.–215 с.
5. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов – 3-е изд. перераб. и доп. / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.
6. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки: учеб. и учеб. пособия для вузов / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Колос, 1980. – 319 с.
7. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие /А.П. Калашников [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.
8. Кожарова, Л.С. Основы комбикормового производства / Л.С. Кожарова. – М.: Пищепромиздат, 2004. – 288 с.
9. Кретович, В.Л. Биохимия зерна / В.Л. Кретович. – М.: Наука, 1981. – 150 с.
10. Маевская, С.Л. Количественно-качественный учет зерна и зернопродуктов. – 2-е изд., доп. / С.Л. Маевская, О.А. Лабутина. – М.: Де-Ли принт, 2003. – 296 с.
11. Мельник, Б.Е. Технология приемки, хранения и переработки зерна / Б.Е. Мельник, В.Б. Лебедев, Г.А. Винников. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.
12. Менькин, В.К. Кормление животных. – 2-е изд., перераб. и доп./ В.К. Менькин. – М.: КолосС, 2003. – 360 с.
13. Нечаев, А.П. Органическая химия: учеб. для пищ. ин-тов / А.П. Нечаев, Т.В. Еременко. – М.: Высш. шк., 1985. – 463 с.
14. Овчинников, Ю.А. Биоорганическая химия / Ю.А. Овчинников. – М.: Просвещение, 1987. – 816 с.

15. Федоренко, И.Я. Технологические процессы и оборудование для приготовления кормов: учеб. пособие / И.Я. Федоренко // Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. – 180 с.
16. Филин, В.М. Оценка качества зерна крупяных культур на малых предприятиях / В.М. Филин, Т.В. Устименко, В.В. Бражников. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 168 с.
17. Филиппович, Ю.Б. Основы биохимии: учеб. для хим. и биол. спец. пед. ун-тов и ин-тов. – 4-е изд., перераб. и доп. / Ю.Б. Филиппович. – М.: Агар, 1999. – 512 с.
18. Фомина, О.Н. Зерно. Контроль качества и безопасности по международным стандартам / О.Н. Фомина, А.М. Левин, А.В. Нарсеев. – М.: Протектор, 2001. – 368 с.
19. Хохрин, С.Н. Кормление сельскохозяйственных животных / С.Н. Хохрин. – М.: КолосС, 2004. – 692 с.

БИОХИМИЯ ЗЕРНА, ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ И КОМБИКОРМОВ

Учебное пособие

*Позднякова Оксана Владимировна
Матюшев Василий Викторович
Аникиенко Татьяна Ивановна*

Редактор В.А. Сорокина

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.
Подписано в печать 31.03.2009 Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Печать – ризограф. Объём 12,5 п.л. Тираж 120 экз. Заказ №2046
Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117