

**Т. Ю. Кучко
С. В. Матросова
Н. А. Сидорова**

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КАЧЕСТВА
РЫБНЫХ КОРМОВ**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт биологии, экологии и агротехнологий

Т. Ю. Кучко, С. В. Магросова, Н. А. Сидорова

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КАЧЕСТВА РЫБНЫХ КОРМОВ**

Учебно-методическое пособие

Петрозаводск
Издательство ПетрГУ
2021

УДК 639.3.08
ББК 47.28-25
К959

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Петрозаводского государственного университета

Рецензенты:

В. В. Вапиров, доктор химических наук, профессор;
И. В. Суховская, кандидат биологических наук, доцент

Кучко, Тамара Юрьевна.

К959 Комплексное исследование качества рыбных кормов : учебно-методическое пособие / Т. Ю. Кучко, С. В. Матросова, Н. А. Сидорова ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозав. гос. ун-т. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2021. – 111, [1] с.
ISBN 978-5-8021-3803-8

В пособии рассмотрены теоретические вопросы, касающиеся характеристики рыбных кормов; перечислены отдельные показатели нормативных требований для определения качества кормов; описаны современные методы комплексного исследования комбикормов. Приводится глоссарий терминов, необходимых для лучшего усвоения учебной информации. Весь предложенный материал структурирован таким образом, чтобы сформировать у будущих специалистов в области рыбоводства представление о полноценности искусственных кормов для рыбы, особенностях методов и способов оценки их качества.

Издание адресовано студентам бакалавриата, магистрантам и аспирантам высших учебных заведений, студентам средних специальных учебных заведений, обучающимся по направлениям «Водные биоресурсы и аквакультура» профиль «Рыбоводство», «Биотехнология» и другим дисциплинам биологического и сельскохозяйственного профилей, а также специалистам в области товарного рыбоводства.

УДК 639.3.08
ББК 47.28-25

© Кучко Т. Ю., Матросова С. В.,
Сидорова Н. А., 2021
© Петрозаводский государственный
университет, 2021

ISBN 978-5-8021-3803-8

Содержание

Введение	4
1. Характеристика кормов, применяемых в рыбоводстве	6
2. Характеристика показателей питательности кормов для рыб	12
3. Сырье для производства рыбных кормов	16
4. Критерии качества рыбных кормов	25
4.1. Нормативные требования к качеству кормов	26
4.2. Органолептические показатели качества кормов	27
4.3. Физико-химические показатели качества корма	28
4.4. Показатели бактериологической безопасности кормов	32
4.5. Влияние качества кормов на заболеваемость рыб	32
5. Методы оценки качества кормов	43
5.1. Отбор проб и подготовка для анализа	43
5.2. Органолептические и физические методы оценки качества кормов	47
5.3. Химические методы оценки качества кормов	56
5.4. Методы контроля с использованием современного оборудования	74
5.5. Бактериологические методы исследования	81
6. Приборы и оборудование для контроля качества кормов	92
Глоссарий	95
Список литературы	101
Приложения	105

Введение

Современное рыбоводство неразрывно связано с обеспечением объектов выращивания полноценными кормами, качество которых во многом определяет стратегию развития отрасли.

Анализ рынка рыбных кормов позволяет констатировать, что в России для аквакультуры доля их производства составляет не более 100 тыс. тонн, в то время как текущие потребности отрасли превышают 250 тыс. тонн в год. Дефицит российских кормов покрывается за счет импорта. Так, например, в Карелии 90 % форелевых кормов (порядка 25 тыс. тонн в год) заводится из-за рубежа; ведущие поставщики: «Райсиоагро» (Финляндия), «Биомар» (Дания), «Скреттинг» (Франция) и «Эвос» (Великобритания). Встречаются на карельском рынке и другие производители кормов для рыб: «Ивека» (Германия), «Вита» (Италия), «Коппенс» (Голландия).

Уровень качества мировых лидеров по производству рыбных комбикормов (Норвегия, Чили, США, Перу и Канада) заслуживает самой высокой оценки. Современные технологии позволяют создавать высокопитательные рационы для рыб всех возрастов с учетом их физиологических потребностей, а также способствуют интеграции различных методов и способов переработки сырья для получения высокоэффективных кормов, что позволяет рыбной отрасли наращивать масштабы производства и повышать уровень качества продукции.

Российский рынок рыбных комбикормов для рыб развит слабо. Однако в последние годы стало возможным производство отечественных рыбных кормов, которые по своему качеству не уступают зарубежным аналогам. Российские производители для производства рыбных кормов начинают эффективно применять технологию экструзии зерна и продуктов его переработки с последующей грануляцией. На рынок вышли такие поставщики, как «Акварекс» (Тверь), «Лимкорм» (Белгород), «Ассортимент Агро» (Сергиев Посад), Гатчинский комбикормовый завод (марка «Masterfish»), которые освоили производство рыбных кормов, соответствующих международным стандартам качества. В 2017 году компания «Ка-

рельские рыбные заводы» запустила производство комбикормов для лососевых видов рыб и уже успела заявить о себе на российском рынке.

Высокие рыбоводно-экономические показатели обеспечиваются за счет использования качественных полнорационных кормов. Потребности рыб в питательных веществах изменяются в зависимости от возраста, массы тела, упитанности, условий содержания и других факторов. В соответствии с этим меняются нормативы кормления рыбы, в производство внедряются новые виды сырья, изменяется компонентный состав кормов, что, в свою очередь, может повлиять на качество конечного продукта (корма). Поэтому сегодня одной из важнейших задач при производстве рыбных кормов является контроль качества выпускаемой продукции и соответственно – сырья, из которого она изготавливается, так как от этого зависит эффективность выращивания рыбы. Следовательно, рыбоводы должны уметь оценить качество корма и контролировать его в течение всего периода использования.

Кормление качественным кормом – залог здоровой рыбы!

1. Характеристика кормов, применяемых в рыбоводстве

Комбикорм – это комбинированный корм, представляющий собой смесь зернового сырья, продуктов с высоким содержанием белка, витаминов и минеральных элементов для кормления животных.

Корма по происхождению подразделяются на животные, растительные и продукты микробного и химического синтеза. Современные рецепты рыбных кормов содержат от 9 до 12 компонентов различной природы, включая витаминно-минеральные премиксы и другие биологически активные вещества. Чем разнообразнее их состав, тем выше эффективность кормов.

С *физиологической позиции* корм должен быть приемлемым по вкусу и запаху, легко перевариваться и обеспечивать все энергетические и пластические потребности организма. Объекты рыбоводства должны быть обеспечены необходимым количеством протеина, жира, углеводов, минеральных веществ и витаминов и получать достаточное количество энергии (табл. 1).

Таблица 1

Категории комбикормов

Оптимальные	Предназначены для хозяйств с оптимальными условиями содержания рыб (температура, проточность, газовый и гидрохимический режим, стабильность абиотических факторов)
Экономичные	Предназначены для хозяйств с неоптимальными (переменными) условиями выращивания рыб

Комбикорма для рыб, в зависимости от назначения (массы и возраста выращиваемых объектов), подразделяются на следующие виды:

– *стартовые* – корма, предназначенные для молоди рыб (личинки, мальки), производятся в виде крупки (0,1–3,2 мм), гранул и экструдата от 2,0 до 3,5 мм;

– *производственные* – корма, предназначенные для выращивания товарной рыбы, вырабатываются в виде гранул и экструдата размером от 2 до 15 мм включительно;

– *корма для производителей* – используются для выращивания ремонтно-маточного стада, обеспечивают повышенные физиологические потребности рыб, вырабатываются в виде гранул и экструдата размером от 2 до 15 мм включительно.

Кроме того, производители выпускают корма с введением лекарственных препаратов, биологически активных добавок и повышенной дозой витаминов для стимуляции иммунной системы рыб, которые можно отнести к лечебно-профилактическим.

С биологической позиции корм должен быть доступным структурно и пространственно, чтобы рыба могла потреблять его без избыточных затрат энергии. Поэтому, в зависимости от условий выращивания, могут применяться такие типы кормов, как:

– *плавающий* – корм с меньшей насыпной плотностью (легкий), что способствует лучшему распределению гранул по поверхности воды, применяется в установках замкнутого водоснабжения и бассейнах, не рекомендуется для использования в садках;

– *полуплавающий* – корм средней насыпной плотности, медленно погружается в толщу воды, может использоваться в садках, но чаще применяется в установках замкнутого водоснабжения;

– *тонущий* – эффективный корм для товарного выращивания рыбы в садках.

В зависимости **от технологии производства** различают следующие виды кормов:

– *тестообразный* – корм замешивается непосредственно в кормоцехе хозяйства, для чего используют различные кормосмесители, для исключения сокращения питательных веществ от экстрагирования и уменьшения размывания его в воде добавляют

связующие вещества – льняной жмых, технический крахмал, мучку и др.;

– *брикетированный* – корм готовят в рыбоводных хозяйствах с помощью брикетного пресса, при этом предусматривается использование кормов местного происхождения, микродобавок, биостимуляторов роста и др., применение этого вида корма позволяет сократить кормовые затраты на 14–19 % по сравнению с тестообразным кормом;

– *гранулированный* – корм получают путем смешивания его компонентов со связующим веществом и изготовления гранул из полученной массы, используя сухое или влажное прессование. Корм влажного прессования изготавливают из увлажненной до 25–30 % смеси, а затем гранулируют с последующим высушиванием гранул. В результате они получаются более прочными, чем при сухом прессовании. Приготовленные гранулы имеют цилиндрическую форму, диаметр их зависит от величины отверстий матрицы гранулятора. Поверхность гранул, как правило, блестящая, цвет и запах соответствуют цвету и запаху сырья, из которого они изготавливаются. Влажность гранулированных комбикормов не должна превышать 14,5 %;

– *экструдированный* – корм изготавливают в виде гранул посредством механической деформации и температурной обработки сырья (130–150 °С) под давлением до 40 атмосфер в течение 4–6 секунд с последующим «взрывом» продукта в результате мгновенного сброса давления и температуры в пресс-экструдоре. Данная технология позволяет регулировать плотность гранул, что в свою очередь отражается на способности корма плавать на поверхности воды или медленно погружаться.

В процессе экструзии происходят структурные преобразования биополимеров – декстринизация крахмала, что делает его более доступным для воздействия ферментов, повышается доступность аминокислот вследствие разрушения в молекулах белка вторичных связей, причем благодаря сравнительно невысокой температуре и кратковременной обработке сами аминокислоты не подвергаются разрушению, что приводит к улучшению переваримости

компонентов. Жир также становится более доступным в результате разрыва клеточных стенок, благодаря чему увеличивается энергетическая ценность продукта.

Экструдирование также обеспечивает сохранность витаминов и других биологически активных веществ. Кроме того, уничтожаются все болезнетворные бактерии, комбикорм становится более пористым и пластичным.

Корма, полученные способом экструзии, сохраняют стабильность и устойчивость при транспортировке, имеют более длительный срок хранения. При использовании таких кормов на 75 % снижается поступление пыли (мучки) в воду, за счет чего уменьшается загрязнение воды (табл. 2).

Таблица 2

**Сравнительная характеристика кормов
в зависимости от технологии производства**

<i>Показатель</i>	<i>Вид корма</i>	
	<i>гранулированный</i>	<i>экструдированный</i>
Крошимость гранул, %	5–10	1
Водостойкость гранул, час	4	24
Усвояемость корма, %	75	90

Гранулы экструдированного корма устойчивы к вымыванию из них биологически активных веществ, благодаря чему рыбы получают витамины и микроэлементы в полном объеме, повышается доступность этих веществ и, как следствие, снижается кормовой коэффициент (улучшается конверсия корма).

Технология экструзии позволяет создавать высокоэнергетические рационы за счет насыщения корма дополнительными компонентами (жир, витамины, минералы и пр.) (табл. 3).

Таблица 3

Содержание питательных веществ и обменной энергии в комбикормах при разных способах производства

Показатель питательности	Значение показателя для кормов	
	гранулированных	экструдированных
Массовая доля сырого протеина, %, не менее	33–45	34–60*
Массовая доля сырого жира, %, не менее	6–9	10–36*
Массовая доля сырой клетчатки, %, не более	2–6	Не более 0,7–6,3*
Массовая доля сырой золы, %, не более	10	Не более 3–7,2*
Обменная энергия корма, МДж/кг	18,9	15,7–22,2*

* Проанализированы табличные значения кормовых рационов продукционных кормов для Р. Мукисс марок «БиоМар», «Райсиоаква», «Карельские рыбные заводы».

В экструдированных комбикормах интервал между минимальными и максимальными значениями показателей питательности гораздо больше, чем в гранулированных, что позволяет создавать широкий ассортимент кормов для разных видов рыб. Благодаря применению технологии экструзии кормов можно более точно регулировать баланс питательных веществ в комбикормах и удовлетворять самые разные потребности гидробионтов. Например, при составлении рационов для форели разного возраста необходимо учитывать оптимальный баланс белков и жиров, поскольку при недостатке жиров в рационе энергетические затраты частично покрываются за счет белков, а при избытке ухудшаются физиологические показатели рыб вследствие жирового перерождения печени, почек, ухудшения гематологических показателей.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение понятия «комбикорм».
2. Как классифицируются комбикорма по назначению?
3. С чем связана высокая степень усвояемости экструдированного корма?
4. Чем определяется способность корма плавать на поверхности воды или тонуть?
5. В чем разница между оптимальными и экономичными комбикормами?

2. Характеристика показателей питательности кормов для рыб

Каждый производитель кормов для рыб разрабатывает индивидуальную рецептуру в соответствии с нормативными требованиями к составу и качеству кормов, учитывая индивидуальные особенности разных видов рыб. Рецептура кормов, их форма, размер, плавучесть и устойчивость гранул по отношению к разрушающему воздействию воды существенно различаются для разных видов рыб и возрастных групп. Наиболее требовательны к качеству комбикормов личинки и мальки рыб, а также хищные рыбы любого возраста.

Главными показателями питательной ценности комбикормов для рыб являются следующие характеристики корма:

- содержание органических веществ: сырой протеин, сырой жир, углеводы;
- содержание неорганических веществ: вода, сырая зола;
- энергетическая питательность;
- кормовой коэффициент.

Все корма состоят из сухого вещества и воды.

Сухое вещество, в свою очередь, состоит из органического вещества и сырой золы, т. е. это часть корма, не содержащая влаги; рассчитывается по формуле

$$СВ = 100 - W, \%$$

где W – влага корма, количество жидкости, удаленной из корма после высушивания.

Органическое вещество (ОВ) – это та часть корма, которая остается после удаления воды и неорганического вещества корма (золы). Такие компоненты, как протеин, жир, клетчатка и неструктурные углеводы (сахар и крахмал), являются частью органического вещества.

$$OB = 100 - (W + C3), \%$$

Сырой протеин (СП) представляет собой сочетание всех азотсодержащих соединений корма, как органического (цепи аминокислот), так и неорганического происхождения (амидов). Часть азотсодержащих веществ корма (сырого протеина), которая всасывается из пищеварительного тракта в кровь и лимфу, представляет собой переваримый протеин (ПП)

Сырой жир (СЖ) – это показатель, характеризующий липидную часть корма, комплекс всех жиров и жироподобных веществ, которые выделяются с помощью органических растворителей (соединения трехатомного спирта глицерина с жирными кислотами).

Жиры – важная составляющая часть корма, наилучший источник энергии и богатый источник полиненасыщенных жирных кислот. Жир, поступающий с кормом, влияет на свойства жира, который образуется в организме животных. В кормовые рационы дополнительно вводят специальные жировые продукты как животного, так и растительного происхождения.

Сырая клетчатка (СК) – это показатель, характеризующий количество структурных углеводов в составе кормов (целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина); занимает особое место среди питательных веществ, определяя степень переваривания корма.

Неструктурные углеводы – это вещества корма (крахмал, сахар и др.), которые входят в состав **безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ)** и являются расчетным показателем:

$$БЭВ = OB - СК - СЖ - СП, \%$$

Сырая зола (СЗ) – неорганическое вещество корма, остаток после озоления в муфельной печи, включает в себя неорганическую часть корма, минералы (макро- и микроэлементы) и их соли.

Энергетическая питательность – свойство корма удовлетворять природные потребности живого организма в энергии.

Для расчета энергетической питательности корма анализируют энергию, которую рыба может получить из компонентов конкрет-

ного вида корма. При интерпретации полученных данных учитывают:

- валовую энергию (это вся энергия, поступающая в организм с кормом);
- переваримую энергию (это часть валовой энергии корма за вычетом потерь энергии с калом);
- обменную энергию (представляет собой часть валовой энергии корма, которая становится доступной для использования организмом в процессах обмена веществ);
- чистую энергию (энергия, которая затрачивается на образование мышечной массы рыбы и на поддержание ее жизнедеятельности);
- энергию генеративного обмена (энергия, затрачиваемая на развитие половых продуктов);
- энергию пластического обмена (энергия, затрачиваемая на рост, развитие и отложение жира).

Выражают энергию корма в МДж или ккал:

$$1 \text{ МДж} = 1000 \text{ кДж};$$

$$1 \text{ ккал} = 4,1868 \text{ кДж}.$$

Энергия, содержащаяся в белках, жирах и углеводах, составляет: 5,65; 9,3 и 4,2 ккал/г соответственно. Содержание основных питательных веществ в рационе (X) рассчитывается по формуле

$$X = \frac{C \times k}{100},$$

где C – количество компонента в 100 г корма;

k – количество энергии при окислении 1 г вещества (Б, Ж, У) в компоненте корма.

Кормовой коэффициент – количество естественного или искусственного корма (съеденного рыбой), затраченного на формирование 1 кг прироста массы тела рыбы.

При выборе кормов для объекта выращивания рыбоводы главным образом ориентируются на этот показатель. Производители кормов, в свою очередь, стремятся улучшить кормовой коэффициент. Чем меньше корма будет затрачено на единицу прироста

массы тела рыбы, тем лучше, т. е. тем ниже будет кормовой коэффициент.

Для расчета кормового коэффициента (КК) используют формулу

$$\text{КК} = \frac{\text{К}}{\text{П}},$$

где К – количество съеденного корма, г;

П – прирост массы тела за данный промежуток времени, г.

Показатели питательности кормов представлены в Приложении 2.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение энергетической питательности корма.
2. Назовите состав органического вещества корма.
3. Раскройте понятие «сухое вещество корма».
4. Назовите, чем представлены в комбикормах структурные и неструктурные углеводы.
5. Назовите состав неорганического вещества корма.

3. Сырье для производства рыбных кормов

Для нормального роста и развития рыб необходимо определенное количество и соотношение питательных веществ в кормах. Тип корма определяется различной рецептурой, варьированием компонентного состава, содержанием питательных веществ и обменной энергии. Корм должен максимально удовлетворять потребности рыб, содержать все компоненты, необходимые для нормального роста и развития.

В производстве комбикормов для рыб используют сырье животного, растительного, минерального происхождения, продукцию микробиологического и химического синтеза в соответствии с рецептами изготовителя и рекомендуемыми нормами ввода.

Сырье всех видов, поступающее на комбикормовые заводы, должно соответствовать показателям качества, предусмотренным действующими нормативными документами (государственные стандарты, технические регламенты и др.).

Компоненты животного происхождения являются источником полноценного белка и витаминов, содержат комплекс незаменимых аминокислот, богаты минеральными веществами и иными жизненно необходимыми элементами питания, которые практически невозможно заменить другим видом сырья. К ним относятся: рыбная мука, крилевая мука, мясокостная мука, мясная мука, кровяная мука (альбумин), мука из шквары (остаток после вытапливания жиров), костная мука, перьевая мука, крабовая кормовая мука, куколка тутового шелкопряда, сухой обрат, сухое обезжиренное молоко и некоторые другие виды сырья.

Рыбная мука – кормовой продукт, вырабатываемый сушкой и размолом отходов переработки рыбы, морских млекопитающих, ракообразных, а также из отходов, полученных при разделке и переработке морских продуктов. Имеет вид сыпучего порошка от светло-желтого, коричневого до темно-коричневого цвета. Сырьем

служит цельная рыба, непригодная для переработки, и отходы, образующиеся в результате извлечения жира из некоторых рыб. Является основным компонентом корма при производстве экструдированных комбикормов для лососевых видов рыб.

Крилевая мука – сыпучий порошок от светло-розового до красно-оранжевого цвета, производимый из антарктического криля (мелкие морские планктонные рачки). Является исключительным аттрактантом, поскольку имеет яркий цвет и специфический резкий запах, который ощущается издалека и нравится рыбе. Хороший источник каротиноидов и других биологически активных веществ. В отличие от рыбной муки, придает мясу выращиваемых рыб специфическую розовую окраску. Применяется для кормления рыб в товарном форелеводстве.

Мясокостная мука – белково-минеральный корм для животных с высоким содержанием кальция. Вырабатывается из отходов, получаемых при забое животных на мясокомбинатах.

Кровяная мука – вырабатывается из крови, фибрина и шлеяма. В рыбные корма вводят муку первого сорта. В ней содержится не менее 70 % протеина и не более 5 % жира. Питательная ценность кровяной муки невелика, она плохо переваривается, но оказывает общее положительное воздействие и усиливает пищевую реакцию рыб.

Рыбий жир – животный жир, содержащийся в рыбе и добываемый из крупных представителей ихтиофауны холодных морских вод (треска, скумбрия, сельдь и др.). Обладает высокой степенью неопределенности, содержит много витаминов А и D, а также фосфолипидов. Используется преимущественно в составе стартовых кормов для личинок и мальков рыб. Допускается использование рыбьего жира трех сортов (технический (бурого цвета), ветеринарный (желтого цвета), медицинский (белого цвета)).

Сухой обрат (сухое молоко) – продукт переработки молока после отделения сливок или творога, «молочная сыворотка», высушенный на распылительных сушилках. Имеет высокое содержание сырого протеина (27–40 %). Основу протеина составляет полноценный фосфорсодержащий белок – казеин. Добавление

сухого обрат в рыбные корма усиливает антиоксидантный эффект благодаря способности казеина связывать некоторые яды. Чаще используют для кормления молоди рыб в стартовых кормах для различных объектов аквакультуры, в частности осетровых рыб.

Компоненты растительного происхождения в зависимости от состава основных питательных веществ разделяются на три группы:

1. Богатые крахмалом.

Это в основном семена злаковых (пшеница, рожь, кукуруза, овес и др.), в которых содержится до 75 % углеводов, главным образом крахмала, от 8 до 20 % белка, от 2 до 6 % жира и небольшое количество минеральных веществ.

Широко используются в кормопроизводстве следующие продукты переработки некоторых злаковых культур:

– *глютен кукурузный* – белок кукурузного зерна, отделенный от остальных частей зерна (клетчатки, крахмала и жира), представляет собой чистый белок и обладает прекрасными питательными свойствами, по калорийности стоит на втором месте после животных и растительных жиров;

– *глютен пшеничный* – водонерастворимый белок растительного происхождения, представляет собой сухую пшеничную клейковину, применяется в кормах в качестве дополнительного источника белка и связующего компонента кормосмеси, способствует лучшему формированию гранул;

– *мука пшеничная* – используется в кормах в качестве связующего компонента, является источником углеводов, метионина и других аминокислот;

– *мука зародышей пшеницы «Витазар»* – продукт растительного происхождения, квалифицирующийся как БАД, является источником моновитаминов и витаминopodobных веществ.

Получают «Витазар» способом холодного прессования отделенных от зерна зародышей пшеницы. Такая технология обработки позволяет сохранить все ценные вещества, содержащиеся в зародыше зерна. Эта мука содержит ряд легкоусвояемых биоло-

гически активных веществ, что и определяет ее диетическую ценность. Зародыши пшеницы богаты витаминами В1, В2, В6, Е, D, РР, Н, содержат фолиевую и пантотеновую кислоты, бета-каротин. Кроме того, в состав «Витазара» входит 21 минерал: кальций, марганец, железо, цинк, селен, фосфор и др.

2. Богатые белком.

Это продукты переработки бобовых культур (гороха, фасоли, сои, люпина, чечевицы, вики, нута, чины и др.). Содержание белка в 2–3 раза выше, чем в злаковых. Легкая растворимость белков бобовых культур способствует высокой степени усвоения их аминокислот рыбами, однако наличие ингибиторов пищеварительных ферментов ограничивает их применение при изготовлении кормов для ценных видов рыб.

Жмыхи – отходы маслобойной промышленности, получаемые в результате прессования семян масличных растений (лен, подсолнечник, соя, кунжут и др.), содержащие большое количество протеина (некоторые виды до 40–50 %), минеральных веществ (6–7 %), богатые витаминами группы В, но бедные каротином. Жмыхи используют в качестве корма для сельскохозяйственных животных и растительноядных рыб. Перед скармливанием жмыхи измельчают дробилками.

Шроты – отходы маслобойной промышленности, представляют собой рассыпчатую массу из отжатых семян масличных растений, обезжиренную растворителями. Виды шротов: соевый, подсолнечный, рапсовый, льняной, конопляный, хлопковый и др. Широко применяются для кормления сеголетков карпа в выростных прудах и годовиков карпа в нагульных прудах. Лучшим шротом для кормления карпа считается хлопковый. В рационах для форели допускается использование соевого шрота. К отрицательным качествам шрота относится то, что заводы выпускают его россыпью, что приводит к потерям при транспортировке.

3. Богатые микроэлементами.

Водорослевая мука – вырабатывается из морских водорослей (филофоры, анфельдии, ламинарии, фукуса и др.). Содержит мно-

го дефинитных микроэлементов и витаминов, обладает хорошим связующим эффектом. В состав рыбных комбикормов вводят в количестве 1–3 %.

Травяная мука – высококачественная витаминная подкормка, получаемая путем высушивания и измельчения и последующей грануляции растительных культур (бобовая, клеверная, люцерновая и др.).

Жиры растительные – являются необходимой составной частью комбикормов, источниками энергии и моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Нерафинированные масла более устойчивы к окислению и богаты биологически активными веществами.

Наиболее широко используют подсолнечное масло, меньше – соевое, кукурузное, льняное и др.

Продукция микробиологической промышленности – биомасса различных дрожжей и других микроорганизмов, используется при производстве кормов для рыб в качестве источника полноценных по аминокислотному составу белков, доступных для усвоения углеводов, витаминов, а также ферментов и других биологически активных веществ. В качестве продуцентов питательных веществ используют микроорганизмы различных таксономических групп: дрожжи, бактерии, микроскопические грибы, актиномицеты, одноклеточные водоросли. Благодаря высокому содержанию белка (70–80 % биомассы микроорганизмов) и витаминов некоторые виды кормовых дрожжей получили название белково-витаминных концентратов (БВК).

Гидролизные дрожжи – представляют продукт биосинтеза непищевого сырья (древесина, растительная клетчатка и др.), который получают на предприятиях гидролизно-дрожжевого производства – гидролизных и сульфитно-спиртовых заводах. При накоплении биомассы дрожжей используют послеспиртовую барду, а затем полученную массу высушивают на специальных сушильных аппаратах. Гидролизные дрожжи, выращенные на барде гидролизных заводов, имеют коричневый цвет, а выращенные на барде сульфитно-спиртовых заводов – бледно-серый.

В зависимости от способа сушки гидролизные дрожжи могут быть либо в виде тонкодисперсного порошка, либо в виде чешуек. Гидролизные дрожжи содержат большой набор аминокислот и витаминов, включая эргостерин, который при облучении ультрафиолетовыми лучами превращается в витамин D2.

Кормовые дрожжи – продукт микробиологического синтеза на основе вторичных продуктов переработки зерна, хороший источник незаменимых аминокислот. По биологической ценности протеин дрожжей незначительно уступает протеину животного происхождения. Благодаря содержанию ферментов и гормонов использование дрожжей в рецепте способствует лучшему усвоению питательных веществ корма. Дрожжи богаты витаминами группы В (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, пантотеновая кислота), содержат витамин Е, Н, никотиновую кислоту.

Производство химического синтеза

Антиоксиданты (также антиокислители, консерванты) – это вещества, подавляющие окисление органических веществ корма молекулярным кислородом. Антиоксиданты вводятся в рыбные корма для предотвращения накопления в них продуктов окислительной деструкции липидов. При производстве комбикормов в качестве антиоксидантов применяют как естественные, так и синтетические антиокислители. К естественным антиоксидантам относят токоферол, аскорбиновую кислоту, лецитин. Из синтетических антиоксидантов известны сантохин (этоксихин, сантоквин), бутилокситолуол (ионол), бутилксианизол (бутилгидроксианизол), додецилгаллат, пропилгаллат, дилудип, акфелан. Перечисленные вещества добавляются в количестве до 0,02 % от общего состава ингредиентов корма.

Важными химическими компонентами рыбных кормов являются аминокислоты, которые входят в состав премиксов (лизин и метионин являются лимитирующими для рыб), а также триптофан, треонин, цистин, валин и др.

Премиксы – смесь биологически активных веществ, дозируемых в микроколичествах (витамины, микроэлементы, аминокислоты,

ферменты (энзимы), вкусо-ароматические добавки, химико-терапевтические препараты и др.), и наполнителя. Введение премиксов необходимо для обогащения искусственных кормов недостающими элементами и доведения их состава до необходимого уровня для конкретного вида рыб.

Минеральные вещества, необходимые рыбе для нормального роста и развития

Макроэлементы – такие как:

- 1) кальций – входит в состав костной ткани и участвует в осморегуляции;
- 2) калий и натрий – осморегулирующие ионы;
- 3) фосфор – входит в молекулы нуклеотидов и фосфолипидов и участвует в обмене ферментов;
- 4) магний – активизирует деятельность ферментов поджелудочной железы;
- 5) сера – важнейший элемент для процессов роста организма, входит в состав аминокислот (метионин и цистеин), которые участвуют в построении белковых молекул и выполняют множество функций, необходимых для поддержания метаболизма и сохранения здоровья рыб.

Микроэлементы – воздействуют на кроветворение и деятельность многих ферментов, являясь их составными частями. Играют важную роль в обменных функциях организма, так как являются составными компонентами ферментов, витаминов, гормонов. Потребность в них зависит от возраста и условий выращивания. К основным микроэлементам в составе комбикормов относят железо, медь, цинк, марганец, кобальт, йод.

Витамины – особая группа веществ, осуществляющих в организме функции катализаторов разнообразных биохимических реакций.

Аминокислоты – органические соединения, являющиеся составной частью сырого протеина (белка). Наиболее важен баланс незаменимых аминокислот (лизин, метионин, цистеин, треонин, изолейцин и др.) в корме, так как дефицит хотя бы одной из них

приводит к повышенному потреблению белка рыбами и ограничивает эффект корма в целом. Идеальным считается то соотношение и количество аминокислот, которое удовлетворяет потребности организма и обеспечивает его оптимальный рост при минимальном уровне потребляемого белка.

Биологические комплексы и добавки:

1) *β -глюканы* являются полисахаридами β -D-глюкозы и синтезируются в основном дрожжами и микроскопическими грибами (в виде хитин-глюканового комплекса), где накапливаются в составе клеточных стенок. Их основная функция связана с активацией клеточного звена иммунитета через рецепторы на поверхности иммунокомпетентных клеток;

2) *пробиотики и пребиотики* стимулируют работу ЖКТ рыб при дисбактериозах, стрессах, вызванных сменой кормов или изменениями среды обитания, подавлением развития патогенных и условно-патогенных возбудителей инфекций;

3) *вкусовые и ароматические добавки* (ВАД) – выполняют привлекающую (аттрактивную) функцию и обеспечивают недостающие вкусовые элементы, способствуют увеличению потребления корма. Хотя у рыб не всегда четко разделено обонятельное и вкусовое восприятие, тем не менее для большинства рыб привлекающими свойствами обладают протеины рыбной, крабовой, крилевой а также мясокостной муки. Эфирные масла некоторых растений (ароматы аниса, корицы, фенхеля и др.) также являются привлекательными для растительоядных и других видов рыб.

Полноценный состав комбикормов способствует улучшению физиологического состояния рыбы, повышению темпа роста, выживаемости и резистентности к заболеваниям, нормализации деятельности нервной, кровеносной и пищеварительной систем, предотвращает расстройства воспроизводительной функции.

Высококачественные кормовые смеси включают в себя 9–12 компонентов различного сырья, а также все необходимые витамины и минеральные вещества, должны быть безопасными в соответствии с требованиями нормативной документации.

Вопросы для самоконтроля:

1. Раскройте состав и питательность кормов животного происхождения. В чем заключается их ценность для рыб?
2. Назовите наиболее ценный компонент животного происхождения в кормах для рыб. В чем заключается его ценность?
3. Дайте характеристику минеральным подкормкам, применяемым в рыбоводстве.
4. Дайте определение премикса. Назовите состав и назначение премиксов.
5. Какие виды жиров используют в производстве комбикормов для рыб?
6. Перечислите корма растительного происхождения, богатые белком, богатые углеводами.
7. Что входит в состав минеральной подкормки для рыб?
8. Какие аттрактивные вещества применяют в рыбных кормах?

4. Критерии качества рыбных кормов

Качество комбикормовой продукции – это совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Все исследования качества рыбных кормов согласовываются с «Ветеринарно-санитарными нормами и требованиями к качеству кормов для непродуктивных животных», утвержденными Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 15.07.97 № 13-7-2/1010. Доброкачественные комбикорма изготавливаются из высококачественного сырья, соответствующего санитарно-гигиеническим и зоотехническим требованиям.

Качество и безопасность рыбных кормов, представляющих собой многокомпонентную смесь продуктов растительного, животного и минерального происхождения, в основном определяется качеством исходного сырья. Из недоброкачественного сырья выработать корм хорошего качества практически невозможно, поэтому необходима система контроля качества продукции на всех этапах производства комбикормов до момента скармливания его рыбам.

Различают показатели качества, характеризующие содержание в продукции питательных веществ (гарантируемые), технологические показатели и показатели безопасности.

Гарантируемые показатели качества комбикормовой продукции – это показатели, характеризующие минимальное и (или) максимальное количество питательных веществ комбикормовой продукции, определяемые аналитическими методами и гарантируемые изготовителем, при которых она будет соответствовать своему предназначению. К таковым относят содержание в готовой продукции сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, сырой золы, а также золы, нерастворимой в соляной кислоте. Кроме того, может определяться содержание поваренной соли, кальция и фосфора.

Технологические показатели качества комбикормовой продукции – это показатели, характеризующие соблюдение тех-

нологии комбикормового производства. К ним относят влажность, крупность рассыпной комбикормовой продукции, наличие целых зерен, размеры гранул и крупки, крошимость гранул, водостойкость и разбухаемость гранул, содержание металломагнитной и иных примесей.

Показатели безопасности комбикормовой продукции – это показатели, характеризующие безопасность комбикормовой продукции для животных и окружающей среды, а также для получения продуктов животноводства, безопасных для человека. К ним относят зараженность вредителями хлебных запасов (насекомыми), токсичность, общую бактериальную обсемененность, наличие патогенной микрофлоры, содержание токсичных элементов (микотоксинов, пестицидов, ртути, мышьяка и др.).

4.1. Нормативные требования к качеству кормов

Современные корма для рыб должны обеспечивать высокую скорость роста, высокую выживаемость, низкий кормовой коэффициент, низкий уровень загрязнения окружающей среды, устойчивость рыбы к заболеваниям и высокое качество конечной продукции.

По показателям безопасности комбикорма для рыб не должны превышать нормы, установленные нормативными правовыми документами, действующими на территории государства, принявшего стандарт. Нормативы показателей безопасности кормов и кормовых добавок изложены в Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» (ТР 201_00_/ТС) (Приложение 1).

Показатели кормовой ценности и показатели безопасности комбикормов для рыб проверяют с периодичностью, установленной планом производственного контроля, разработанным изготовителем, а также по требованию контролирующей организации или приобретателя, в соответствии с ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб. Общие технические условия: межгосударственный стандарт».

4.2. Органолептические показатели качества кормов

К органолептическим показателям относятся внешний вид, цвет и запах корма. Они должны характеризовать специфичность корма, удовлетворять особенностям питания выращиваемого вида рыб. Корм не должен иметь посторонних (не свойственных данному корму) запахов, включений и других видимых дефектов.

Органолептическая оценка качества рыбных кормов проводится в соответствии с методическими указаниями ГОСТ 13496.13-75 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов».

Качественный рыбный корм должен соответствовать показателям, обозначенным в табл. 4.

Таблица 4

Органолептические показатели качества рыбного корма

Наименование характеристики	Содержание характеристики комбикормов для рыб в виде		
	гранул	крупки	экструдата
Внешний вид	Гранулы цилиндрической формы с глянцевой или матовой поверхностью без трещин	Плотные неслипшиеся многогранные частицы измельченных гранул без посторонних примесей и следов плесени	Слегка деформированные цилиндры со структурой разной степени пористости
Цвет	От серого до коричневого в соответствии с цветом входящих в рецепт комбикорма компонентов или темнее		
Запах	Свойственный набору входящих в рецепт комбикорма компонентов, без затхлого, плесенного и других посторонних запахов*		

* При добавлении ароматизаторов запах комбикорма для рыб должен соответствовать запаху используемого ароматизатора.

Являясь высокопитательным продуктом, комбикорма могут служить субстратом для развития различных микробов и бактерий в процессе хранения, поэтому при несоблюдении условий и сроков хранения они могут содержать бактериальные и грибные токсины, токсины жизнедеятельности амбарных вредителей, продукты окисления жиров и многое другое. Присутствие гнилостного или затхлого запаха свидетельствует о неблагоприятном качестве корма.

4.3. Физико-химические показатели качества корма

Состав и количество компонентов в рецепте рыбных кормов может изменяться, но питательная ценность каждого рецепта должна сохраняться в пределах нормы для каждой возрастной группы рыб.

Питательность кормов определяется содержанием в них питательных веществ (белков, жиров, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов и др.) и должна полностью обеспечивать физиологические потребности организма рыб (для полнорационных кормов).

Показатели питательной ценности корма позволяют идентифицировать полнорационный корм. С этой целью оценивают физико-химические показатели кормов. Оцениваются они в аналитической лаборатории по общеустановленным методикам и сравниваются с нормативными значениями (табл. 5, 6).

Показатели безопасности кормов по содержанию вредных и отравляющих веществ (тяжелые металлы, токсины) оцениваются контролирующими органами (лабораториями) при выпуске готовой продукции.

Таблица 5

Показатели качества комбикормов для лососевых и осетровых видов рыб

Показатель	Значение показателя для комбикормов					
	оптимальных			экономичных		
	стартовых	производственных	для ремонтно-маточного стада	стартовых	производственных	для ремонтно-маточного стада
Массовая доля влаги, %, не более: – в виде крупки и гранул – в виде экструдата			13,5 12,0			
Массовая доля сырого протеина, %, не менее	50,0	42,0	50,0	45,0	38,0	50,0
Массовая доля сырого жира, %, не менее	11,0	12,0	10,0	8,0		10,0
Массовая доля сырой клетчатки, %, не более	1,5	3,0	2,0	2,5	5,0	2,0
Массовая доля сырой золы, %, не более	11,0	10,0	12,0			
Массовая доля фосфора, %, не менее	0,8					

Массовая доля лизина, %, не менее	3,0	2,1	2,4	2,3	1,8	2,4
Массовая доля метионина и цистина (в сумме), %, не менее	1,6	1,2	1,3	1,2	0,9	1,3
Крошимость, %, не более: – гранул – экструдата	3,0 2,0			5,0		
Водостойкость гранул, мин.	Не менее 30,0				3,0	

Таблица 6

Показатели качества комбикормов для карпов

Показатель	Значение показателя для комбикормов					
	оптимальных			экономичных		
	старто- вых	производственных		старто- вых	производственных	
		для рыб массой до 50 г	для рыб массой свыше 50 г		для рыб массой до 50 г	для рыб массой свыше 50 г
Массовая доля влаги, %, не более:						
– в виде крупки и гранул	13,5					

Окончание табл. 6

– в виде экструдата	12,0					
Массовая доля сырого протеина, %, не менее	45,0	35,0	30,0	–	30,0	26,0
Массовая доля сырого жира, %, не менее	8,0	7,0	5,0	–	5,0	3,5
Массовая доля сырой клетчатки, %, не более	2,0	4,5	6,0	–	6,0	8,0
Массовая доля сырой золы, %, не более	10,0					
Массовая доля фосфора, %, не менее	1,2					
Массовая доля лизина, %, не менее	2,4	1,7	1,5	2,2	1,5	1,2
Массовая доля метионина и цистина (в сумме), %, не менее	1,1	0,8	0,6	–	0,7	0,5
Крошимость, %, не более:						
– гранул	5,0					
– экструдата	3,0					
Водостойкость гранул, мин., не менее	20,0					

4.4. Показатели бактериологической безопасности кормов

К показателям бактериологической безопасности рыбных кормов относятся микробиологические показатели: общая бактериальная обсемененность, наличие условно-патогенной и патогенной микрофлоры. Сильное влияние на качество и безопасность кормов оказывают продукты метаболизма микроорганизмов в виде токсинов бактериального и микоидного происхождения, способных вызвать негативные последствия после их воздействия на организм рыб.

При исследовании бактериальной обсемененности корма оценивают ряд показателей:

- 1) общее микробное число;
- 2) присутствие сальмонелл: *S. typhi*, *S. Paratyphi*, *A. choleraesuis* и *S. choleraesuis*;
- 3) присутствие энтеропатогенных типов *Escherichia coli*;
- 4) присутствие анаэробных форм бактерий: *Clostridium perfringens* и *Clostridium botulinum*.

Одним из критериев качественных комбикормов считается отсутствие биологического загрязнения корма посторонней микрофлорой, включающей разные группы микроорганизмов. Многочисленными исследованиями подтверждено наличие в кормах для рыбы представителей рода *Bacillus*, *Escherichia*, *Proteus*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Saccharomyces*, плесневых грибов и других условно-патогенных и патогенных видов.

4.5. Влияние качества кормов на заболеваемость рыб

Использование некачественных рыбных кормов очень часто приводит к снижению иммунитета и развитию заболеваний у рыб (табл. 7), для предотвращения которых проводятся многоплановые комплексные исследования качества сырья, используемого для изготовления рыбных кормов и готовой продукции в виде гранул. При этом необходимо учитывать как можно больше характеристик, обеспечивающих использование рыбоводами заведомо ценного и безопасного для здоровья рыб комбикорма.

**Распространение бактериальных и алиментарных заболеваний у рыб
(связанных с неполноценным или некачественным кормом)**

Бактериальные заболевания (БЗ)		
Аэромоноз Фурункулез	Представители семейства <i>Vibrionaceae</i> , род <i>Aeromonas</i> , вид <i>Aeromonas salmonicida</i>	Действие эндотоксина гликопротеидной природы вызывает интоксикацию организма, проявляющуюся лейколитическим, миолитическим действием, угнетением гемопоэза и фагоцитоза, геморрагическим диатезом и дегенеративно-некробиотическими изменениями в паренхиматозных органах
Псевдомоноз	Представители семейства <i>Vibrionaceae</i> , род <i>Pseudomonas</i>	Распространяются по органам и тканям гематогенным путем, приводят к бактериемии и оказывают токсигенное действие на сосудистую стенку, нарушая ее проницаемость и вызывая эритродиapedез, выпотевание плазмы крови и образование воспалительного отека в разных органах
Бактериальное поражение кожи	Патогенные и условно-патогенные представители рода <i>Aeromonas</i> и <i>Pseudomonas</i>	Вызывают поражение плавников, ерошение чешуи, асцит, появление язв на коже

<i>Алиментарные заболевания (АЗ)</i>	
<i>1. АЗ, связанные с использованием несбалансированных комбикормов по жировому, белковому, углеводному, минеральному, витаминному составу</i>	
Нарушение белкового (протеинового) соотношения с жировым и углеводным в кормовых рационах	Угнетение роста
Высокое содержание протеина при низком уровне непротеиновой энергии	Интоксикация
Дефицит аминокислот (метионина, триптофана, треонина)	Потеря аппетита и замедление роста
Отсутствие лизина и валина	Высокая смертность
Триптофановая недостаточность	Лордоз, сколиоз, атрофия лимфоидной ткани
Нарушения в соотношениях изолейцина и лейцина	Токсикоз печени и появление очагов некроза
Избыток гистидина	Аномалии в желудке (утолщение стенок, их изъязвление и некроз), угнетение роста
Недостаток незаменимых жирных кислот	Гидремия мышц, нарушение проницаемости мембран, жировая дегенерация печени, понижение содержания гемоглобина и эритроцитов
Избыток незаменимых аминокислот и нарушение в их соотношении	Жировое перерождение печени
Избыток углеводов	Ожирение, анемия, поражение и липоидная дегенерация печени

Избыток жиров и низкое содержание витаминов	Липоидная (цериодная) дистрофия печени – интенсивное отложение цитоплазматического жира и превращение его в цероид – продукт самоокисления жирных кислот, вызывающий дистрофию и некробиоз печеночных клеток; патологию сопровождают: – анемия жабр, они становятся серо-белого цвета; воспаление слизистой кишечника; – обильные жировые отложения на внутренних органах, в т. ч. и на сердце; – печень увеличена в размере, пятнистого или желтовато-песочного цвета вместо обычного красновато-коричневого; – стенка кишечника дряблая, истонченная; отмечают катаральный энтерит; – некробиоз клеток и деструкция паренхимы; печень становится бугристой за счет фокального некроза и склероза паренхимы; – гибель рыб происходит постепенно и продолжается длительное время
А-гиповитаминоз	Кровоизлияния в ткани глаза, потускнение окраски тела
С-гиповитаминоз	На коже, у хвостового, брюшных и грудных плавников образуются опухоли, которые со временем рассасываются; смещение к нитевидному расщеплению хряща жаберных лепестков
В1-гиповитаминоз	Нарушение равновесия тела, темнеет окраска, наблюдается водянка, паралич спинных и грудных плавников; рыбы отказываются от пищи и погибают в конвульсиях
В2-гиповитаминоз	Кровоизлияния в области ноздрей и на жаберных крышках, светобоязнь, потемнение кожных покровов, полная остановка роста

В6-гиповитаминоз	Нервные расстройства, водянка, конвульсии, выгибание жаберных крышек
Е-гиповитаминоз	Прекращение роста, развития гонад, развитие А-гиповитаминоза
Д-гиповитаминоз	Недоразвитие жаберных крышек, искривление позвоночника
А-гипервитаминоз	Воспаление глаз, нервные расстройства, эрозия и отмирание хвостового плавника, а также С-гиповитаминоз
Е-гипервитаминоз	Снижение аппетита, замедление темпа роста, повышение смертности с явлениями поражения печени
<i>2. АЗ, связанные с потреблением некачественных кормов</i>	
Испорченная или залежалая рыбная и мясокостная мука	Липоидная (цериодная) дистрофия печени. Нарушение обмена веществ

Практические задания

ЗАДАНИЕ 1. Заполните таблицу, используя Приложение 2. Сравните показатели питательной ценности отходов мукомольного производства. Сделайте соответствующие выводы. С какой целью могут использоваться отруби в кормах для рыб?

Показатель	Вид отходов	
	отруби пшеничные	отруби ржаные
	Содержание в 100 г:	
Сырой протеин, %		
Сырая клетчатка, %		
Сырой жир, %		
Сырая зола, %		
Вода, %		
БЭВ, %		
Лизин, г	5,7	7,3
Метионин + цистин, г	4,1	5,5
Калий, г	1,26	1,21
Кальций, г	0,15	0,23
Фосфор, г	0,95	0,31
Железо, г	0,014	0,010
Магний, г	0,45	0,45
Витамин Е, г	0,0104	0,0015
Витамины группы В, г	0,096	0,017

ЗАДАНИЕ 2. Заполните таблицу, используя Приложение 2. Сравните энергетическую, протеиновую, минеральную и витаминную питательность жмыхов и шротов.

Показатель	Жмых		Шрот	
	соевый	подсолнечный	соевый	подсолнечный
Содержание				
Обменная энергия, МДж				
Сырой протеин, %				
Сырая клетчатка, %				
Сырой жир, %				
Кальций, г	4,3	5,9	2,7	3,6
Фосфор, г	6,9	12,9	6,6	12,2
Витамин В1, мг	6	6,3	5,4	7
Витамин В2, мг	3	3,1	3,8	3
Витамин В3, мг	14	14,9	14,5	13
Витамин В4, мг	2700	2300	2500	2200
Витамин В5, мг	25	220	40	159,5
Лизин, %	6,3	2,4	2,71	1,2
Метионин, %	1,3	1,3	0,59	0,83
Триптофан, %	1,4	1,2	0,59	0,43

ЗАДАНИЕ 3. Заполните таблицу, используя приложения 2 и 3. Оцените аминокислотный состав и протеиновую питательность компонентов корма растительного происхождения. Выделите наиболее ценное сырье по аминокислотному составу, учитывая долю данного компонента в корме.

<i>Содержится в 1 кг</i>	<i>Глютен кукурузный</i>	<i>Глютен пшеничный</i>	<i>Соевая мука</i>	<i>Пшеничная мука</i>	<i>Водорослевая мука</i>	<i>Мука зародышей пшеницы</i>
Обменная энергия, МДж						
Сырой протеин, г						
Сырой жир, г						
Кальций, г						
Фосфор, г						
<i>Витамины, мг:</i>						
В2 (рибофлавин)						
В3 (пантотеновая кислота)						
В5 (никотиновая кислота)						
<i>Аминокислоты, г:</i>						
Лизин						
Метионин + цистин						
Триптофан						

ЗАДАНИЕ 4. Заполните таблицу, используя приложения 2 и 3. Дайте заключение о питательной ценности кормов животного происхождения, сравните с питательной ценностью зерновых кормов, жмыхов и шротов. Напишите, в рационах каких видов рыб прежде всего используются корма животного происхождения.

<i>Содержится в 1 кг</i>	<i>Рыбная мука</i>	<i>Мясокостная мука</i>	<i>Кровяная мука</i>	<i>Крилевая мука</i>	<i>Обрат сушеный</i>	<i>Сыворотка свежая</i>
ЭКЕ						
Обменная энергия, МДж						
Сухое вещество, г						
Переваримый протеин, г						
Сахар, г						
Кальций, г						
Фосфор, г						
Витамины: В2 (рибофлавин), мг В3 (пантотеновая кислота), мг В5 (никотиновая кислота), мг В12 (цианокобаламин), мкг						
Аминокислоты, г: Лизин Метионин Цистин Триптофан						

Лабораторная работа

Цель работы: научиться составлять рационы в зависимости от потребностей рыб.

Для выполнения задания использовать приложения 2 и 3.

1. Выбрать один из предложенных преподавателем рецептов комбикормов для рыб.
2. Рассчитать содержание основных питательных веществ в предложенном рационе для рыб, исходя из компонентного состава (рецепт предлагает преподаватель).

<i>Корм</i>	<i>Содержание, %</i>	<i>Содержание, г в 1 кг корма</i>	<i>Обменная энергия, кДж</i>	<i>Сырой протеин, %</i>	<i>Сырой жир, %</i>	<i>Фосфор, г</i>	<i>Лизин, г</i>	<i>Метионин, г</i>	<i>Триптофан, г</i>	<i>Каротин, мг</i>	<i>Кобальт, г</i>
Рыбная мука											
Рыбий жир											
Подсолнечное масло											
Кукурузный глютен											
Пшеничный глютен											
Мука зародышей пшеницы											
Мука пшеничная											
Соевая мука											
Кровяная мука											
Витаминно-минеральный премикс для форели											
Астаксантин											
<i>Итого:</i>	100										

Вопросы для самоконтроля:

1. Что означает понятие «гарантируемые показатели качества»?
2. В комбикормах для каких групп рыб содержание сырого протеина должно быть больше?
3. Какие показатели безопасности кормов нормируются в комбикормах для рыб?
4. К каким симптомам может привести избыток протеинов в кормах?
5. Какие изменения в организме рыб происходят при длительном потреблении кормов с высоким содержанием жира?
6. К чему приводит недостаток жирных кислот в кормах?
7. Что включает в себя бактериологический анализ кормов?

5. Методы оценки качества кормов

К выполнению испытаний и обработке их результатов допускается специалист, имеющий высшее или среднее специальное образование и опыт работы в лаборатории, прошедший инструктажи на рабочем месте по электробезопасности и противопожарной безопасности, освоивший методику лабораторного анализа в процессе обучения.

5.1. Отбор проб и подготовка для анализа

Отбор проб корма проводят согласно следующим нормативным документам: ГОСТ 13496.0, ГОСТ 13979.0, ГОСТ 17681, ГОСТ 8285 и ГОСТ ISO 6497-2014 «Корма. Отбор проб. Методы отбора проб кормов, в том числе рыбного корма, для проведения контроля качества для торговых, технических и правовых целей (межгосударственный стандарт)».

Целью отбора является получение малой доли корма из партии таким образом, чтобы определение любой конкретной характеристики этой доли отражало среднее значение характеристики исследуемой партии.

При проведении отбора проб необходимо усвоить следующие термины и определения:

- *поставка* – определенное количество реализуемого корма, поставленное и полученное одновременно;
- *партия корма* – определенное количество однородного комбикорма, имеющее одинаковые характеристики, изготовленного по одному рецепту и предназначенного к одновременному приему, сдаче или хранению;
- *точечная проба* – количество продукта, отобранное одновременно из одной точки партии;
- *объединенная проба* – количество продукта, полученное путем объединения и перемешивания всех точечных проб, отобранных из одной и той же партии;

- *общая проба* – состоит из разовых проб, отобранных в разных участках хранилища;
- *сокращенная (средняя) проба* – представительная часть объединенной пробы, полученная в процессе последовательного деления или сокращения для формирования лабораторной пробы;
- *лабораторная проба* – проба представительная в плане качества и состояния партии, полученная путем деления сокращенной пробы и предназначенная для анализа или другого исследования.

Общие правила отбора проб

1. Отбор проб из партии проводят путем многократного отбора точечных проб из различных мест партии таким образом, чтобы определение любой конкретной характеристики этой доли отражало среднее значение характеристики данной партии.
2. Точечные пробы объединяют путем перемешивания, при этом образуется объединенная проба, из которой путем деления готовят представительные лабораторные пробы.
3. Если при отборе корма отмечают значительные различия качества по отношению ко всему объему корма, то порции корма следует отделять от основной пробы и работать с ними как с отдельной партией.
4. Если не существует возможности разделить корм на отдельные партии, из данного корма проводят отбор проб как из одной партии и в акте отбора проб указывают данный факт (указать долю отличной продукции).
5. Емкости для проб должны быть чистыми, сухими и без посторонних запахов. Материал, из которого изготовлены емкости для проб, не должен оказывать влияние на качество пробы.
6. Оборудование для отбора проб выбирается соответствующее размеру частиц продукции, объему отбираемой пробы, размеру емкости, физическому состоянию продукции и т. д. Могут использоваться: обычная лопата, ручной совок, цилиндрический

пробоотборник (например, отборочный щуп, трубчатый зонд или рукавный зонд) и конический пробоотборник.

Отбор проб для бактериологического исследования

Для бактериологического исследования отбор проб выполняют по следующим правилам:

1. Отбор проб проводят сухим, стерильным пробным щупом. Вес одной точечной пробы должен быть не менее 100 г.
2. При наличии незатаренной продукции пробы берут не менее чем из 20 мест однородной партии со всей площади насыпи.
3. При наличии затаренной продукции отбор проб производят согласно табл. 8.

Таблица 8

Варианты отбора проб корма для проведения бактериологического анализа

<i>Объем партии в упаковочных единицах</i>	<i>Отбор проб</i>
До 10	От каждой упаковочной единицы
От 10 до 100	От 10 упаковочных единиц
От 101 и выше	От 10 упаковочных единиц и дополнительно по 3 из каждых 100 упаковочных единиц

Примечание: 1 мешок соответствует 1 упаковочной единице.

4. После взятия проб от каждой партии пробный щуп очищают и дезинфицируют.
5. Для бактериологического исследования от каждой партии корма составляется два средних образца весом не менее 500 г. Один из них направляют в лабораторию, а другой оставляют на хранение до окончания исследования.
6. Отобранная средняя проба корма упаковывается в стерильную пластмассовую или стеклянную тару.

7. Об отборе проб составляют акты в двух экземплярах, в которых указывают следующую информацию: вид продукции, название производителя продукции или поставщика, объем (вес) партии, вид упаковки (тары), дату изготовления, дату отбора проб корма.

Подготовка лабораторной пробы для анализа

При анализе кормов большое значение имеет правильный отбор средней пробы и формирование из нее лабораторной пробы корма.

Пробу *сыпучего корма* (зерно, мука, отруби, комбикорм) следует брать в разных местах хранилища и на разных глубинах (8–12 точек).

Средняя проба *мешочной продукции* формируется в зависимости от количества мешков в партии: 10–60 мешков – из каждого третьего мешка; 60–120 мешков – из каждого десятого мешка; 120 и выше – из каждого двадцатого мешка.

Взятые пробы объединяют и хорошо перемешивают. Масса одной точечной пробы должна быть не более 200 г.

Составленную среднюю пробу массой 1000–2000 г распределяют равным слоем в форме квадрата или прямоугольника на горизонтальной поверхности и делят накрест на 4 части (метод квартования), из них две противоположные удаляют, а две оставшиеся перемешивают, распределяют равным слоем и снова делят на 4 части (повторяют 3–4 раза), пока количество корма не уменьшится до необходимого для анализа.

Масса лабораторной пробы должна составлять не менее 200–300 г сухого вещества корма. Из лабораторной пробы делают навески для конкретного анализа.

5.2. Органолептические и физические методы оценки качества кормов

1. Определение цвета и запаха комбикормов

Выполнение анализа:

1. Для определения цвета анализируемую пробу комбикорма массой не менее 100 г высыпают на белую чистую бумагу и, перемешивая, рассматривают при естественном освещении. Внешний вид конкретного корма сравнивают с нормативом, описанным в ТУ или ГОСТе на данный корм.
2. Запах испытуемого продукта определяют органолептически – путем анализа обонятельных ощущений.

При необходимости усиления ощущения запаха анализируемую пробу помещают в выпарительную чашку и накрывают стеклянной пластинкой.

Затем чашку с комбикормом ставят на предварительно нагретую до кипения водяную баню и прогревают в течение 5 минут.

При помощи обоняния определяется запах корма. Качественный комбикорм должен иметь запах входящих в состав корма компонентов, не кислый, не горький, без запаха плесени.

2. Определение общей влаги

Влажность комбикорма можно определить несколькими способами:

- 1) с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области;
- 2) *ускоренным методом* – для быстрого определения влажности кормов и комбикормового сырья, с использованием анализатора влажности. Анализатор влажности высушивает объекты и фиксирует их вес одновременно, что позволяет сократить время определения влажности и занимает всего 5–10 минут;
- 3) *арбитражным методом* – путем высушивания навески корма до постоянной массы при температуре 100–105 °С

в СЭШ-1 или другом оборудовании, предназначенном для данных целей. Контрольные определения проводят 1 раз в час и повторяют до тех пор, пока значение последнего взвешивания не будет равно значению предыдущего взвешивания;

- 4) *экспресс-методом* – путем высушивания навески корма при температуре 130 °С в течение 40 минут в шкафу электрическом сушильном СЭШ-1, СЭШ-3М.

Выполнение анализа

(проводится 2 параллельных испытания):

1. Сушильный шкаф нагревают до температуры (130±2) °С.
2. В течение 30 минут в сушильном шкафу высушивают пустые открытые бюксы и крышки, после чего их охлаждают в эксикаторе.
3. Взвешивают 2 пустые бюксы – результаты записывают до второго десятичного знака (m).
4. В каждую бюксу помещают подготовленные пробы корма массой по 5 г и равномерно распределяют по дну. Бюксы с кормом снова взвешивают – с записью результата до второго десятичного знака (m_1).
5. Открытые бюксы с навесками корма и крышки помещают в сушильный шкаф на 40 минут.
6. По истечении указанного времени бюксы достают из сушильного шкафа тигельными щипцами, быстро закрывают крышками, после чего около 20 минут охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры.
7. Закрытые бюксы с содержимым взвешивают – с записью результатов до второго десятичного знака (m_2).

Массовая доля влаги W (%) рассчитывается по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100,$$

где m – масса пустой бюксы вместе с крышкой, г;

m_1 – масса бюксы с навеской и крышкой до высушивания, г;

m_2 – масса бюксы с навеской и крышкой после высушивания, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

Окончательный результат испытания вычисляется до второго десятичного знака и округляют до первого. За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений при соблюдении условий приемлемости результатов испытаний (ГОСТ Р 57059-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Экспресс-метод определения влаги (Переиздание)).

3. Определение насыпной плотности корма

Насыпная плотность, или натура, – это физическое свойство корма, характеризующееся отношением массы продукта к его объему при свободной засыпке в емкость, измеряется в кг/м³, г/см³, г/л.

Для определения натуре необходимы: мерный цилиндр или стакан ($V = 100$ мл) и аналитические весы II класса точности.

Выполнение анализа:

1. Часть корма насыпают в цилиндр до отметки 100 мл и взвешивают на весах, предварительно сняв массу тары.
2. Полученный результат переводят в единицы измерения (г/л), т. е. массу корма в 100 мл V перемножают на 10 и записывают в журнал контроля.

В среднем насыпная плотность форелевого корма варьируется от 450 до 650 г/л.

4. Определение размера гранул

Для определения размеров гранул используют штангенциркуль.

Выполнение анализа:

1. Измеряют 10 гранул корма: определяют длину и ширину (диаметр) каждой гранулы.
2. Рассчитывают среднее значение по каждому показателю.
3. Величина длины гранулы не должна превышать двух диаметров.

Гранулометрический состав, наличие крошки, мучки и примесей определяют на лабораторном рассеве с использованием сит с металлическим дном с перфорациями разного диаметра.

5. Определение водостойкости гранул комбикорма

Водостойкость гранул комбикорма определяют по их разбухаемости в воде.

Для проведения анализа необходимы: весы лабораторные IV класса точности, цилиндр объемом 500 мл, вода водопроводная питьевая, линейка измерительная.

Выполнение анализа:

1. Навеску корма 25 г помещают в мерный цилиндр вместимостью 500 мл.
2. На цилиндре карандашом отмечают уровень, занимаемый гранулами, затем делают вторую отметку, соответствующую двукратному объему, занимаемому продуктом.
3. В цилиндр наливают воду так, чтобы верхний уровень был на высоте 13 см над уровнем гранул корма.
4. Отсчитывают время до момента достижения объема гранул второго уровня.
5. Время, за которое объем корма достиг второй отметки, принимают за показатель разбухаемости. Разбухаемость корма должна быть не менее 25 минут.

6. Определение крошимости гранул корма по ГОСТ 28497-2014

Крошимость корма определяют на установках марок ППГ-2 и У17-ЕКГ.

Для анализа необходимы: установка для определения крошимости гранул, рассев лабораторный автоматический с набором сит, стеклянная или пластиковая емкость объемом 500 мл.

Выполнение анализа:

1. Подготавливают пробу корма для анализа. Для этого взвешивают 1 кг гранулированного комбикорма, просеивают его на лабораторном рассеве для отделения крошки и мучки.
2. Из подготовленной лабораторной пробы выделяют 2 навески массой по $250 \pm 0,1$ г и помещают их в камеры истирателя. Устанавливают реле времени на 5 минут, закрывают крышки камер и ограждение. Включают установку.
3. По истечении 5 минут истиратель автоматически отключается.
4. Открывают одну из камер истирателя и высыпают ее содержимое на поддон установки. Затем отделяют неразрушенные гранулы от мелочи и крошки путем просеивания на лабораторном рассеве (или вручную). Просеивание проводят до полного отделения крошки и мелочи.
5. После просеивания продукта неразрушенные гранулы переносят в стеклянную или пластиковую емкость и взвешивают с погрешностью не более $\pm 0,1$ г.
6. Аналогичные действия проводят с пробой, находящейся во второй камере истирателя.
7. Крошимость гранул для каждой камеры истирателя K_i (%), вычисляют по формуле

$$K_i = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100,$$

где i – номер камеры истирателя;

m_1 – масса гранул до проведения испытаний, г;

m_2 – масса неразрушенных гранул после проведения испытаний,

г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

Вычисления проводят до первого десятичного знака с последующим округлением до целого числа. За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение результатов, полученное из двух камер.

7. Определение содержания сырой золы

Сырая зола – это остаток, полученный после сжигания анализируемой пробы при температуре 550 °С. «Сырой» зола называется потому, что, кроме минеральных веществ корма, в ней может содержаться некоторое количество примесей – глины, песка, несгоревших частиц угля.

Для определения сырой золы необходимы: муфельная печь, тигли фарфоровые, щипцы металлические, эксикатор, аналитические весы.

Выполнение анализа

(проводится два параллельных испытания):

1. Пустые подписанные тигли 30 минут прокаливают в муфельной печи при температуре 550 °С.
2. При комнатной температуре пустые тигли остужают и взвешивают (M_0).
3. В остывшие тигли насыпают 2–5 г тонко размолотого исследуемого корма.
4. Определяют массу тиглей с навеской корма (M_1).
5. Тигли с кормом помещают в холодную муфельную печь, которую включают на слабый нагрев (дверку муфеля оставляют открытой для большего доступа воздуха).
6. Через 50–60 минут, после того как корм в тигле перестает дымить, нагрев муфеля увеличивают до 450–500 °С.
7. Тигли в муфеле при темно-красном калении оставляют на 5–6 часов до получения золы светло-серого цвета.
8. После прокаливания тигли с золой охлаждают в эксикаторе и взвешивают с точностью $\pm 0,001$ (M_2).
9. Масса сырой золы (СЗ, г) определяется по разности между массой тигля с золой и массой пустого тигля:

$$\text{СЗ} = M_2 - M_0.$$

Определение массовой доли золы (W, %) в сухом веществе корма проводится по формуле

$$W = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100,$$

где M_0 – масса пустого тигля, г;

M_1 – масса тигля с навеской, г;

M_2 – масса тигля с золой, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

Содержание органического вещества корма в % рассчитывается по формуле

$$OB = 100 - CЗ.$$

8. Определение зараженности комбикорма вредителями

Для оценки зараженности комбикорма вредителями хлебных запасов, т. е. на присутствие живых вредителей (насекомых и клещей) во всех стадиях развития в комбикорме, пробы корма готовят заранее:

1. Отобранные лабораторные пробы помещают в плотно закрывающую тару, обеспечивающую сохранность имеющихся насекомых и клещей.
2. На этикетке указывают, что данная лабораторная проба предназначена для определения зараженности вредителями.
3. Отобранные для определения зараженности вредителями пробы должны быть подвергнуты анализу не позднее чем через 48 часов после отбора во избежание возможной гибели вредителей.

Хранить пробы необходимо при температуре от 15 до 25 °С.

Перед определением зараженности пробы корма необходимо прогреть до комнатной температуры (18–20 °С).

Выполнение анализа:

1. Анализируемую пробу комбикорма массой 0,5–1,0 кг помещают на набор сит. Просеивание проб можно проводить вручную или на лабораторном рассеве (частота колебаний 120 об/мин в соответствии с инструкцией) с использованием набора сит

из решетчатого полотна с отверстиями диаметром 2 мм и сита с проволочной сеткой № 08.

2. Содержимое поддонов высыпают на лист белой бумаги или стекло лабораторной разборочной доски тонким изреженным слоем и рассматривают с помощью лупы.
3. Обнаруженных мертвых вредителей, а также живых насекомых, не повреждающих комбикорм при хранении, при определении в комбикорме зараженности вредителями хлебных запасов не учитывают.
4. Суммируют количество обнаруженных в анализируемой пробе вредителей хлебных запасов.
5. Зараженность вредителей хлебных запасов в комбикорме (X , экз/кг) вычисляют по формуле

$$X = \frac{n}{m} ,$$

где n – количество обнаруженных вредителей хлебных запасов, экз.;

m – масса анализируемой пробы, кг.

Вычисления проводят до первого десятичного знака и округляют до целого числа. Зараженность комбикорма клещами выражают в количестве клещей на 1 кг продукта.

6. После выполнения определения проводят очистку сит, поддона и лабораторной разборной доски кисточками или щетками-сметками (ГОСТ 13496.13-2018 Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов).

Практические задания

ЗАДАНИЕ 1. Проведите анализ цвета и запаха нескольких образцов корма разных производителей. Заполните таблицу.

<i>Органолептический показатель</i>	<i>Характеристика</i>	<i>Соответствие уровню качества (соотв. / не соотв.)</i>
Цвет		
Запах		

ЗАДАНИЕ 2. Проведите определение влаги в предложенном образце корма арбитражным методом и методом высушивания при 130 °С в течение 40 минут. Заполните таблицу, сравните полученные результаты.

Протокол испытаний

<i>Показатель</i>	<i>Определение</i>	
Номер бюксы		
Масса пустой бюксы, г		
Масса бюксы с навеской, г		
Масса навески, г		
Масса бюксы с навеской после высушивания, г		
Масса испарившейся воды, г		
Массовая доля влаги, %		
Среднее значение, %		

ЗАДАНИЕ 3. Определите насыпную плотность, размер, разбухаемость и крошимость гранул комбикорма, предложенных образцов. Результаты занесите в таблицу.

	Образец № 1	Образец № 2
Размер гранул: диаметр, мм		
длина, мм		
Разбухаемость, мин		
Натура, г/л		
Крошимость, %		

ЗАДАНИЕ 4. Проведите анализ предложенного образца корма на содержание сырой золы. Заполните таблицу протокола испытаний.

Протокол испытаний

<i>Показатель</i>	<i>Определение</i>	
Номер тигля		
Масса пустого тигля, г		
Масса тигля с навеской, г		
Масса навески, г		
Масса тигля с золой после прокаливания, г		
Масса золы, г		
Массовая доля золы, %		
Среднее значение, %		
Содержание органического вещества, %		

5.3. Химические методы оценки качества кормов

1. Определение общей кислотности корма

Общая кислотность комбикорма – это суммарное содержание слабых органических многоосновных кислот в комбикормах или комбикормовом сырье. Является показателем свежести корма.

Суть метода состоит в рН-метрическом титровании водной вытяжки пробы комбикорма или комбикормового сырья раствором гидроксида калия до рН 8,2 и последующем расчете общей кислотности, исходя из объема израсходованной на титрование щелочи, и определения градуса Неймана (°Н).

Порядок проведения анализа:

1. Навеску исследуемого продукта массой 26 г помещают в сухую коническую колбу объемом 500 см³.
2. Приливают 250 см³ дистиллированной воды и, закрыв колбу пробкой, взбалтывают непрерывно в течение 10 минут.
3. 25 см³ полученной таким образом суспензии через воронку отливают по стеклянной палочке в мерную колбу вместимостью 25 см³.

4. Содержимое колбы количественно переносят в стакан объемом 50 см³ или 100 см³, куда опускают электродную пару.
5. При постоянном перемешивании на магнитной мешалке к суспензии пипеткой по каплям добавляют раствор гидроксида калия в концентрации $C = 0,1$ моль/ дм³ до тех пор, пока рН не достигнет значения 8,2. Для этого используют пипетку объемом 10 см³, если рН суспензии меньше шести, или 1 см³, если рН суспензии больше шести.
6. Объем израсходованной на титрование щелочи фиксируют в лабораторном журнале.

Общую кислотность (X) комбикорма или комбикормового сырья, выраженную в градусах Неймана (°Н), рассчитывают по формуле

$$X = 4 \times K \times V,$$

где 4 – коэффициент пересчета на 100 г продукта;

K – коэффициент поправки раствора гидроксида калия, рассчитанный по формуле;

V – объем раствора гидроксида калия, израсходованный для достижения рН 8,2, см³.

За конечный результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

2. Определение перекисного числа жира в кормах (гидроперекисей и пероксидов)

Метод основан на реакции взаимодействия продуктов окисления липидов (перекисей и гидроперекисей), содержащихся в испытуемом продукте, с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа и последующем количественном определении выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом.

Перекисное число – показатель, характеризующий количество первичных продуктов окисления липидов (гидроперекисей и пероксидов), выраженный в миллимолях активного кислорода в одном килограмме липидов.

Гидроперекиси – первичные продукты окисления липидов в виде быстро реагируемых перекисных соединений.

Пероксиды – первичные продукты окисления липидов в виде трудно реагируемых перекисных соединений, образующихся при глубоком окислении липидов.

Для выполнения анализа необходимы: делительная воронка, выпарительная чаша, колба коническая с крышкой и притертым горлом, вата, фильтровальная бумага, стеклянная палочка, пипетки объемом 1, 5 и 10 мл, мерный цилиндр.

Растворы: эфир, уксусная кислота, хлороформ, тиосульфата натрия концентрации 0,01 н и 0,2 н, насыщенный раствор KI, 1%-й раствор крахмала.

Проведение испытаний:

1. Готовят рабочие растворы, проверяют диэтиловый эфир на наличие перекисей.
2. Отбирают среднюю пробу корма весом 500 г, измельчают на лабораторной мельнице и просеивают через сито.
3. Для получения необходимого количества липидов рассчитывают навеску исследуемого продукта (X , г) по формуле

$$X = \frac{m_1 \times m_2}{m_3},$$

где m_1 – масса липидов, необходимая для анализа (для определения перекисного числа требуется не менее 1,0 г липидов; при меньшем количестве возрастает погрешность определения), г;

m_2 – масса испытуемого продукта, г;

m_3 – содержание сырого жира в испытуемом продукте, г.

Для определения перекисного числа требуется не менее 1,0 г липидов (при меньшем количестве возрастает погрешность определения).

4. В делительную воронку объемом 250 см³ последовательно вкладывают фильтр, состоящий из плотного тампона гигроскопической ваты, двух кружков фильтровальной бумаги, диаметр которых несколько превышает диаметр делительной

воронки, и еще одного ватного тампона. Общая высота фильтра должна быть не менее 5 см.

5. Навеску испытуемого продукта измельчают на лабораторной мельнице до полного прохода через сито с отверстиями диаметром 1,0 мм, взвешивают с погрешностью не более $\pm 0,01$ г и помещают в делительную воронку, укрепленную на штативе.
6. Под воронкой устанавливают выпарительную чашку, предварительно высушенную до постоянной массы (рис. 1).
7. В делительную воронку постепенно по мере фильтрации небольшими порциями приливают диэтиловый эфир. Завершение экстракции липидов контролируют фильтровальной бумагой путем смачивания вытекающей капли.



Рис. 1. Делительная воронка с продуктом и выпарительной чашкой

8. При отсутствии на фильтровальной бумаге жирового пятна экстракцию считают законченной.

9. После этого выпарительную чашку ставят на водяную баню и выпаривают эфир при температуре 40 ± 5 °С до постоянной массы. Чашку с липидами взвешивают с записью результатов в граммах до второго десятичного знака.

10. *Определение гидроперекисей:*

- полученные липиды растворяют в 10 см³ хлороформа и переносят в коническую колбу объемом 250 мл с притертой пробкой;
- приливают 15 см³ ледяной уксусной кислоты, 1 см³ насыщенного раствора йодистого калия и сразу же закрывают пробкой;
- содержимое колбы перемешивают вращательными движениями и ставят в темное место на 20 минут;
- в 100 см³ дистиллированной воды растворяют 1 см³ раствора крахмала, по истечении выдержки этот раствор приливают к содержимому в колбе;
- выделившийся йод немедленно титруют раствором тиосульфата натрия до исчезновения синей окраски;
- объем раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование, учитывают при расчете перекисного числа.

11. *Определение пероксидов:*

- после определения гидроперекисей колбу оставляют на 2 часа. По истечении указанного времени выделившийся йод снова титруют раствором тиосульфата натрия;
- объем раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование, учитывают при расчете перекисного числа.

Для каждой испытуемой пробы выполняют по два определения. Параллельно с основным анализом проводят контрольный с теми же реактивами, но без навески липидов.

Обработка результатов анализа:

Массу выделенных липидов (m_x , г) вычисляют по формуле

$$m_x = m_x - m_o,$$

где m_x – масса выпарительной чашки с липидами, г;

m_o – масса пустой выпарительной чашки, г.

Вычисление проводят до второго десятичного знака.

Перекисное число X (масса гидроперекисей и пероксидов), ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг, вычисляют по формуле

$$X = \frac{(Y - Y_1) \times 0,00127 \times 100 \times 78,7}{m_\Lambda},$$

где Y – суммарный объем раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование в рабочем опыте, см³;

Y_1 – суммарный объем раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование в контрольном опыте, см³;

0,00127 – количество йода, эквивалентное 1 см³ раствора тиосульфата натрия молярной концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01$ моль/дм³;

78,7 – коэффициент перевода единицы измерения перекисного числа, выраженной в процентах йода (в граммах йода на 100 г жира), в ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг;

m_Λ – масса выделенных липидов, г.

Пересчет перекисного числа, выраженного в ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг, на перекисное число X , выраженное в процентах йода, вычисляют по формуле

$$X = \frac{X_1}{78,7},$$

где X_1 – перекисное число, выраженное в ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных определений, если выполняется условие приемлемости:

$$|X_1 - X_2| \leq r,$$

где X_1 и X_2 – результаты двух параллельных определений, ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг;

r – значение предела повторяемости, ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг.

3. Определение кислотного числа жира

Кислотное число липидов в пищевых продуктах является мерой гидролиза свободных жирных кислот, протекающего в процессе их хранения при доступе кислорода и сопровождающегося интенсивным окислением.

Кислотное число выражается количеством мг гидроксида калия, необходимого для нейтрализации всех кислых компонентов, содержащихся в 1 г исследуемого вещества.

Существует два способа определения кислотного числа жира:

- *методом потенциометрического титрования* (с использованием рН-метра);
- *методом объемного титрования* (с использованием кислотно-основного индикатора).

Сущность методов заключается в экстрагировании в стеклянной колонке свободных жирных кислот органическими растворителями: в первом случае – смесью хлороформа и этилового спирта, во втором – эфиром или хлороформом.

В обоих случаях необходимо вычислить массу жира и объем щелочи (КОН), пошедший на титрование этого жира.

Этапы определения кислотного числа жира ***методом объемного титрования***:

- *Подготовка проб корма.* При подготовке корма к анализу отбирают среднюю пробу корма весом 500 г, измельчают на лабораторной мельнице и просеивают через сито $d = 0,8-1$ мм.

- *Приготовление рабочих растворов:* эфир или хлороформ, спиртоэфирная смесь в соотношении 1:2, индикатор фенолфталеин (1%-й спиртовой раствор) или тимолфталеин, водный раствор NaOH или КОН концентрации 0,1 моль/дм³.

- *Подготовка установки для экстракции.* В стеклянную колонку объемом 250–500 см³ последовательно помещают ватный тампон, два кружка, вырезанных из фильтровальной бумаги диаметром, несколько превышающим диаметр колонки, затем снова ватный тампон. Общая высота фильтра должна быть около 50 мм. Налитый в колонку эфир (или хлороформ) должен вытекать из нее со скоростью 40–80 капель в минуту.

Проведение испытания:

1. При испытании мясокостной и рыбной муки, белково-жирового концентрата берут навеску массой 20–30 г, при испытании комбикормов – массой 100 г. Лабораторную пробу при необхо-

- димости измельчают и просеивают через сито диаметром 1 мм, для анализа используют проход с сита.
2. Навеску переносят в стеклянную колонку (установку для экстракции), слегка уплотняют (постукиванием пальцами по колонке), на выровненную поверхность исследуемого продукта помещают небольшой кусок ваты.
 3. Колонку закрепляют в штативе и под нее устанавливают фарфоровую выпарительную чашку.
 4. В колонку постепенно приливают серный эфир или хлороформ.
 5. При испытании мясокостной и рыбной муки, белково-жирового концентрата приливают около 80 см³ эфира или хлороформа, при испытании комбикормов – 200 см³.
 6. Завершение экстракции жира контролируют, смачивая фильтровальную бумагу вытекающей каплей. Экстракция считается законченной при отсутствии на бумаге жирового пятна.
 7. Чашку с экстрактом ставят на водяную баню и выпаривают до полного удаления запаха применяемого экстрагирующего вещества, или оставляют чашку с экстрактом в вытяжном шкафу на ночь для самопроизвольного его испарения.
 8. Из чашки берут навеску жира массой 0,2–0,3 г и переносят в сухую коническую колбу объемом 100–150 см³, предварительно взвешенную, после внесения жира колбу вновь взвешивают. Разница между первым и вторым взвешиванием дает величину навески. Взвешивание проводят на аналитических весах II класса точности. Погрешность взвешивания не более 0,002 г.
 9. Затем в колбу приливают 50 см³ спирто-эфирной смеси, причем вначале приливают 25 см³ смеси и стеклянной палочкой растирают, размешивают навеску жира до полного его растворения, а оставшейся частью смеси смывают стеклянную палочку.
 10. Содержимое колбы взбалтывают, добавляют несколько капель соответствующего индикатора (раствор фенолфталеина – при испытании жиров, имеющих светлую окраску, раствор тимолфталеина – при испытании жиров, имеющих темную окраску) и быстро титруют водным раствором КОН или NaOH до от-

четливого изменения окраски индикатора (фенолфталеина – в розовую, тимолфталеина – в синюю).

Обработка результатов:

Кислотное число жира (X) в миллиграммах гидроокиси калия на 1 г жира вычисляют по формуле

$$X = \frac{5,611 \times K \times V}{m},$$

где 5,611 – массовая концентрация гидроокиси калия в растворе молярной концентрации 0,1 моль/дм³, мг/см³;

K – коэффициент поправки раствора гидроокиси калия;

V – объем раствора гидроокиси калия, пошедший на титрование, см³;

m – масса жира, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Допускаемые расхождения между результатами параллельных определений d (при доверительной вероятности P = 0,95) не должны превышать

$$d = 0,04 + 0,083n,$$

где n – среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Вычисления производят с точностью до второго десятичного знака и округляют до первого десятичного знака. Погрешность методики выполнения измерений составляет ±0,4 мг.

4. Титриметрический метод определения кислотного числа масла растительного

Сущность метода заключается в растворении определенной массы растительного масла в растворителях с последующим титрованием имеющихся свободных жирных кислот водным или спиртовым раствором гидроокиси натрия или калия.

Проведение анализа (работа проводится в параллели):

1. В коническую колбу объемом 250 см³ взвешивают 3–5 г испытуемой пробы масла.
2. Добавляют в колбу 50 мл спиртоэфирной смеси.
3. Содержимое колбы перемешивают взбалтыванием и добавляют пару капель спиртового раствора фенолфталеина (1 %).
4. Незамедлительно приступают к титрованию полученного раствора гидроокисью натрия или калия 0,1 н до получения слабо-розовой окраски раствора, устойчивой в течение 30 секунд.

Обработка результатов:

Кислотное число жира (X) в миллиграммах гидроокиси калия на 1 г жира вычисляют по формуле

$$X = \frac{5,611 \times K \times V}{m},$$

где 5,611 – массовая концентрация гидроокиси калия в растворе молярной концентрации 0,1 моль/дм³, мг/см³;

K – коэффициент поправки раствора гидроокиси калия (отношение действующей концентрации *КОН* к номинальной);

V – объем раствора гидроокиси калия, пошедший на титрование, см³;

m – масса жира, г.

Кислотность X_i (%) в зависимости от природы масла (жира) вычисляют по формуле

$$X_i = fX,$$

где f – коэффициент пересчета на жирную кислоту (см. ГОСТ 31933-2012);

X – кислотное число жира в мг *КОН*.

5. Метод определения перекисного числа растительных и животных жиров с применением хлороформа

Определение проводят при искусственном освещении или при рассеянном дневном свете. Массу навески продукта определяют в зависимости от предполагаемого значения перекисного числа (табл. 9).

Масса навески продукта и точность взвешивания

<i>Предполагаемое значение перекисного числа, ммоль ($\frac{1}{2}O$)/кг</i>	<i>Масса навески продукта, г</i>	<i>Точность взвешивания, г</i>
От 0 до 6	5,0–2,0	$\pm 0,01$
>6 до 10	2,0–1,2	$\pm 0,01$
>10 до 15	1,2–0,8	$\pm 0,01$
>15 до 25	0,8–0,5	$\pm 0,001$
>25 до 45	0,5–0,3	$\pm 0,001$

Проведение анализа:

1. В коническую колбу объемом 250 см³ на весах взвешивают навеску продукта массой, выбранной в соответствии с табл. 9.
2. В колбу с навеской приливают 10 см³ хлороформа, быстро растворяют пробу, приливают 15 см³ уксусной кислоты и 1 мл 50–55%-го раствора йодистого калия, после чего колбу сразу же закрывают, перемешивают содержимое в течение 1 минуты и оставляют на 5 минут в темном месте при температуре 15–25 °С.
3. Приливают в колбу 75 см³ воды, тщательно перемешивают и добавляют раствор крахмала до появления слабой однородной фиолетово-синей окраски. Выделившийся йод титруют раствором тиосульфата натрия до молочно-белой окраски, устойчивой в течение 5 секунд, используя раствор молярной концентрации тиосульфата натрия 0,002 моль/дм, если предполагаемое значение перекисного числа менее 6,0 ммоль/кг.
4. Если предполагаемое значение перекисного числа 6,0 ммоль/кг и более, тогда после добавления воды и перемешивания выделившийся йод титруют раствором молярной концентрации тиосульфата натрия 0,01 моль/дм до заметного снижения интенсивности окраски раствора. Затем осторожно добавляют крахмал до появления слабой однородной фиолетово-синей окраски. После этого оставшийся йод титруют раствором

тиосульфата натрия до молочно-белой окраски в конце титрования.

Допускается наличие различных оттенков окраски в соответствии со специфическими особенностями окраски испытуемых масел и жиров.

Перекисное число (X), ммоль ($\frac{1}{2}\text{O}$)/кг, вычисляют по формуле

$$X = \frac{1000 \times (V - V_0) \times C}{m},$$

где V – объем раствора тиосульфата натрия, использованный при определении, см³;

V₀ – объем раствора тиосульфата натрия, использованный при контрольном определении, см³;

C – действительная концентрация использованного раствора тиосульфата натрия, вычисленная с учетом поправки к номинальной молярной концентрации, моль/дм³;

m – масса навески продукта, г.

За результат определения принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений.

6. Титриметрический метод определения азота и сырого протеина по Кьельдалю (основной метод)

Сущность метода заключается в:

- минерализации органического вещества пробы кипящей серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сернокислого аммония;
- добавлении к охлажденному минерализату избытка гидроксида натрия для выделения аммония;
- отгонке и титровании выделенного аммиака;
- вычислении массовой доли азота в испытуемой пробе и пересчете на массовую долю сырого протеина.

7. Определение массовой доли сырого жира

Метод распространяется на корма растительного и животного происхождения, комбикорма, белково-витаминно-минеральные

концентраты (далее – БВМК), смеси кормовые и комбикормовое сырье (кроме минерального сырья, кормовых дрожжей, паприна, семян масличных культур) и устанавливает два способа определения массовой доли сырого жира:

- по обезжиренному остатку;
- по извлеченному сырому жиру (основной метод).

Сущность метода заключается в экстракции сырого жира из навески в аппарате Сокслета с использованием растворителя, после чего растворитель удаляется, а извлеченный жир высушивается и взвешивается (или взвешивается обезжиренный остаток).

В качестве растворителя для всех видов кормов используют диэтиловый эфир; для испытания кормовой костной муки, мясокостной, рыбной и из морских млекопитающих и ракообразных допускается использование петролейного эфира. Для испытания хлопковых жмыхов и шротов используют петролейный эфир.

8. Методы определения сырой клетчатки растворением в смеси азотной и уксусной кислот

Метод основан на определении сухого остатка из навески после обработки кислотами, спиртом и эфиром.

Подготовка к испытанию:

- приготовление реактивной смеси: два объема азотной кислоты смешивают с девятью объемами раствора уксусной кислоты;
- измельчают пробу корма на лабораторной мельничке и просеивают через сито диаметром пор 0,8 мм.

Проведение испытания:

1. Навеску муки массой 1 г взвешивают с погрешностью не более $\pm 0,002$ г и переносят в коническую колбу объемом 100 см³.
2. Осторожно по стенкам колбы приливают 40 см³ реактивной смеси. К колбе присоединяют воздушный холодильник со шлифом и ставят на песчаную баню с нагревом.

3. Все операции, связанные с гидролизом, фильтрованием и промыванием, проводят в вытяжном шкафу.
4. Гидролиз выполняют при слабом равномерном кипении в течение 30 минут, считая от начала кипения. При сильном кипении под колбу подкладывают слой асбеста.
5. По окончании гидролиза отсоединяют колбу от холодильника, содержимое колбы в горячем состоянии фильтруют через бумажный фильтр, помещенный в воронку Бюхнера.
6. Бумажный фильтр с бюксой обязательно должен быть просушен в сушильном шкафу при температуре $(160 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 10 минут и взвешен.
7. Колбу промывают три-четыре раза горячей водой, смывные воды переносят на фильтр. Осадок на фильтре промывают горячей водой до исчезновения запаха уксусной кислоты, после чего его промывают 10 см^3 спирта и 10 см^3 эфира и включают насос.

Фильтр с клетчаткой захватывают пинцетом, складывают вчетверо, переносят во взвешенную бюксу, подсушивают на воздухе и в течение 15 минут сушат в сушильном шкафу при температуре $(160 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Высушенную бюксу с клетчаткой охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Обработка результатов:

Массовую долю клетчатки, включая золу (минеральные примеси), нерастворимую в соляной кислоте, X_{11} (%) вычисляют по формуле

$$X_{11} = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100,$$

где m_1 – масса бюксы с клетчаткой и фильтром, г;

m_2 – масса бюксы с фильтром, г;

m – масса навески продукта, г.

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать $\pm 0,2 \%$.

Для определения массовой доли клетчатки из полученного результата вычитают массовую долю золы (минеральных примесей), нерастворимой в соляной кислоте.

Результаты записывают до первого знака после запятой (ГОСТ 17681-82).

9. Фотометрический метод определения содержания фосфора в кормах

Сущность метода заключается в минерализации пробы способом сухого или мокрого озоления с образованием солей ортофосфорной кислоты и последующим фотометрическим определением фосфора в виде окрашенного в желтый цвет соединения – гетерополикислоты, образующегося в кислой среде в присутствии ванадат- и молибдатионов (ГОСТ 26657-97).

10. Определение активности уреазы

Уреаза – это фермент, активность которого в сое (бобах, шротах, жмыхах) характеризует степень усваиваемости белков сои в присутствии природных антипитательных веществ.

Активность уреазы (изменение рН в течение 30 минут) – обязательный показатель при использовании в кормах соевых продуктов. Норма показателя рН = 0,02–0,2. Если показатель активности уреазы выше 0,2, то растительный протеин не усваивается в организме рыб.

Активность уреазы оценивают в соответствии с ГОСТ 13979.9-69 «Жмыхи и шроты. Методика выполнения измерений активности уреазы». Сущность метода заключается в изменении рН фосфатного буферного раствора, который образуется в результате воздействия уреазы на содержащуюся в растворе мочевины.

Этапы определения активности уреазы:

- подготовка дистиллированной воды;
- дистиллированную воду кипятят в течение 15 минут для удаления углекислого газа и охлаждают в колбе с закрывающейся пробкой, снабженной трубкой с натронной известью.

Приготовление буферных растворов

Для приготовления буферных растворов А и Б делают две навески однозамещенной и двузамещенной соли калия или натрия в количествах, соответствующих приведенным в табл. 10.

Навески растворяют в дистиллированной воде, заливая их в мерную колбу объемом 1000 см³, после чего доводят объем раствора до 1000 см³. Полученный буферный раствор А хранят в темном месте не более 1 месяца.

Для приготовления буферного раствора Б с мочевиной растворяют мочевины в растворе А в колбе объемом 500 или 1000 см³ из расчета 1,5 г мочевины на 50 см³ раствора А. Раствор Б хранят в темном месте не более 10 суток.

Таблица 10

Количество реагентов для приготовления буферных растворов А и Б

Масса однозамещенной соли, г		Масса двузамещенной соли, г		
KH_2PO_4	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	NaHPO_4 безводный	$\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
3,4	–	3,5	–	–
3,4	–	–	5,7	–
3,4	–	–	–	8,95
–	3,9	3,5	–	–
–	3,9	–	5,7	–
–	3,9	–	–	8,95

Проведение испытаний:

1. Готовят три навески пробы измельченного материала массой $(1 \pm 0,01)$ г и помещают в стеклянные стаканы объемом 100 и 150 см³.
2. В один стакан приливают 50 см³ раствора А и помещают его на водяную баню с температурой 30 ± 2 °С.

3. Во второй и третий стаканы с интервалом в 5 минут приливают по 50 см³ раствора Б и помещают их немедленно на ту же водяную баню. Время термостатирования 30 минут, при этом каждые 5 минут следует перемешивать содержимое стаканов стеклянной палочкой, заканчивая перемешивания за 5 минут до конца нагрева.
4. По истечении 30 минут выдержки жидкость над осадком из каждого стакана декантируют (сливают раствор с осадка) в стаканчики прибора и определяют рН каждого раствора в соответствии с прилагаемой к прибору инструкцией.

Обработка результатов

Активность уреазы (А) в единицах рН вычисляют по формуле

$$A = \text{pH}_1 - \text{pH}_0,$$

где pH_1 – значение рН в опытном измерении (с раствором Б),

pH_0 – значение рН в контрольном измерении (с раствором А).

За окончательный результат измерения принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных измерений, расхождения между которыми не должны превышать 30 % от среднего арифметического значения рН. Все вычисления проводят с записью результата до второго десятичного знака.

Практические задания

ЗАДАНИЕ 1. Определите общую кислотность двух предложенных образцов корма. Сравните полученный результат, заполните протокол анализа.

<i>Номер образца / пробы</i>	<i>Общая кислотность корма</i>	
	<i>образец № 1</i>	<i>образец № 2</i>
Наименование образца		
Дата выработки		
Проба № 1		
Проба № 2		
Среднее значение		

ЗАДАНИЕ 2. Определите активность уреазы в шроте соевом и сое полножирной. Дайте характеристику показателя активности уреазы, объясните его значение.

Показатель	Шрот соевый		Соя полножирная	
	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2
pH_1				
pH_0				
Активность уреазы, ед. рН				
Среднее значение А, ед. рН				

ЗАДАНИЕ 3. Оцените качество растительного масла по показателям окислительной порчи, опираясь на ГОСТ 1129-2013. Заполните карточку анализа. Сравните показатели.

Показатель	Вид масла	
	подсолнечное	оливковое
Сорт		
Цвет, запах		
Кислотное число, мг КОН		
Перекисное число, ммоль($^{1/2}O$)/кг		

5.4. Методы контроля с использованием современного оборудования

Современные методы оценки качества входящего сырья и готовых рыбных кормов предполагают использование аналитического оборудования с высокой степенью референтности полученных данных.

1. Определение аминокислотного состава сырья и кормов с применением ВЭЖХ

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ, англ. HPLC, High performance liquid chromatography) – это физико-химический анализ разделения сложных смесей, где подвижной фазой (элюентом) является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу, иногда под давлением. Неподвижной (стационарной) фазой служит твердое пористое вещество (часто его называют сорбентом) или пленка жидкости, нанесенная на твердое вещество.

Принцип разделения ВЭЖХ основан на распределении образца между подвижной и неподвижной фазами. В зависимости от химического состава анализируемого вещества молекулы замедляются при прохождении стационарной фазы. Специфические межмолекулярные взаимодействия между молекулами образца и сорбентом определяют в свое время «на колонке». Следовательно, различные компоненты образца элюируются в разное время. Таким образом достигается разделение ингредиентов образца.

Растворитель (элюент) подается насосом под высоким давлением и с постоянной скоростью через систему. Блок детектирования (например, УФ-детектор) распознает ингредиенты образца после выхода из колонки. Сигналы преобразуются и записываются с помощью системы управления данными, а затем отображаются на хроматограмме.

Для решения аналитических задач часто используется **элюентный метод**, который имеет ряд преимуществ: полное разделение, непрерывную регенерацию сорбента, хорошую воспроиз-

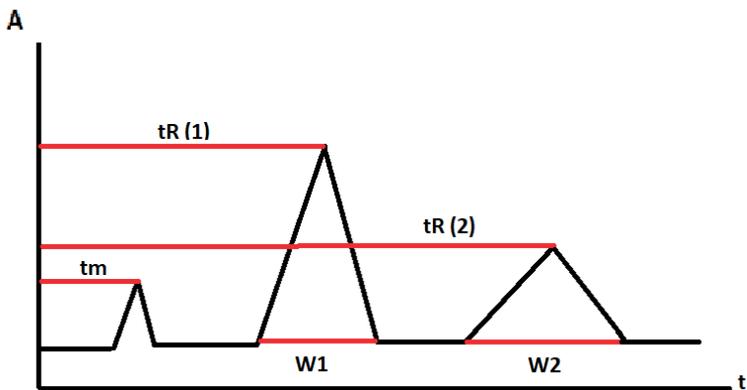


Рис. 2. Элюентная хроматограмма:

A – сигнал прибора; t – время или объем подвижной фазы;
 tR – время удерживания (от момента ввода анализируемой пробы до момента регистрации максимума хроматографического пика);
 W – удерживаемый объем [Саяхов, Кривошеев, 2020]

водимость параметров удерживания. На рис. 2 представлена элюентная хроматограмма.

В зависимости от анализируемого вещества жидкостная хроматография подразделяется на адсорбционную, распределительную, ионообменную и эксклюзионную.

Метод, в основе которого лежит принцип действия ВЭЖХ, широко используется в химии, биологии, биотехнологии, экологии, пищевой промышленности, фармакологии и других сферах деятельности. Применительно к оценке качества рыбных кормов ВЭЖХ могут быть использованы для изучения физико-химических свойств и точного определения содержания компонентов сырья и готовых кормов.

Определение аминокислот происходит методом **ионообменной хроматографии**.

Сущность метода определения свободных форм аминокислот заключается в том, что пробу экстрагируют разбавленной соляной

кислотой и экстрагированные вместе с аминокислотами азотистые макромолекулы осаждают сульфосалициловой кислотой и отфильтровывают. Фильтрат доводят до значения $\text{pH} = 2,20$ ед.

Подготовка проб сырья и корма:

- для определения аминокислотного состава сырья и корма исследуемую пробу тщательно перемешивают и измельчают до прохода через сито с размером пор 0,5 мм;
- пробы с высокой влажностью перед измельчением должны быть высушены при температуре не выше 50 °С или лиофилизированы, а пробы с высоким содержанием жира необходимо обезжирить петролейным эфиром.

Этапы анализа качества сырья методом ВЭЖХ:

1. Для определения общего содержания (свободных аминокислот и связанных форм в сумме) перед гидролизом:
 - цистин (цистеин) и метионин должны окисляться до цистеиновой кислоты и метионин сульфона соответственно;
 - тирозин должен определяться в гидролизатах неокисленных проб;
 - другие аминокислоты могут определяться в окисленных и неокисленных пробах.
2. Окисление проводят при температуре 0 °С смесью надмуравьиной кислоты с фенолом.
3. Избыточный окислитель разлагается дисульфидом натрия.
4. Окисленные или неокисленные пробы подвергают гидролизу с соляной кислотой молярной концентрации 6 моль/дм³.
5. Метод определения содержания аминокислот проводят в течение 23 часов. Гидролизат доводят до $\text{pH} = 2,20$ ед.
6. Аминокислоты разделяют ионообменной хроматографией, дериватизируют нингидрином и детектируют при длине волны 440–570 нм.

Примеры хроматограмм стандарта аминокислот и окисленного образца корма приведены на рис. 3.

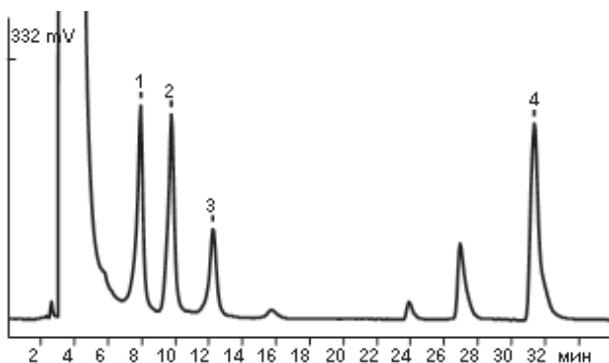


Рис. 3. Хроматограмма стандарта аминокислот (440 нм)
<http://www.prochrom.ru/ru/?idp=hgr&id=20>

Хроматограммы аминокислот могут незначительно отличаться в зависимости от типа анализатора и используемых сорбентов. Выбранная система должна быть способна отделять аминокислоты друг от друга и от нингидрин-позитивных материалов.

Порядок определения аминокислотного состава сырья и кормов и обработка результатов выполняется в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903:2005) «Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот».

2. Определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области

Сущность метода заключается в измерении интенсивности отраженного от анализируемой пробы излучения в ближней инфракрасной области спектра, определении содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги по градуировочным уравнениям, полученным по результатам измерений интенсивности отраженного излучения от образцов с известными значениями определяемых показателей, установленными стандартными химическими методами.

Инфракрасные анализаторы позволяют быстро и достаточно точно оценивать состав входящего сырья и фальсификаты, например рыбной муки. Анализатор инфракрасный (ИК-анализатор) предназначен для измерения интенсивности отражения излучения от анализируемой пробы в ближней инфракрасной области (от 800 до 2500 нм) с индикацией результатов на экране персонального компьютера или дисплее прибора (рис. 4).



Рис. 4. БИК анализатор «ИнфраЛЮМ ФТ-12»

Принцип работы анализатора основывается на обеспечении получения непрерывных спектров поглощения (или пропускания) в диапазоне длин волн в ближней инфракрасной (БИК) области. Данные спектры представляют собой отношение двух энергетических спектров: спектра образца к фоновому спектру. Фоновый спектр – это энергетический спектр встроенного в «ИнфраЛЮМ ФТ-12» образца сравнения (имитатора кюветы для исследуемых образцов).

Работа анализатора основана на однолучевой схеме измерения, в которой в первую очередь регистрируется фоновый спектр, затем спектр образца, потом автоматически рассчитывается спектр поглощения (пропускания) образца.

Для формирования связи между полученным спектром и концентрациями компонентов исследуемого образца анализатор «ИнфраЛЮМ ФТ-12» нуждается в предварительной градуировке.

С этой целью используется набор стандартных (контрольных) образцов, идентичных образцам, которые в дальнейшем будут анализироваться. Он включает образцы, свойства которых охватывают весь спектр возможных значений определяемых показателей и свойств анализируемых образцов.

Образцы градуировки анализируются стандартными химическими методами для определения в них значений показателей, затем производится регистрация их спектров и рассчитывается градуировочная модель, связывающая спектральные данные со свойствами образца. Для расчета модели используют методы мультивариантной математики.

Подготовка проб сырья для исследования качества методом ИК-спектроскопии

Анализируемую пробу измельчают, переносят в плотно закрывающуюся емкость (кювету) и, после ее охлаждения до комнатной температуры, используют для снятия спектра.

При необходимости анализируемую пробу хранят в герметично закрытой стеклянной или пластиковой емкости в сухом темном месте в течение рекомендуемого срока хранения для исследуемого продукта.

Анализируемые пробы муки животного происхождения, кормовой муки из рыбы и морепродуктов, травяной муки, а также комбикормов с высоким содержанием этих видов сырья хранят в холодильнике.

Этапы анализа качества сырья методом ИК-спектроскопии:

1. Подготовка ИК-анализатора к работе: прибор включают и выводят на режим измерений в соответствии с инструкцией производителя по эксплуатации. Перед проведением измерений поверхность измерительной кюветы или защитного стекла интегрирующей сферы прибора тщательно очищают.
2. Снятие спектров градуировочных (контрольных) образцов согласно инструкции к прибору.

3. Анализ образца: оператор устанавливает кювету с пробой в автосамплер прибора, с помощью компьютера выбирает из меню программу анализа и запускает процесс измерения. Дальнейшие действия происходят автоматически. Результаты анализа выводятся на монитор компьютера (рис. 5).

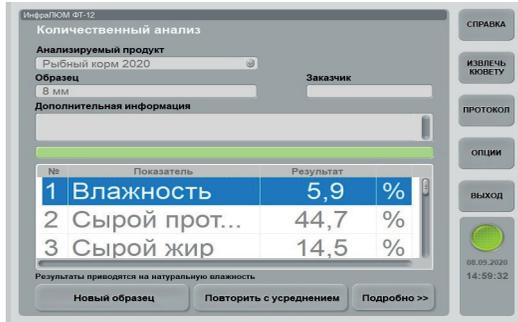


Рис. 5. Количественный анализ: результаты измерения

Оператор может распечатать протокол или сохранить результаты в базе данных. Продолжительность анализа 1,5 минуты.

Лабораторная работа

Заполните карточку анализа корма или комбикормового сырья согласно протоколу анализа. Нормативы показателя смотреть в требованиях ГОСТа (технических условиях) на оцениваемый образец. Сделайте заключение о качестве образца.

Протокол анализа:

1. Определить и записать вид сырья и дату выработки.
2. Определить и записать органолептические показатели.
3. Определить и записать зараженность вредителями.
4. Определить и записать процентное содержание влаги в корме, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки.
5. Определить и записать общую кислотность, перекисное и кислотное числа.

6. Оценить качество испытуемого образца, сравнив с нормативными требованиями.

Карточка анализа

Дата заполнения

(дд.мм.г.)

<i>Порядковый номер</i>	<i>Показатель</i>	<i>Норма согласно ГОСТ или ТУ</i>	<i>Значение показателя</i>
1	Вид сырья		
2	Дата выработки		
3	Внешний вид		
4	Цвет		
5	Запах		
6	Зараженность		
7	Влага, %		
8	Сырой протеин, %		
9	Сырой жир, %		
10	Сырая клетчатка, %		
11	Сырая зола, %		
12	Общая кислотность, °Н		
13	Перекисное число, ммоль($^{1/2}$ О)/кг		
14	Кислотное число, мг КОН		

5.5. Бактериологические методы исследования

1. Определение общего количества микробных клеток

Оценка общей концентрации микроорганизмов является обязательным этапом определения качества кормов и сырья, из которого они изготавливаются.

Порядок проведения анализа:

1. Для определения общего количества микробных клеток в корме в стерильную пробирку помещают 1 г исследуемого корма, взятого из среднего образца (взятие корма для навески одно-разовое), добавляют 9 мл физиологического раствора и тщательно встряхивают (получают разведение 1:10).
2. Из полученной взвеси готовят следующие разведения (1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000, 1:1000000). После оседания взвешенных частиц из верхнего слоя жидкости делают посевы.
3. Для количественного учета микробного обсеменения в стерильные бактериологические чашки вносят по 1 мл каждого разведения и заливают 10–15 мл стерильного, расплавленного и охлажденного до температуры 44–45 °С мясопептонного агара.
4. Осторожно покачивая чашки, засеянный материал равномерно распределяют в агаре. После застывания среды чашки помещают (вверх дном) в термостат при температуре 37 °С.
5. После 24–48-часового термостатирования проводят подсчет выросших колоний только в чашках, где содержатся не более 300 колоний.

Обработка результатов анализа

Результаты, полученные при подсчете колоний, умножают на разведения, суммируют и определяют количество микробов в 1 г корма.

Например, в первой чашке оказалось 200 колоний, во второй – 21, в третьей – 1. В эти чашки посев проводили из пробирок с разведениями соответственно 1:10 000, 1:100 000 и 1:1 000 000. Следовательно, 1 г корма содержит:

$$200 \times 10000 + 21 \times 100000 + 1 \times 1000000 = 1,7 \text{ млн микробных клеток.}$$

2. Выделение и изучение сальмонелл:

S. typhi*, *S. paratyphi A* и *S. choleraesuis

Сырье животного происхождения (рыбная, мясо-костная и др.) часто является источником сальмонеллы, включение этих про-

дуктов в рыбный комбикорм может приводить к его контаминации. Источники растительного белка, в частности соевые и рапсовые жмыхи и шроты, также могут загрязняться сальмонеллой, вызывающей кишечные расстройства.

Порядок проведения анализа:

1. Навеску исследуемого материала 50–200 г (50 г от 10 и менее, 100 г от 10 до 100 и 200 г от 101 и выше упаковочных единиц) измельчают в стерильной фарфоровой ступке и помещают в колбу, содержащую среду предварительного обогащения (пептонная вода, МПБ с содержанием 5%-го маннита) при соотношении материала и среды 1:5.
2. Содержимое колбы тщательно перемешивают и помещают в термостат при температуре 37 °С. Через 16–18 часов производят посевы в бактериологические чашки с твердыми дифференциально-диагностическими средами: висмут-сульфит агар, средой Плоскирева или Левина (по две чашки) и на две (по выбору) основные среды обогащения (селенитовый бульон, магниевую среду, среды Киллиана, Мюллера, Кауфмана) в соотношении 1:5. Лучшими являются селенитовый бульон и магниевая среда.
3. После 16–18 часов выдерживания в термостате при 37 °С из обогатительных сред бактериологической петлей производят вторично посевы в чашки с твердыми дифференциально-диагностическими средами, которые помещают в термостат при 37 °С.
4. Засеянные чашки просматривают через 16–24–48 часов.

Обработка результатов анализа

На висмут-сульфит агаре *S. typhi* и *S. paratyphi* А растут в виде мелких, нежных, серовато-зеленых колоний с черным центром; *S. choleraesuis* – в виде зеленых колоний. Колонии почти всех других сальмонелл значительно крупнее, темно-коричневого цвета с металлическим блеском, окруженные светлым ореолом, цвет участка среды под колонией черный. На среде Плоскирева сальмонеллы растут в виде прозрачных или нежно-розовых колоний.

В случае обнаружения колоний, подозрительных на сальмонеллы, 3–5 из них засевают на комбинированную среду Ресселя или на двусахарный (лактоза, глюкоза) агар, а лучше на трехсахарный (лактоза, глюкоза, сахароза), «скошенный столбик» с мочевиной.

1. Высев колоний из чашек также делают на короткий пестрый ряд, включающий скошенный агар и среды Гисса с лактозой, глюкозой и сахарозой, а также на бульон Хоттингера для определения индола и сероводорода (в этих целях под пробку пробирки с бульоном вкладывают специальные индикаторные бумажки). Для определения подвижности культуры производят посев уколом в полужидкий агар (0,3–0,5 %).

2. На среду Ресселя и «скошенный столбик» посевы делают сначала штрихом на скошенной поверхности, а затем уколом в глубину столбика. При разложении лактозы косая поверхность окрашивается в синий цвет (при индикаторе ВР). При разложении одной глюкозы окрашивается только столбик среды и происходит разрыв агара со скоплением в нем пузырьков газа. При разложении мочевины в «скошенном столбике» окраска среды меняется на оранжевую при индикаторе ВР и на коричнево-фиолетовую при индикаторе тимоловый синий в сочетании с индикатором Андраде.

3. Посевы выдерживают 16–18 часов в термостате при температуре 37 °С.

Культуры, ферментирующие лактозу, глюкозу и сахарозу с образованием газа и расщепляющие мочевины, не учитывают.

Культуры, не ферментирующие лактозу и сахарозу и не расщепляющие мочевины, подлежат дальнейшему исследованию. Изучают морфологию культуры в мазке, окрашенном по Граму, и подвижность (в висячей или раздавленной капле или в полужидком агаре).

Культуры, представляющие грамотрицательные подвижные палочки, ферментирующие глюкозу с образованием газа, не ферментирующие лактозу и сахарозу, не разлагающие мочевины и не образующие индол, подвергают серологическому исследованию –

испытанию в реакции агглютинации на предметном стекле с набором агглютинирующих сывороток.

Для *реакции агглютинации* используют культуры, выращенные на среде Ресселя или на двусахарном или трехахарном агаре. При этом для реакции агглютинации с О-сыворотками культуру следует брать из верхней части скошенного агара, а для агглютинации с Н-сыворотками – из самой нижней части (конденсационной воды), где микробы наиболее подвижны.

Исследование культуры начинают реакцией агглютинации с поливалентной адсорбированной О-сывороткой основных серологических групп А, В, С, D, Е. Для этого на предметное стекло наносят каплю сыворотки и культуры, тщательно смешивают и в течение 2 минут наблюдают склеивание (агглютинацию) частиц.

Культуры, дающие положительную реакцию агглютинации с поливалентной сывороткой, также проверяют с монорецепторными агглютинирующими сыворотками. Сначала с помощью монорецепторных О-сывороток устанавливают принадлежность культур к той или иной серологической группе. Установив серологическую группу, к которой отнесена данная культура, последнюю проверяют монорецепторными Н-сыворотками сначала первой фазы, затем второй, определяя таким образом серологический тип бактерий в соответствии со схемой Кауфмана – Уайта.

3. Выделение и изучение энтеропатогенных типов *Escherichia coli*

Эшерихия коли (*Escherichia coli*), или кишечная палочка, может быть занесена в рыбные корма с кормовыми ингредиентами или во время производства, обработки, хранения или транспортировки комбикормов. Патогенные штаммы эшерихии коли способны размножаться в тонком кишечнике рыб и человека, вызывая токсикоинфекцию.

Порядок проведения анализа:

1. Для оценки присутствия в корме энтеропатогенных типов *E. coli* 50 г корма помещают в колбу, содержащую 500 мл стерильного физиологического раствора, встряхивают на шуттель-аппарате

в течение 30 минут и из полученной взвеси стерильными пипетками готовят разведения 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000, 1:1000000.

2. По 1 мл каждого разведения вносят в пробирки (по выбору) со средами: Эйкмана, Кесслера или Кода. Посевы помещают в термостат при температуре 43 °С для первых двух сред и при 37 °С для последней.
3. Через 24 часа учитывают рост – на среде Эйкмана по помутнению среды и образованию газа, на средах Кесслера и Кода по изменению цвета сред.
4. Титр кишечной палочки устанавливают по наибольшему разведению, в котором еще наблюдался ее рост.
5. Из пробирок, где наблюдается рост микробов, производят посев на плотные дифференциально-диагностические среды: Эндо, Левина в бактериологических чашках, разделенных на секторы для каждого разведения.

Типичные колонии *E. coli* характеризуются круглой формой, гладкой, выпуклой или слегка приподнятой в центре поверхностью, ровными краями, розового, красного или малинового цвета с металлическим блеском или без него на среде Эндо или черного цвета на среде Левина.

Обработка результатов анализа

Выросшие изолированные колонии S-формы (не менее 4) пересевают на МПБ, выдерживают в течение 16–24 часов в термостате при температуре 37 °С.

После этого одну часть пробирок используют для приготовления мазков, посева на дифференциально-диагностические среды, заражения мышей; вторую – для приготовления автоклавируемого антигена, если кипяченый антиген не будет агглютинироваться поливалентными (комплексными) коолисыворотками.

У выделенных культур определяют морфологические и культурально-биохимические свойства с целью проведения их родовой дифференциации.

Морфологию бактерий изучают в мазках, окрашенных по Граму, подвижность определяют по характеру роста в 0,3%-ном полужидком МПА.

Для определения *культурально-биохимических* свойств бактерий используют набор питательных сред, куда входят среды с углеводами и индикатором Андраде (лактоза, глюкоза, сахароза, маннит, дульцит, адонит, инозит), среда Кларка, цитратно-аммонийная среда, МПЖ, среда с мочевиной, МПБ или бульон Хоттингера и агар с глюкозой и сернокислым железом.

Патогенные свойства кишечной палочки определяют путем постановки биологической пробы на белых мышах. С этой целью внутрибрюшинно заражают трех мышей весом 14–16 г смывом с суточных агаровых культур в дозе 500 млн микробных тел. Концентрацию бактерий устанавливают по бактериальному стандарту. Культуру признают патогенной в случае гибели одной или более мышей в первые 4 суток после заражения.

Серологическую типизацию культур кишечной палочки по О-антигену проводят с целью установления энзоотических типов одновременно с определением морфологических, культурально-биохимических и патогенных свойств бактерий.

Для приготовления антигена каждую предназначенную для типизации суточную агаровую культуру (пробирка со скошенным агаром) смывают стерильным физиологическим раствором хлористого натрия, доводят суспензию бактерий до концентрации 5–6 млрд/мл и кипятят в водяной бане в течение 1 часа. Вода должна полностью закрывать уровень культуры в пробирках. На чистое обезжиренное стекло наносят пастеровской пипеткой по капле каждой комплексной О-сыворотки, разведенной физиологическим раствором 1:5, и по капле исследуемого антигена. Затем хорошо перемешивают стеклянной палочкой или петлей. Реакция протекает при комнатной температуре в течение 3 минут при покачивании стекла.

В том случае когда антиген агглютинируется всеми комплексными сыворотками, его проверяют с физиологическим раствором для исключения самоагглютинации. Самоагглютинирующие ан-

тигены для серотипизации непригодны. Антигены, давшие четко выраженную агглютинацию на стекле с комплексной колисывороткой, исследуют в капельной реакции агглютинации с отдельными разведенными 1:10 типоспецифическими сыворотками, входящими в состав комплексной сыворотки. Если антиген из исследуемой культуры агглютинируется в капельной РА с одной или двумя-тремя моносыворотками, то его проверяют с этими же сыворотками в пробирочной РА, так как реакция на стекле имеет лишь ориентировочное значение.

Для постановки пробирочной РА типоспецифические О-сыворотки, агглютинирующие антиген из исследуемой культуры в РА на стекле, разводят физиологическим раствором, начиная с 1:100 до предельного титра сыворотки, указанного на этикетке, и во все пробирки добавляют по 2 капли антигена (концентрация 5–6 млрд бактериальных тел по бактериальному стандарту), приготовленного из убитой нагреванием агаровой культуры обнаруженных бактерий. Одновременно ставят контроли:

I. Антиген + физиологический раствор (для исключения самоагглютинации).

II. Сыворотка, разведенная 1:100, без антигена (для исключения явления флоккуляции). Штатив с пробирками встряхивают и ставят на 12–16 часов в термостат при 37 °С, затем выдерживают при комнатной температуре 18–24 часа. Реакция учитывается при помощи лупы или агглютиноскопа. Принадлежность к О-группе определяют по наивысшему разведению типоспецифической агглютинирующей сыворотки, вызывающей агглютинацию антигена исследуемой культуры, которое должно быть не ниже половины предельного титра типоспецифической сыворотки. Сыворотка и антиген в контроле не должны образовывать хлопьев.

Если все комплексные О-колисыворотки в капельной реакции не агглютинируют антиген из убитой нагреванием культуры, то из этого штамма готовят суспензию бактерий и автоклавируют ее при давлении пара 1 атм (120°) в течение 2 часов для разрушения термостабильного А-антигена. Автоклавируемый антиген исследуют с сыворотками 08, 09 и 0101.

4. Выделение и изучение анаэробных бактерий

Порядок проведения анализа:

1. Для выделения и изучения анаэробных бактерий в корме 50 г исследуемого образца растирают в стерильной ступке с физиологическим раствором и засевают в несколько пробирок со средой Китта-Тароцци, молоком и по две чашки со средами Вильсона – Блера и кровяным агаром по Цейслеру.
2. Для уничтожения вегетативных форм по одной пробирке с жидкими средами прогревают при температуре 80 °С в течение 20 минут. Посевы помещают в термостат при температуре 37 °С. Чашки должны находиться в специальных аппаратах для анаэробных культур или в эксикаторе, куда заранее вносят тот или иной поглотитель кислорода.

Обработка результатов анализа

Результаты посевов регистрируют в первый же день. Характерными признаками для *Clostridium perfringens* являются:

– почернение среды Вильсона – Блера в течение 1–3 часов после посева;

– свертывание молока с образованием ноздревато-губчатого сгустка и прозрачной сыворотки в течение 6 часов;

– быстрое начало роста на среде Китта-Тароцци (через 4–5 часов) при обильном газообразовании.

Рост *Clostridium botulinum*, наблюдаемый обычно на 2–3-й день, характеризуется:

– помутнением среды Китта-Тароцци;

– образованием осадка и запахом прогорклого масла.

При обнаружении роста на среде Китта-Тароцци производят микроскопическое исследование и выделение чистой культуры посевом на 2–3 чашки с кровяным агаром по Цейслеру, которые выдерживают в анаэробных условиях при температуре 37 °С в течение 24–48 часов, после чего просматривают рост в чашках и отбирают культуры, которые классифицируют по морфологическим и биохимическим свойствам.

Биологическую пробу проводят на морских свинках или белых мышах путем внутрибрюшинного заражения бульонной культурой. При положительном результате подопытные животные гибнут через 12–48 часов.

Для идентификации отдельных возбудителей или типов одного вида ставят опыт нейтрализации токсина специфической сывороткой. Для этого минимальную смертельную дозу культуры в смеси с 0,2–0,5 мл соответствующей типоспецифической сыворотки выдерживают в термостате 45 минут и вводят мышам внутрибрюшинно. Для контроля испытываемую культуру или фильтрат вводят мышам без сыворотки. Вид и тип микроба определяют по выживаемости мышей, получивших соответствующую сыворотку.

При исследовании кормов на ботулизм (наличие токсинов) в качестве подопытных животных используют белых мышей. При этом могут быть применены два способа.

1. Нейтрализация токсина противоботулиновой сывороткой (антитоксином):

- корм предварительно растирают в ступке со стерильным физиологическим раствором (1:4) и настаивают в течение 1–2 часов при комнатной температуре;
- настой центрифугируют и фильтруют через ватно-марлевый фильтр;
- к 0,5 мл фильтрата добавляют 0,2 мл поливалентной противоботулиновой сыворотки;
- смесь выдерживают 1 час при комнатной температуре, затем одному животному вводят подкожно 0,5 мл фильтрата, другому – смесь фильтрата с сывороткой в той же дозе.

Аналогичное испытание может быть проведено с 6–7-суточной культурой, выращенной на печеночном бульоне. В этом случае пастеровской пипеткой отбирают верхний слой культуры, который фильтруют через ватно-марлевый фильтр. Далее поступают так же, как указано выше.

2. Разрушение токсина кипячением фильтрата:

- готовят фильтрат (как указано выше);
- одну половину фильтрата кипятят в течение 30 минут;

- затем одному животному внутрибрюшинно вводят 0,5–1,0 мл некипяченого фильтрата, другому – в этой же дозе прокипяченного.

Положительным результатом биологической пробы по первому и второму способам считают гибель мышей, наступившую как от фильтрата, не обработанного противоботулиновой сывороткой, так и от фильтрата, не подвергнутого кипячению.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите бактериологические методы анализа сырья и комбикормов.
2. Содержание каких микотоксинов обязательно проверяется в кормах для форели?
3. Содержание каких микотоксинов обязательно проверяется в кормах для карпов?
4. Назовите максимально допустимое значение ОМЧ и ОЧГ (кое/г) в кормах для рыб.
5. Назовите минимальное значение корма, в котором не допускается содержание патогенных микроорганизмов, сальмонелл и эшерихий.

6. Приборы и оборудование для контроля качества кормов

В лаборатории качества кормов должны быть созданы условия для проведения испытаний комбикормов для рыб на соответствие требованиям ГОСТ 10385-2014 и анализа качества сырья, используемого при производстве рыбных кормов на соответствие ветеринарно-санитарным и гигиеническим требованиям.

Оснащение лаборатории должно обеспечивать возможность оценить органолептические показатели качества, показатели кормовой ценности (физико-химические показатели качества) и показатели безопасности комбикормов для рыб. С этой целью лаборатория должна быть оснащена соответствующим оборудованием (табл. 11).

Таблица 11

Приборы и оборудование для определения качества сырья

<i>Оборудование</i>	<i>Ссылка на методы исследования</i>	<i>Спектр анализа</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
ИК-анализатор	ГОСТ 32040-2012 ГОСТ 32041-2012	Показатели питательности: сырой протеин, сырой жир, зола, клетчатка, влага
pH-метр pH-150МИ (1...14 pH, портативный)	ГОСТ 13496.12-98	Общая кислотность корма и комбикормового сырья
У17-ЕКГ	ГОСТ 28497-2014	Определение крошимости гранул корма
Рассев лабораторный РА-3	ГОСТ 28497-90 ГОСТ 13496.8-72 ГОСТ 13496.13-75	Определение крупности комбикорма в виде россыпи и крупки. Определение размера гранул, крошимости гранул и экструдата и др. Подготовка лабораторных проб к анализу

1	2	3
Мельница лабораторная LM-250	ГОСТ 13496.8-72 ГОСТ 13496.13-75 ГОСТ 51419-99	Измельчение корма, подготовка испытуемых проб к анализу
Сито пробивное, круглое отверстие (диаметр сит 1–9 мм). Поддон, крышка, металло-тканое сито (диаметр 0,5; 0,8; 1; 2; 2,5 (мм))	ГОСТ Р 51568-99 Сита лабораторные из металлической проволочной сетки	Просеивание корма, ситовой анализ корма и сырья, фракционный состав, определение содержания мучки и примесей
Люминоскоп ТАГЛЕР ЛН-3У «Сова»	Руководство по эксплуатации прибора, методические рекомендации по люминесцентному анализу пищевых продуктов	Определения качества пищевых продуктов (мука, зерно, жиры растительные и животные, мясо и др.) методом люминесцентного анализа
СЭШ-3М-02 Таглер	ГОСТ Р 54951-2012 ГОСТ Р 57059-2016 ГОСТ 13496.3-92	Определение массовой доли влаги корма, высушивание образцов
Весы аналитические AND HR-250AZG (252 г, 0,1 мг, внутренняя калибровка) и др.	ГОСТ 24104-2001	Определение навесок анализируемой продукции
Баня ТАГЛЕР БП-4030 песчаная (2 в 1, плита 300×400 мм, до +330 °С + лоток)	Выполнение методик согласно требованиям ГОСТ 10385-2014 и пр.	Нагрев и высушивание всевозможных растворов, смесей, проб и образцов
Спектрофотометр	Колориметрические методы, спектрофотометрические методы ГОСТ 26657-97	Технологический контроль различных отраслей промышленности. Определение концентрации белка, активности ферментов, содержания макроэлементов и пр.

1	2	3
Аппарат Кьель-даля полуавтоматический (Вилитек АКВ-10)	ГОСТ Р 53951-2010 ГОСТ 26889-86 ГОСТ 13496.4-93 ГОСТ 30648.2-99 и др.	Для определения массовой доли белка в рыбных кормах, минерализации образцов для спектрофотометрии
Полуавтоматический аппарат Сокслета (Вилитек АСВ-6М)	ГОСТ 23042-2015	Для определения массовой доли жира и экстракции, позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на проведение анализов
Муфельная печь	ГОСТ 32933-2014 (ISO 5984:2002)	Озоление проб корма
Автоклав Ламинарный шкаф (бокс)	ГОСТ Р 51426-2016	Бактериологический анализ кормов

Глоссарий

Агар – смесь полисахаридов сложного состава (агароза, агаропектин), добываемая из морских водорослей. При растворении в горячей воде образует гель и используется как отвердитель микробиологических питательных сред.

Агглютинация – явление слипания клеток микроорганизмов в жидкой культуре с образованием комков, хлопьев под воздействием специфичных для них антител агглютининов (иммуноглобулинов классов G и M), входящих в состав диагностических сывороток.

Аквакультура (от лат. aqua – вода и cultura – возделывание, уход) – разведение и (или) содержание и выращивание объектов аквакультуры в искусственно созданных условиях или естественной среде обитания, а также их выпуск в водные объекты рыбохозяйственного значения с целью изъятия или пополнения запасов водных биоресурсов.

Антигены бактериальные – вещества, входящие в состав бактериальной клетки или являющиеся продуктами ее обмена, обладающие свойствами антигенов. Различают несколько групп А. б.: О-антигены (соматические) – все антигены, заключенные внутри клетки, к ним относятся также токсичные термостабильные белки – эндотоксины; Н-антигены (жгутиковые) – белки жгутиков; К-антигены (капсульные) – полисахариды капсулы; а также внеклеточные антигены.

Антиоксиданты (антиокислители) – вещества, способные подавлять процессы окисления других веществ молекулярным кислородом.

Бета-глюкан (β-глюкан) – полисахарид β-D-глюкозы; синтезируется и накапливается в клетках грибов, микроорганизмов, злаков.

Валовая энергия – суммарная энергия, которая поступает в организм вместе с питательными веществами корма.

Влага – вода, выделяющаяся из анализируемой пробы при высушивании ее до постоянной массы.

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ, англ. HPLC, High performance liquid chromatography) – физико-химический анализ разделения сложных смесей веществ, подвижной фазой в котором является жидкость.

Гидролизат – продукт, полученный в результате проведенного гидролиза.

Гидролизные дрожжи – продукт биосинтеза, полученный из непищевого сырья, в корм вносятся в качестве источника белка и витаминов.

Гидроперекиси – первичные продукты окисления липидов в виде быстрореагируемых перекисных соединений.

Дрожжи кормовые – дрожжи, выращиваемые на пентозах, остающихся при производстве этанола из гидролизатов древесины. Биомасса *Д. к.* содержит большое количество белков (около 60 % на сухую биомассу); сухая биомасса любых дрожжей, используемая в производстве кормов, как получаемая специально, так и являющаяся отходами производств (дрожжи пивоваренного производства, спиртового производства и др.).

Кислотно-перекисное число жира – показатель окислительной порчи корма.

Кишечная палочка (Escherichia coli) – граммотрицательная бактерия семейства энтеробактерий. Имеет форму палочки со слегка закругленными концами (0,4–0,8 × 1–3 мкм), спор не образует, подвижная, факультативный анаэроб. Сбраживает глюкозу, лактозу и другие углеводы (см. муравьинокислое брожение). *К. п.* – один из наиболее обычных представителей нормальной кишечной микрофлоры млекопитающих. Выделяется с фекалиями в окружающую среду. Присутствие *К. п.* в исследуемых пробах почвы, воды свидетельствует об их фекальном загрязнении (см. колититр). Классический объект микробиологических и молекулярно-генетических исследований.

Клостридии (Clostridium) – род спорообразующих палочковидных бактерий; обычно подвижны; грамположительные; при спорообразовании клетка образует полиморфные варианты. Анаэробы. Сбраживают углеводы (сахаролитические *К.* – воз-

будители маслянокислого и ацетонобутилового брожения), азотистые вещества (пептолитические *K.*). Мезофилы и термофилы. Обитатели воды, почвы, илов, пищевых продуктов. Ряд видов патогенны: *C. botulinum* – возбудитель ботулизма; *C. perfringens* и *C. histolyticum* – возбудители газовой гангрены; *C. tetani* – возбудитель столбняка.

Колонии – видимые невооруженным глазом скопления клеток или мицелия, образуемые в процессе роста и размножения микроорганизмов на (или в) плотном питательном субстрате. Различаются у разных микроорганизмов по величине, характеру поверхности, консистенции, окраске, что зависит от размеров клеток, наличия жгутиков, спор, капсулы. В естественных условиях *K.* возникают на поверхности пищевых продуктов, на почве, гниющих остатках растений и т. п. В лабораторных условиях *K.* получают при посеве микроорганизмов на агаризованные питательные среды. Характеристика *K.* учитывается при определении вида микроорганизма.

Кормовой коэффициент (КК) – число, показывающее количество корма в весовых единицах (мг, г, кг), которое надо скормить рыбе, чтобы получить одну весовую единицу прироста выращиваемой продукции.

Культивирование – обеспечение условий для размножения микроорганизмов в искусственных условиях (in vitro).

Моль (М) – единица количества вещества, определяемая количеством содержащихся в физической системе тождественных структурных элементов (атомов, молекул, ионов). В 1 М содержится столько же структурных элементов, сколько атомов в нуклиде углерода ^{12}C массой 0,012 кг, т. е. $6,022 \times 10^{23}$.

Молярность, мольность – число молей растворенного вещества в 1 л раствора. Например, одномолярный раствор содержит 1 моль вещества на 1 л.

Мясопептонный бульон (МПБ) – среда для культивирования гетеротрофных микроорганизмов. Помимо экстрактивных веществ из говяжьего мяса (или рыбного фарша), содержит 0,5 %

поваренной соли и 1 % пептона. Имеет слабощелочную реакцию.

Обменная энергия (метаболизируемая / физиологически полезная) – разность между перевариваемой энергией и энергией нефкальных выделений через жабры, почки и поверхность тела рыбы.

Общая проба корма – включает разовые пробы, отобранные в разных участках хранилища.

Однородная партия корма – количество корма, которое изготавливается по единой технологии в одну смену, затаренное в мешки или в незатаренном виде (насыпью) и доставленное одним видом транспорта.

Партия корма – это любое количество однородного корма, изготовленного по одному рецепту и предназначенное к одновременному приему, сдаче или хранению.

Патогенность – качественное свойство видов микроорганизмов, способных образовывать токсины, обладающие высокой активностью по отношению к отдельным тканям организма хозяина или широкого спектра действия, что приводит к возникновению клинической картины болезни. П. вместе с инфекционностью и инвазивностью определяют болезнетворность микроорганизма.

Перевариваемая энергия корма – это энергия, которая поступает с кормом за вычетом энергии экскрементов.

Перекисное число – показатель, характеризующий количество первичных продуктов окисления липидов (гидроперекисей и пероксидов), выраженный в миллимолях активного кислорода в 1 кг липидов.

Пероксиды – первичные продукты окисления липидов в виде труднорагазируемых перекисных соединений, образующихся при глубоком окислении.

Питательность корма – свойство корма удовлетворять потребность рыбы в энергии и питательных веществах.

Пробиотики – живые микроорганизмы, которые положительно влияют на жизнедеятельность организма рыбы, контролируют

ют нормальную работу пищеварительной системы; предотвращают развитие дисбактериоза и инфекционных заболеваний бактериальной и вирусной этиологии.

Рацион – порция и состав корма на определенный период кормления рыбы.

Рыбная мука – компонент комбикормов, необходимый источник белка и аминокислот; вырабатывается из отходов рыбопереработки.

Средняя проба корма – минимальное количество исследуемого корма, которое по химическому составу и свойствам соответствует данной партии корма.

Сырая клетчатка – часть углеводов пробы, из которых состоят стенки клеток комбикормового сырья растительного происхождения.

Сырой жир – смесь триглицеридов жирных кислот и сопутствующих жироподобных веществ пробы.

Сырой протеин – суммарное содержание всех азотистых веществ пробы, определяемое по количеству общего азота, умноженному на коэффициент 6,25.

Точечная проба корма – небольшое количество корма, отобранное с одного участка хранилища.

Уреаза (карбамид-аминогидролаза; КФ 3. 5. 1. 5) – фермент, относящийся к классу гидролаз, катализирующий гидролитическое расщепление мочевины с образованием аммиака и диоксида углерода.

Хроматограмма – результат регистрирования зависимости концентрации компонентов на выходе из колонки от времени.

Хроматография – метод разделения и анализа смесей, основанный на различном распределении их компонентов между двумя фазами – неподвижной и подвижной (элюентом). Может основываться на разной способности компонентов к адсорбции (адсорбционная *X*.), абсорбции (распределительная *X*.), ионному обмену (ионообменная *X*.) или др. В зависимости от агрегатного состояния элюента различают газовую и жидкостную *X*. Хроматографическое разделение проводят в труб-

ках, заполненных сорбентом (колоночная X.); в капиллярах длиной в несколько метров, на стенки которых нанесен сорбент (капиллярная X.); на пластинках, покрытых слоем адсорбента (тонкослойная X.); на бумаге (бумажная X.). Широко используется в исследовательской практике для выделения индивидуальных веществ, как средство контроля чистоты веществ и др. Первые исследования с применением X. проведены русским физиологом растений М. С. Цветом в 1903 году при изучении пигментов зеленого листа.

Чистая энергия – оценивается как обменная энергия без учета энергии, которая затрачивается на переваривание и усвоение пищи; расходуется организмом на поддержание жизни, двигательную активность и процессы роста.

Энергия генеративного обмена – расходуется организмом для формирования половой системы и созревания половых продуктов.

Энергия пластического обмена – разность между чистой энергией и энергией, которая расходуется организмом на поддержание жизни и двигательную активность.

Список литературы

1. *Аршавский Д. С.* Корма для рыб: особенности состава и технологии // БиоМар. Международная выставка Fishtech-2016 : материалы конф. (Москва, 12–15 сентября 2016 г.). – Москва, 2016.
2. *Гамыгина Е. А.* Корма и кормление рыб : учебно-методический комплекс дисциплины по специальности (направлению): 110901.65 – Водные биоресурсы и аквакультура. – Москва : МГУТУ, 2012. – 175 с.
3. *Комиссарова Т. Н.* Зоотехнический анализ кормов : учебно-методическое пособие для лабораторных занятий студентов, обучающихся по направлению подготовки 36.03.02. «Зоотехния» / Т. Н. Комиссарова, Т. П. Логинова. – Нижний Новгород : ФГБОУ ВО НГСХА, 2017. – 46 с.
4. *Козлов В. И.* Аквакультура / В. И. Козлов, А. Л. Никифоров-Никишин, А. Л. Бородин. – Москва : КолосС, 2013. – 445 с. (URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953203586.html>)
5. *Кормление рыб* : методические указания по выполнению лабораторных работ для направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура / сост.: И. В. Поддубная, Л. А. Сивохина, С. П. Москаленко, А. А. Васильев ; ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 75 с.
6. *Кошак Ж. В.* Комбикорм для радужной форели // Наше сельское хозяйство : ветеринария и животноводство. – 2016. – № 18. – С. 2–5.
7. *Лагуткина Л. Ю.* Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 67–78.
8. *Литусов Н. В.* Сальмонеллы : иллюстрированное учебно-методическое пособие / Н. В. Литусов, А. П. Козлов. – Екатеринбург : Изд-во УГМА, 2012. – 51 с.
9. *Литусов Н. В.* Эшерихии : иллюстрированное учебно-методическое пособие. – Екатеринбург : Изд-во УГМА, 2016. – 36 с.
10. *Максимова Е.* Комбикормовая промышленность России демонстрирует стабильность /// Ценовник : сельскохозяйственное обозрение. – 2018. – № 5. – С. 8–9.
11. *Максимова Е.* Корма для рыб: современные решения // Рыбная сфера. – 2015. – № 2 (13). – С. 6–8.

12. *Михайлова Н. А.* Научное обеспечение процессов производства продукционных экструдированных кормов для канального сома : дис. ... канд. техн. наук по специальности 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств». – Воронеж, 2017. – 183 с.
13. *Микробиологический словарь-справочник / А. П. Красильников, Т. Р. Романовская.* – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : Асар, 1999. – 399 с.
14. *Мышкин А. В.* Современное кормопроизводство: вызовы и перспективы развития на базе комплексного взаимодействия науки, производителей комбикормов и сырья // Научное обеспечение развития товарной аквакультуры до 2030 года в Российской Федерации : материалы докладов Всерос. конф. (Москва, 16 мая 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 10–11.
15. О безопасности кормов и кормовых добавок : технический регламент Таможенного союза (ТР 201_/00_/ТС). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200083875>. – Текст : электронный.
16. *Титарев Е. Ф.* Холодноводное форелевое хозяйство. – Рыбное, 2008. – 280 с.
17. *Пономарев С. В.* Индустриальная аквакультура : учебник / С. В. Пономарев, Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева. – Астрахань, 2006. – 312 с.
18. *Поддубная И. В.* Кормление рыб : методические указания по выполнению лабораторных работ для направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура / И. В. Поддубная, Л. А. Сивохина, С. П. Москаленко, А. А. Васильев ; ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016.
19. Республика Карелия в цифрах'2019 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). – Петрозаводск, 2019. – 65 с.
20. Русско-английский словарь терминов по микробиологии / В. А. Дмитриева, В. В. Дмитриев ; АН СССР, Ин-т биохимии и физиологии микроорганизмов. – Москва : Наука, 1991. – 248 с.
21. *Саяхов Р. И.* Высокоэффективная жидкостная хроматография : методические указания к лабораторной работе / Р. И. Саяхов, Е. А. Кривошеев. – Казань, 2020. – 21 с.
22. *Сидоров В. С.* Экологическая биохимия рыб. Липиды. – Ленинград : Наука, 1983. – С. 18–37.

23. *Скляр В. Я.* Корма и кормление рыб в аквакультуре : учебное пособие. – Москва : ВНИРО, 2008. – 150 с.
24. *Сорвачев К. Ф.* Основы биохимии питания. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 246 с.
25. *Стрельцова С. В.* Переваривание белка и жира искусственных кормов радужной форелью (*Salmo irideus* Gibb.) / С. В. Стрельцова, Л. Ю. Ольшанская. – Москва : ГосНИОРХ, 1974. – Т. 97. – С. 23–28.
26. *Стыскин Е. А.* Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография / Е. А. Стыскин, Л. Б. Ицисон, Е. В. Брауде. – Москва : Химия, 1986. – 208 с.
27. *Шустин А. Г.* Эффективность использования экструдированных комбикормов для карпа и радужной форели : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2002. – 24 с. (URL: <http://www.dslib.net/technologie-kormov/jeffektivnost-ispolzovanija-jekstrudirovannyh-kombikormov-dlja-karpa-i-raduzhnoj.html>)
28. *Naumovski M.* Influence of the cage fish production on the microbiological saprobity of the water / M. Naumovski, L. Stankovic, J. Ziberoski // *Moder. Agriculture.* – 1993. – Vol. 1, № 6. – P. 298.
29. *Ziberoski J.* Qualitative and quantitative composition of the water microflora and on the surface of the different fish species raised in different regions in Macedonia / J. Ziberoski, M. Naumovski // *Macedonian agricultural review.* – 1995. – Vol. 16, № 1. – P. 45–52.
30. *Petrovic O.* Microbiological examination of the quality of the surface water / O. Petrovic, S. Gain, M. Matavulj, Z. Radovic. – *Inst. for microbiology, Univ., Novi Sa,* 1998. – P. 230.
31. ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб. Общие технические условия».
32. ГОСТ 13496. 18-85 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кислотного числа жира».
33. ГОСТ 31485-2012 «Комбикорма, белково-витаминно-минеральные концентраты. Метод определения перекисного числа (гидроперекисей и пероксидов)».
34. ГОСТ 32040-2012 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области».

35. ГОСТ 13979.9-69 «Жмыхи и шроты. Методика выполнения измерений активности уреазы».
36. ГОСТ 13979.2-94 «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения массовой доли жира и экстрактивных веществ».
37. ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903:2005) «Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот».

Приложения

Приложение 1

Нормативы показателей безопасности кормов для рыб

<i>Наименование показателя</i>	<i>Допустимый уровень</i>
Наличие признаков заплесневения	Не допускается
Наличие слежавшихся, плотных комков	Не допускается
Посторонний запах (затхлый, плесневый, гнилостный)	Не допускается
Наличие тканей жвачных животных	Не допускается
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не допускается
Содержание металломагнитной примеси частиц размером до 2 мм, мг/кг, не более:	
– для двухлеток и трехлеток	15,0
– сеголеток, племенного молодняка, производителей	30,0
Токсичность в биопробе	Не допускается
Содержание хлорорганических пестицидов, мг/кг, не более:	
альдрин (один или в сумме с дильдрином)	0,01
гексахлорбензол	0,01
гептахлор (в сумме с гептахлорэпоксидом)	0,01
ГХЦГ (сумма изомеров)	0,05
ДДТ (сумма метаболитов)	0,05
полихлоркамфен (токсафен)	0,01
тиодан (эндосульфат)	0,005
хлордан (сумма изомеров)	0,02
эндрин	0,01
Содержание гербицидов группы 2,4-Д, мг/кг, не более:	0,1
ТМТД (тирам)	0,01
Содержание токсичных элементов, мг/кг, не более:	
ртуть	0,1
кадмий	0,4

свинец	5,0
мышьяк	2,0
фтор	20,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	30 для форели; 20 для карпа
Содержание гидроперекисей (1/2 O), ммоль/кг, не более	23,6 для форели; 15,7 для карпа
Содержание пероксидов (1/2 O), ммоль/кг, не более	55,1 (47,2*)
Содержание альдегидов, г/100 мл, не более	1,0 (0,7*)
Содержание микотоксинов, мг/кг, не более:	
афлатоксин В1	0,005 (для форели)
Т-2 токсин	0,5 (для карповых)
ОЧГ, КОЕ/г, не более	5×10
ОМЧ, КОЕ/г, не более	5×10
Наличие патогенных микроорганизмов:	
сальмонеллы в 25,0 г	Не допускается
патогенные эшерихии в 50,0 г	Не допускается
Содержание диоксинов, нг ВОЗ-ТЭФ/кг, не более	1,75
Содержание маркерных полихлорированных бифенилов, мг/кг, не более	0,2
Содержание диоксиноподобных полихлорированных бифенилов нг ВОЗ-ТЭФ/кг, не более	3,5
Содержание радионуклидов, Бк/кг, не более:	
цезий-137	200
стронций-90	140

**Содержание основных питательных веществ
в кормовом сырье**

<i>Вид сырья</i>	<i>Вода, %</i>	<i>Сырой протеин, %</i>	<i>Сырой жир, %</i>	<i>Сырая клетчатка, %</i>	<i>БЭВ, %</i>	<i>Сырая зола, %</i>
Компоненты животного происхождения						
Рыбная мука (нежирная)	8–10	62,1	2,3	–	5,3	12,8
Рыбная мука (жирная)	8–10	65	11,3	–	1,9	6,9
Крилевая мука	10–12	44,0	13,2		21,3	3,5–4,7
Мясная мука	8,5	57,0	15,6	–	4,2	14,7
Мясокостная мука	9–10	40–50	11,2	–	3,8–4,6	10,2
Кровяная мука	10,0	67,5	2,5	–	5,2	10–12
Обрат сухой	8–12	37–40	0,5–1,2	–	46,0	3,8–8,0
Компоненты растительного происхождения						
Глютен кукурузный	12	55	9	0,2	20,8	3
Глютен пшеничный	8–10					
Кукуруза	14,8	10,2	4,7	2,7	66,1	1,5
Пшеница	12,0	14,7	2,4	2,6	66,8	1,8
Мука пшеничная	13,0	12,7	1,9	2,2	68,4	1,8
Травяная мука бобовых	13,4	12,6	2,8	23	46,8	1,4
Соя (боб)	12,2	32,0	4,7	7,3	27,6	0,3
Шрот соевый	10	44,0	2,7	6,2	31,9	3,7
Жмых соевый	12,9	38,5	7,6	4,8	30,7	5,5
Мука соевая	13,2	31,9	4,8	5,2	41,3	5,1
Соя полножирная	11,4	37,0	15,3	4,7	28,4	3,2

<i>Вид сырья</i>	<i>Вода, %</i>	<i>Сырой протеин, %</i>	<i>Сырой жир, %</i>	<i>Сырая клетчатка, %</i>	<i>БЭВ, %</i>	<i>Сырая зола, %</i>
Компоненты растительного происхождения						
Жмых подсолнечный	8,8	39,2	10,2	13,0	22,5	6,3
Шрот подсолнечный	9,8	41,1	3,6	14,1	21,9	6,5
Горох	13,6	22,2	1,9	5,4	54,1	2,8
Бобы кормовые	15,0	26,0	1,5	7,5	46,8	1,5
Овес	13,3	10,7	4,1	9,9	58,7	3,3
Рожь	13,0	12,7	1,9	2,2	68,4	1,8
Ячмень	13,0	10,5	2,3	5,5	65,7	3,0
Отруби пшеничные	15,5	14,9	3,2	8,6	53,2	4,8
Отруби ржаные	15,0	15,5	3,4	8,1	53,7	4,4
Дрожжи гидролизные сухие	9,8	45,8	0,2	0,3–0,4	33–35	3,2
Дрожжи кормовые сухие	10	45,5	1,5	0,29	35,1	2,8

**Содержание лимитирующих аминокислот
в комбикормовом сырье**

Вид сырья	Аминокислотный профиль, %				
	Лизин	Метионин + цистин	Фенил-аланин + тирозин	Триптофан	Гистидин
Рыбная мука	4,72	2,31	4,35	0,59	1,45
Мясокостная мука	5,7	0,5	1,8	0,05	1,5
Кровяная мука	7,45	2,32	8,47	1,04	5,14
Крилевая мука	9,7	3,2	9,7	1,2	2,7
Обрат сушеный	2,93	1,29	9,96	0,52	3,51
Дрожжи кормовые	1,5	1,14		0,62	
Глютен кукурузный	1,14	2,88	5,45	0,40	1,42
Глютен пшеничный	1,3	3,27	7,61	0,61	1,79
Соевая мука	2,4	1,1	3,51	0,59	1,05
Пшеничная мука	0,228	0,40	0,83	0,127	0,23
Водорослевая мука	0,37	0,48	–	–	0,2
Мука зародышей пшеницы	2,04	0,11	2,55	0,3	0,75
Шрот соевый	2,7	0,61	2,58	0,59	1,17
Шрот подсолнечный	1,2	0,78	3,20	0,45	1,01

**Перечень анализируемых показателей по изучению
качества кормов для форели**

<i>№</i>	<i>Нормируемый показатель качества корма</i>	<i>Методическое сопровождение</i>
Физико-химические показатели		
1	Форма и размер гранул	ГОСТ 13496.8-72
2	Влага, %	ГОСТ Р 54951-2012
3	Белок, %	ГОСТ 32044.1-2012
4	Переваримость белка, %	ГОСТ Р 51423-99
5	Зола, %	ГОСТ 26226-95
6	Клетчатка, %	ГОСТ 31675-2012
7	Содержание питательных веществ	ГОСТ 32040-2012
8	Содержание свободных жирных кислот, мг/КОН/г	ГОСТ 31663-2012
9	Сырой жир, %	ГОСТ 32905-2014
10	Сырой протеин, %	ГОСТ 32044.1-2012
11	Энергетическая ценность, ккал/100 г	ГОСТ 52346-2005 (ссылка на метод. указания)
12	Лизин / Лизин гидрохлорид, %	ГОСТ 13496.21-87
13	Метионин, %	ГОСТ 13496.22-90
14	Цистин, %	ГОСТ 13496.22-90
15	Витамин А, МЕ/кг	ГОСТ 26573.1-93
16	Витамин Д3, МЕ/кг	ГОСТ 32043-2012
17	Витамин Е, мг/кг	ГОСТ 32043-2012
18	Кальций, %	ГОСТ 32343-2013
19	Фосфор, %	ГОСТ 32041-2012
20	Натрий, %	ГОСТ 32343-2013
21	Магний, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
22	Железо, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
23	Цинк, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
24	Медь, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
25	Марганец, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
26	Йод, мг/кг	ГОСТ 28458-90

27	Селен, мг/кг	ГОСТ Р.4.1.1672-03
Показатели окислительной порчи		
28	Кислотное число, мг КОН/г	ГОСТ 13496.18-85
29	Перекисное число, ммоль/кг, % J ₂	ГОСТ 31485-2012
Микробиологические показатели		
30	Общее микробное число, КОЕ/г	ГОСТ 25311-82
31	Salmonella sp., КОЕ/г	ГОСТ 25311-82
32	Escherichia coli, КОЕ/г	ГОСТ 30726-2001
Токсичные элементы		
33	Ртуть, мг/кг	ГОСТ 26927-86
34	Кадмий, мг/кг	ГОСТ 26933-86
35	Свинец, мг/кг	ГОСТ 26932-86
36	Мышьяк, мг/кг	ГОСТ 26930-86
Микотоксины		
37	Афлатоксин В ₁ , мг/кг	МУ ГУВ от 07.04.1980 МР ВАСХНИЛ от 21.11.1986
38	Т-2, токсин, мг/кг	ГОСТ 28001-88
Пестициды		
39	Гексахлорциклогексан (сумма изомеров), мг/кг	МУ по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде под ред. М. А. Клисенко. Т. 1–2. 1992
40	ДДТ (сумма ДДТ, ДДД, ДДЭ), мг/кг	
41	Гептахлор (сумма гептахлора и гептахлорэпоксида), мг/кг	
42	Альдрин (альдрин или в сумме с дильдрином), мг/кг	

Учебное издание

Кучко Тамара Юрьевна
Матросова Светлана Владимировна
Сидорова Наталья Анатольевна

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РЫБНЫХ КОРМОВ

Учебно-методическое пособие

Редактор *И. И. Куроптева*
Художественный редактор *Е. В. Лавренова*

Подписано в печать 20.10.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 6,51. Тираж 45 экз. Изд. № 204

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

ISBN: 978-5-8021-3803-8



9 785802 138038