

*В.И.Сидорова¹, Н.И.Январева¹ С.Ж.Асылбекова²,
С.К.Койшибаева², Н.С.Бадрызлова², А.Е.Ахметов³*

¹КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности,
г. Алматы, Казахстан

²КазНИИ рыбного хозяйства, г. Алматы, Казахстан,

³Казкорм, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ РЫБ*

Аннотация. При производстве экструдированных кормов для рыб необходимо проводить предварительный подбор и подготовки компонентов. Следует создать конструкцию ствола экструдера и проводить контроль плотности гранул, удалять влагу после экструдирования, следить за содержанием жира в готовом корме, водостойкостью гранул. Кроме того, производственный процесс в целом должен быть налажен. Разработка новых эффективных технологий и техники производства кормов для рыб направлена на оптимизацию основного состава за счет введения специальных добавок, продуктов вторичной переработки сырья с целью повышения качества, улучшения переваримости и усвояемости рыбных кормов.

Ключевые слова: технология, комбикорм, стартовый, производственный, протеин, экструдер, ресурсосбережение.

• • •

Түйіндеме. Балықтарға арналған экструзияланған құрама жемдер өндірісінде компоненттерді алдын ала іріктеу, олардың дайындау, экструдер оқпанының құрылымы, түйіршіктердің тығыздығын бақылау, экструзия лаудан кейін ылғалды кетіру, дайын жем құрамындағы майдың мөлшері, түйіршіктердің суға төзімділігі, сондай-ақ жалпы өндіріс үдерісі маңызды. Балықтарға арналған жем өндірісінің жаңа тиімді технологиялары мен техникасын әзірлеу балық жемдерінің сапасын жоғарылату, олардың қорытылуын және сіңірілуін жақсарту мақсатында арнайы қоспалар, шикізаттарды екінші қайтара өңдеу өнімдерін қосудың есебінен негізгі құрамды оңтайландыруға бағытталған.

Источник финансирования исследований – Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан.

Түйінді сөздер: технология, құрама жем, старттық, продукциялық, протейн, экструдер, ресурстарды үнемдеу.

• • •

Abstract. In the course of production of extruded fish feedings, it's highly important to consider preliminary design of components, their preparation, design of extruder tube, density control of granules, elimination of moisture after extrusion, oil content in the prepared feed, water resistance of granules, as well as the production process as a whole. The development of new efficient technologies and methods of fish feeding manufacturing is focused on optimization of the basic composition by means of incorporation of specific additives and recycled resources for the purpose of improving the quality, increasing digestibility and accessibility of fish feedings.

Key words: technology, compound feed, initial, product, protein, extruder, resource-saving.

Введение. В настоящее время ужесточаются требования по контролю всех этапов производства, участвующего в "пищевой цепочке". Принятие жестких санитарных норм вынуждает производителей рыбы отказываться от давних партнеров, вырабатывающих комбикорма для рыб в рассыпном или гранулированном виде. Они вынуждены переходить к новым, у которых на производстве внедрены передовые технологии, в частности гигиенизация, позволяющая вырабатывать безопасные корма.

Согласно принятой программе "Агробизнес – 2020", в рамках которой предусмотрено развитие рыбоводства в Казахстане, одним из направлений является создание производства специальных экструдированных комбикормов, предназначенных для выращивания рыб в садках и УЗВ (установке замкнутого водоснабжения). Экструдированные рыбные корма, производимые на специализированных заводах, таких как Skretting, BioMar, Coppens, Aller Agua, Merke, Aguarex и др., и полнорационные корма характеризуются высоким качеством, а значит, и соответствующей ценой, на которую, кроме того, накладываются затраты за доставку. Тем не менее при выращивании товарной рыбы в промышленных условиях заменить эту группу кормов ничем. Несмотря на высокие цены, товарное выращивание рыбы на импорт-

ных кормах рентабельно, так как повышается темп ее роста, уменьшается количество заболеваний и случаев гибели молоди. В состав кормов входят высокобелковые и высокожирные компоненты, в которых содержится 45-50 % протеина и 12-30 % жира. Такая питательность обеспечивает минимальный расход корма на единицу прироста рыбы, что и привлекает отечественных покупателей. Высокие цены на эти корма компенсируются низкими кормовыми затратами. Вместе с тем развитие отечественного рыбоводства не может ориентироваться только на зарубежную кормопroduкцию. Дело не только в высоких ценах полной зависимости от валютного курса и в неудобствах, периодически возникающих из-за сбоя поставок (ветеринарные или таможенные проблемы). Поставляемые корма не всегда удовлетворяют отечественных рыбоводов, так как условия выращивания рыбы в наших хозяйствах отличны от западных стандартов. Кроме того, хорошо разработанные и выпускаемые в массовом количестве импортные корма ориентированы в основном на те виды рыбы, которые недостаточно отработаны, давно используются в аквакультуре западных стран. Для видов рыбы, типичных для Казахстана, рецептуры зарубежных кормов недостаточно отработаны и не могут обеспечить должную эффективность [1].

Технологии, которые предлагаются сейчас на казахстанском рынке, уже более десятка лет являются нормой для европейских производителей кормов и заслуженно признаны эффективными различными санитарными и эпидемиологическими организациями. Такое внимание технологиям производства комбикормов уделяется не напрасно. Ведь производители кормов находятся в самом начале "пищевой цепочки", где от качества технологического оборудования и технологии термообработки зависит гигиеническая безопасность кормов. Завод, обладающий современным оборудованием, находится на несколько уровней выше своих конкурентов, когда речь заходит о безопасности вырабатываемой продукции. Лишь при скормливании рыбам высококачественных кормов можно быть уверенными в безопасности производимой продукции. Это очень важно для развития

новых рынков сбыта безопасных кормов.

Высокая степень безопасности комбикормов – основное требование, предъявляемое к их производству. Следует сосредоточиться на том, чтобы исключить наличие бактерий, патогенных микроорганизмов, плесени, а также повторное загрязнение кормов. Улучшение качества кормов, их питательной ценности (например, энергетической ценности, уровня антипитательных веществ, прочности гранул на истирание и др.) посредством дополнительных технологических процессов, естественно, повышает стоимость вырабатываемых комбикормов. Однако целевые усовершенствования необходимы. Как показывают современные исследования, например, вакуумная технология ввода жира может значительно увеличить содержание его в кормах, уменьшить истирание гранул. Новый продукт с улучшенными свойствами обойдется дороже, но будет более конкурентоспособным [2].

До настоящего времени многие предприятия занимались производством безопасных рассыпных комбикормов, установкой экспандеров, классическим гранулированием с последующим измельчением, химической обработкой корма с вводом в него различных препаратов и обработкой углекислым газом. У всех способов есть свои достоинства и недостатки, но один большой недостаток, характерный для них, в том, что результаты по отсутствию бактериального заражения после обработки на этих системах не устраивают современных экспертов, дающих свое контрольное заключение.

На протяжении последних лет основным условием, при котором обеспечивается безопасность корма, признано сочетание температуры нагрева продукта до 85-90 °С и периода удерживания не менее 4 мин. Грануляторы и экспандеры при всех своих достоинствах не гарантируют необходимую термообработку, несмотря на высокое давление и температуру. Корм проходит зону обработки в течение нескольких секунд, поэтому становится безопасной только внешняя оболочка частиц корма [1-5].

Для получения функциональных, биологически полноценных и экологически чистых комбикормов наилучший способ вы-

работки – экструдирование, т. е. обработка кормов нагреванием, пропариванием при резком перепаде искусственно создаваемого давления на специальных установках.

Технология экструдирования предусматривает как "сухую" экструзию, при которой экструдирование происходит при помощи тепла, вырабатываемого в процессе прохождения экструдированного продукта через несколько ограничителей в стволе экструдера, так и возможность использования пара, которая удваивает производительность. Процесс экструзии занимает 30-80 с. За короткое время сырье проходит стадии тепловой обработки, обеззараживания, увеличения объема, измельчения и смешивания, обезвоживания, стабилизации.

Готовый экструдированный продукт имеет гладкую поверхность, окраску от светло- до темно-коричневой и серой в зависимости от исходных компонентов, приятный запах. Учитывая, что в процессе экструзии происходит гидролиз крахмала с увеличением декстринов и общих сахаров почти в 2 раза можно утверждать, что это будет способствовать лучшей усвояемости корма рыбой.

Цель работы – исследование процесса экструдирования рыбных комбикормов и выбор наилучшего варианта выработки безопасного и с улучшенной конверсией корма.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые в условиях Казахстана изучены особенности выработки комбикормов для форели методом экструдирования. Отработаны технологические режимы: смешивания, измельчения, предел увлажнения, температура сушки гранул и скорость движения транспортерной ленты в сушильной камере, напыление жира.

Методы исследования. При выработке комбикормов для рыб на заводе "Kazkorm" методом экструдирования были отработаны технологические режимы их производства: дозирование, смешивание, измельчение, увлажнение, температура экструдирования смеси, сушка гранул, напыление жира.

При разработке рецептов кормов для рыб был определен физико-химический состав используемых компонентов. Физико-химические показатели компонентов были определены на при-

боре «FOSS» завода ТОО «Kazkorm». Физико-механические свойства комбикормов для форели определялись по таким показателям, как: объемная масса, водостойкость, крошимость, разбухаемость гранул и коэффициент водопоглощения.

Пробы экструдированных комбикормов отбирали в соответствии с ГОСТ 13496.0. Образцы просеивали через сито диаметром 2 мм (ГОСТ 13496.8) и подвергали анализам по органолептическим, физико-химическим показателям. Определяли объемную массу, крошимость гранул, угол естественного откоса, сыпучесть и период самоуплотнения. Коэффициент водопоглощения, влажность и гранулометрический состав определяли по ГОСТ 13496.3-92 (ИСО 6496-83). Внешний вид и цвет устанавливаются органолептически. Определение запаха – по ГОСТ 13496.13, крошимость – на приборе 17- ЕКГ по ГОСТ 28497-90. Плотность или объемную массу гранул вычисляли через показатели массы и объема гранул.

Комбикорма для рыб выработаны в количестве 500 кг.

Результаты исследования и обсуждение. В настоящее время особенно актуальна проблема организации кормления и выращивания ценных видов рыб. При этом одним из наиболее важных моментов в решении задачи остается разработка рецептов новых физиологически полноценных, сбалансированных по составу комбикормов, способствующих повышению эффективности выращивания молоди и товарной рыбы в индустриальных условиях. Из опытов с другими видами животных известно, что физическое состояние отдельных ингредиентов рациона зачастую определяет степень переваримости корма в целом. Поэтому для обеспечения высокой рыбопродуктивности и экономического расхода искусственных кормов при выращивании рыбы в разных условиях содержания, необходимо знать ее потребности в протеине, жире, энергии, витаминах, макро- и микроэлементах. Потребности рыб в кормах и питательных веществах зависят от многих факторов, в первую очередь от окружающей водной среды. Необходимо учитывать возраст рыбы и ее физиологическое состояние и, как следствие, питательную ценность комбикормов при индустриальном выращивании форели (табл.1).

Питательная ценность экструдированных комбикормов для форели

Показатель питательности	Единица измерения	Живая масса	
		до 5 г	5 г и свыше
Обменная энергия	МДж/кг	13,0	12,0
Массовая доля сырого протеина, не менее	%	45,0	38,0
Массовая доля жира, не менее	%	8,0	8,0
Массовая доля сырой клетчатки, не более	%	2,5	5,0
Массовая доля лизина, не менее	%	2,3	1,8
Массовая доля метионина+цистина, не менее	%	1,2	0,9
Массовая доля фосфора, не менее	%	0,8	1,0
Кислотное число жира, не более	мг КОН в 1 г	30,0	70,0
Перекисное число жира, не более	%J/г	0,2	0,3
Массовая доля влаги, не более	%	10,0	

Поскольку в настоящее время комбикормовая промышленность перестала производить традиционные компоненты, которые входили в состав разработанных ранее рецептов комбикормов для рыб, поэтому основной задачей при разработке новых рецептов комбикормов как стартовых, так и продукционных, является совершенствование их состава с использованием нового эффективного кормового сырья [6].

Сейчас появляются новые, весьма питательные кормовые компоненты растительного и животного происхождения, содержащие легкоусвояемый протеин, ценные углеводы и другие вещества: этими веществами могут быть отходы или вторичное сырье перерабатывающих производств. Изучение питательности нового высокобелкового кормового сырья позволяет решать проблему выработки новых эффективных стартовых и продукционных комбикормов для ценных видов рыб, организовать выращивание молоди и товарной рыбы на интенсивной основе.

Для рыб характерно большое разнообразие физиологичес-

ких особенностей органов пищеварения. Поэтому прежде чем включать тот или иной корм в рацион рыбы, следует знать: может ли пищеварительная система рыбы переварить его и абсорбировать продукты переваривания? Разработка научно обоснованного кормления рыб прежде всего связана с изучением потребностей в корме и питательных веществах на протяжении всего периода их выращивания и изменения параметров окружающей среды. Потребность рыб в корме и питательных веществах в них обычно складывается из количества, направленного на поддержание жизни и количества, способствующего продукции прироста массы рыбы и половых продуктов. Определение количества потребности каждого в отдельности процесса по разграничению питательных веществ, которые идут на поддержание жизни в продукцию, устанавливается с помощью специальных физиологических методов. Вместе с тем необходимо отметить, что такое разграничение выявить очень сложно, поскольку происходящие обменные процессы организма взаимосвязаны и их трудно разделить. Имеются более упрощенные методы определения количественных потребностей в корме и питательных веществах, когда составляется комбикорм, который скармливается рыбе. Если при скармливании этого комбикорма рыба по физиологическим показателям дает хорошую продуктивность, значит, этот корм полноценный по питательным веществам и его можно считать оптимальным. Химический состав комбикорма и содержание питательных веществ можно принимать по показателю потребности [7].

Установлено, что такой способ определения потребности в корме и питательных веществах можно изменять на других составах комбикормов по ранее установленным потребностям рыб. Если у выращенной рыбы все физиолого-биохимические показатели будут в норме, то можно считать, что потребности в кормах и питательных веществах определены правильно и их можно использовать в дальнейшем.

Одним из важнейших питательных веществ, влияющих на рост, работу всех физиологических систем в организме, является протеин, который играет существенную роль в энергетичес-

ком обмене у рыб, поскольку от него зависит темп роста. Расход азота у них в 3-5 раз больше, чем у теплокровных животных. Основным источником протеина в комбикормах для ценных видов рыб выступает дорогостоящая и нередко дефицитная рыбная мука, которая служит основным источником заменимых и незаменимых аминокислот и других азотсодержащих компонентов.

При производстве и хранении рыбной муки в ней образуются перекисные, свободные жирные кислоты и другие продукты окисления, оказывающие токсичное действие на печень рыб. Разработана технология производства кормовой муки для рыбоводства с применением нового антиокислителя - анфелана, позволяющего удлинить срок хранения кормовой муки и улучшить ее качество. Заменителями рыбной муки в кормах могут стать как животные, так и растительные источники протеина.

Рост и формирование сопровождаются развитием пищеварительной системы рыб. Именно поэтому в состав стартовых комбикормов необходимо вводить легкоусвояемые высокобелковые компоненты и гидролизаты белка.

Из высокобелковых растительных компонентов, применяемых в кормопроизводстве для рыб, используют бобовые культуры, а также жмыхи и шроты зерновых культур. К бобовым, используемым в практике кормления рыбы, относятся соя, горох, люпин и чечевица. В составе их семян находится до 25-30 % протеина. Отходами маслобойного производства являются жмыхи и шроты, наиболее богатые белком растительного происхождения. Как правило, жмыхи содержат в 3-5 раза больше жира и в 1,5-2 раза меньше клетчатки, чем шроты, и содержат до 40 % протеина. Наибольшей пищевой ценностью обладает соевый шрот (или жмых), характеризующийся хорошим аминокислотным составом. Подсолнечниковый шрот менее ценен, чем соевый, поскольку содержит повышенный уровень клетчатки (до 15 %). Этот шрот широко используется как в кормлении карпа, так и радужной форели и других видов рыб, его количество в комбикормах может достигать 20-30 %.

Традиционные источники растительного протеина в значительной степени уступают животному протеину прежде всего

по качественному составу и количественному содержанию незаменимых аминокислот.

В настоящее время нашли широкое применение пшеничные зародыши, которые являются продуктом отхода мукомольной промышленности и представляют собой лепестки золотисто-желтого цвета. Это экологически чистый продукт по составу незаменимых аминокислот, белок этого продукта, близок к потребности рыб. Полиненасыщенные жирные кислоты в пшеничном зародыше составляют около 70 % общих липидов и содержат до 1500-3000 мг/кг природных токоферолов (витамин Е), которые являются эффективными антиоксидантами, обеспечивающими сохранность зародышей до 1 года и более. Углеводы представлены простыми сахарами, усвояемость которых составляет 95-100 %.

При разработке рецептов были использованы научно обоснованные нормы ввода тех или иных компонентов в комбикорма для форели (табл. 2).

При расчете рецептов необходимо учитывать содержание жира компонентов в составе комбикормов, оно не должно превышать 5 %. При его превышении существенно затрудняется вспучивание экструдата и идет потеря. Недостающее количество жира по рецепту вводится в комбикорм методом напыления.

В настоящее время рынок предъявляет высокие требования к качеству рыбных кормов. Реализация этих требований возможна путем обогащения кормов (привлечения новых компонентов) и использованием методов специального воздействия на корм, изменяющего структурно-механические и биохимические свойства продукта (экструдирование). Для всех видов рыб существует оптимальная крупность кормов, при которой обеспечивается лучшая продуктивность при меньших затратах корма на получение единицы рыбоводной продукции. Следует отметить, что в республике не разработаны и не изучены рецепты комбикормов для рыб с вводом отходов или вторичного сырья перерабатывающих производств, кормовых добавок, пробиотиков и лечебно-профилактических средств [8].

Нормы ввода компонентов в комбикорма для форели, %

Компонент	Форель	
	сеголетки	товарная рыба
Пшеница	0-20	0-30
Отруби пшеничные	0-5	0-7
Соя полножирная	0-7	0-7
Шрот соевый	0-20	0-40
Дрожжи кормовые	0-15	0-15
Мука: рыбная	0-70	0-50
мясокостная	0-5	0-10
мука кровяная	0-10	0-5
Глютен кукурузный	0-15	0-30
Пшеничный зародыш	0-10	0-40
Пшеничная клейковина	0-10	0-5
Соевый изолят	0-10	0-5
Молоко сухое обезжиренное	0-10	0-5
Жир рыбий	0-15	0-30
Масло подсолнечное	0-3	0-5

Процесс экструдирования происходит следующим образом: приготовленное сырье подается через загрузочный бункер в машину. По мере перемещения в рабочей камере увеличивается степень сжатия, которая определяется отношением площади рабочего канала и суммарной площади фильер на выходе из матрицы. Уплотняясь, продукт прогревается за счет сил трения частиц с поверхности вращающихся рабочих органов и за счет дополнительного источника тепла. Под действием этих двух факторов почти все сырье может подвергаться фазовым превращениям из хрупкого стеклообразного состояния в начале процесса – в высокоэластичное и затем в вязкотекучее.

Фазовые переходы позволяют весь процесс экструдирования разделить на ряд технологических зон: загрузка, сжатие, го-

могенизация и экструзия ("взрыв"). В зоне загрузки изменений в продукте практически не наблюдается. Высокоэластичное состояние продукт приобретает в зоне сжатия. Здесь происходит частичное разрушение клеток крахмала, целлюлозы и лигнина. В зоне гомогенизации продукт приобретает особое состояние – вязкотекучее. В отдельных биополимерах: белке, крахмале, клетчатке – появляются структурные преобразования.

Основные и наиболее существенные изменения в названных компонентах обеспечиваются в зоне экструзии при быстром переносе материала из зоны высокого давления в область атмосферного. Аккумулированная продуктом энергия освобождается со скоростью, примерно равной скорости взрыва, что приводит к вспучиванию, "взрыву" продукта, сопровождающемуся глубоким преобразованием структуры и свойств отдельных питательных веществ. При экструзии в сырье гибнет большая часть микрофлоры (бактерии, грибки) [9-11].

Важнейшим эффектом экструзии, повышающим питательность кормового сырья, является клейстеризация (желатинизация) крахмала. Она начинается с поглощения гранулами (или зернами) крахмала небольшого количества воды. При этом гранулы немного набухают, сохраняя свою форму. Далее с повышением температуры и давления сорбция воды резко усиливается. В результате образуется гомогенная масса с высокой вязкостью и клеящими свойствами. Одновременно происходит разрушение молекул крахмала, и образуются разноразмерные декстрины. При глубокой клейстеризации декстрины мельчают, распадаясь на большое количество сахаров различной молекулярной массы. У оклейстеризованного крахмала резко повышается сорбционная емкость. Он приобретает способность поглощать не только много воды, но и много пищеварительных соков. Процесс ферментативного гидролиза крахмала в пищеварительном тракте значительно облегчается, что существенно повышает его доступность для организма животных и рыб [12,13].

При выработке комбикормов для рыб методом экструдирования были отработаны технологические режимы их производства:

– дозирование компонентов проводилось строго по разработанным рецептам;

– измельчение компонентов достигало 0,2 мм, гранулы получались более прочными и водостойкими;

– увлажнение компонентов проводилось до влажности экструдированной массы 28 % с учетом первоначальной влажности сырья (набора компонентов). Кондиционирование – важный этап технологического процесса. Его назначение – увлажнение и нагревание рассыпных комбикормов горячим сухим паром давлением 0,2-0,5 МПа и температурой 110-128 °С, под действием которого комбикорм смягчается, нагревается до 65-75 °С, становясь более пластичным и, как следствие, создаются лучшие условия для экструдирования. Использование пара для кондиционирования сырья позволяет увеличить производительность экструдера, улучшить форму гранулированных продуктов, снизить износ рабочих частей экструдера;

– подтвердилось, что температура экструдирования комбикорма для форели не должна превышать 128 °С, так как происходит карамелизация сахаров при температуре 130 °С. Гранулы корма становятся очень твердыми и не разбухают в воде, плохо поедаются рыбами или не усваиваются полностью. При температуре экструдирования менее 100 °С комбикорм выходит из экструдера с высокой влажностью, и гранулы получаются рыхлыми и неоднородными. Комбикорма экструдировали при оптимальной температуре 110-128 °С, давлении 4 МПа;

– ввод жира в комбикорма должен проводиться методом напыления. Для этого рыбий жир нагревали до 35 °С и напыляли на гранулы [14,15].

В выработанных методом экструдирования комбикормах определена кормовая питательность (табл. 3). Комбикорма имели высокое содержание протеина и жира и по всем показателям качества соответствовали физиологическим потребностям рыб (форели), требованиям стандартов по питательности и другим технологическим показателям.

Одним из основных технологических показателей качества кормов для рыб является водостойкость – это свойство гранулированных кормов сохранять первоначальную форму в тече-

Таблица 3

Кормовая ценность комбикормов для форели

Содержание компонентов	Корм	
	стартовый	продукционный
Влага, %	8,88	8,03
С. протеин, %	52,02	45,18
С. жир, %	13,8	13,87
С. клетчатка, %	1,44	1,51
Зола, %	10,0	10,52
Линолевая кислота, %	7,2	5,98
БЭВ, %	13,53	18,17
Лизин, %	3,72	3,35
Метионин, %	1,0	0,96
Метионин+цистин, %	1,59	1,62
Триптофан, %	0,82	0,75
Аргинин, %	2,4	2,5
Сахар, %	1,83	1,13
Крахмал, %	3,0	6,28
Фосфор, %	1,06	1,08
Кальций, %	1,36	1,61
В. энергия, ккал/100 г//МДж/кг	505,8 // 21,16	494,85// 20,69
О. энергия, ккал/100 г//МДж/кг	404,6 // 16,9	395,88 // 16,55

ние определенного времени. От этого показателя зависят кормовые потери и питательная ценность кормов при их нахождении в воде. Водостойкость характеризуется в основном такими показателями, как: набухание, разрушение и экстрагирование питательных веществ. Физико-механические свойства комбикормов для форели определяли по показателям: объемная масса, водостойкость, крошимость, разбухаемость гранул и коэффициент водопоглощения. Результаты исследований экспериментальных комбикормов для форели представлены в табл. 4.

При $\rho > 1000 \text{ кг/м}^3$ гранулы тонут очень быстро, опускаясь на дно тем быстрее, чем выше их плотность. Меньшая плотность

Физико-механические свойства комбикормов для форели

Показатель	Рецепты комбикормов для форели	
	стартовый	продукционный
Влажность, %	8,88	8,03
Цвет	Темно-коричневый	Темно-коричневый
Запах	Приятный рыбный	Приятный рыбный
Объемная масса (плотность), кг/м ³	613,1±11,2	563,8±8,5
Размер гранул, мм	2	5
Водостойкость, мин.	825±35,5	725±35,5
Разбухаемость, мин.	122±15	90±20
Крошимость, %	2,5±0,034	2,5±0,022
Коэффициент водопоглощения К	0,83±0,002	0,73±0,002

экструдированных кормов по отношению к плотности воды обусловлена их пористой структурой, образующейся в процессе производства. По результатам лабораторных исследований оба вида корма имели показатель плотности ниже 1000 кг/м³. Контроль и опытный вариант по объемной массе были идентичны как в стартовом, так и в продукционном корме. Стартовый корм для форели ($\rho=613,6\pm 11,2$ кг/м³) и в лабораторных условиях, и в условиях проведения опыта по кормлению форели в хозяйстве погружался медленно в воду и поедался рыбой из толщи воды. Корм продукционный для форели ($\rho=563,8\pm 8,5$ кг/м³) в лабораторных условиях погружался в воду достаточно медленно, а некоторое количество гранул оставалось на поверхности воды. Аналогичная картина наблюдалась при кормлении форели в опытном хозяйстве.

Хорошие результаты показали экспериментальные корма при определении показателя разбухаемости. Нормативное значение данного показателя составляет не менее 30 мин. Стартовый корм для форели при исследовании на разбухаемость гранул (время, за которое первоначальный объем гранул увеличи-

ваются вдвое) показал, что у него выше, чем у продукционного и половина гранул была на поверхности воды, а затем они медленно погружались. Разница во времени составила 30 мин. (122 ± 15 и 90 ± 15 соответственно).

При лабораторном исследовании экспериментальных кормов разрушение гранул обоих типов произошло более чем через 12-15 ч после погружения в воду. Данное обстоятельство объясняется связующими свойствами используемого при производстве кормов сырья, технологическими параметрами производства (уровень давления кормовой смеси в матрице) и жировой оболочкой гранул, препятствующей проникновению воды в её внутреннюю структуру. Этими причинами обусловлены и низкие значения коэффициентов водопоглощения ($0,83 \pm 0,002$ и $0,73 \pm 0,001$ соответственно), которые характеризуют также гигроскопичность кормов. Механическое воздействие на гранулы испытуемых кормов показало их высокую прочность. Крошимость экструдированных кормов для форели составила 0,5 %, что значительно ниже предельно-допустимой отметки в 5 % согласно ГОСТ 28497-90.

Установлено, что при хранении испытуемых комбикормов в значительной степени сохраняются их питательная ценность и доброкачественность белковой и жировой фракции. В незначительной степени изменяется перекисное и кислотное число жира, особенно в образцах комбикорма для тилапии с более низким содержанием жира, но не превышает требования стандарта по этим показателям (кислотное число – 30,0 мг КОН, перекисное число – 0,3 % йода).

Для окончательного установления сроков хранения комбикормов для рыб опыты по их хранению будут продолжены с целью выявления изменений перекисного и кислотного числа жира до допустимых значений, установленных ветеринарным надзором для этих видов комбикормов. Также выявлено, что с увеличением срока хранения водостойкость увеличивается. Так, в исследуемых комбикормах для форели водостойкость составляет 240 и 300 мин. – для тилапии. Через 2 мес. хранения водостойкость стабилизируется, а через 4 мес. эти показатели практически не изменяются. Следовательно, новые комбикорма для

форели и тилапии можно хранить 4 мес. и более. Эти данные получены в стационарном режиме хранения комбикормов в производственном цехе завода и могут служить рекомендуемыми сроками хранения при их производстве.

Выводы

В ходе проведения исследований отработана ресурсосберегающая технология экструдирования комбикормов для форели. Изучены технологические режимы выработки комбикорма и установлено, что необходимо учитывать следующее:

- предварительное измельчение компонентов до частиц размером не более 0,2 мм;
- равномерное увлажнение кормосмеси паром и водой до достижения ею влажности на уровне 26-28 % в зависимости от состава комбикорма;
- температура экструдирования комбикорма не должна превышать 128 °С.

Выбирая передовую технологию термообработки рассыпных комбикормов, мы получаем простую систему для производства продукта нового качественного уровня:

- с хорошей сыпучестью;
- свободным от патогенных бактерий типа *Salmonella* и от плесневых грибов;
- высокой степенью декстринизация крахмала - до 90 %;
- возможностью получения плавающих, тонущих и витающих кормов;
- высокой водосвязывающей способностью;
- устойчивостью формы гранул при замачивании;
- устойчивостью гранул к стиранию;
- стабильностью и устойчивостью при транспортировке;
- использованием отходов для приготовления обогащенных кормов;
- максимально сниженным пылевыделением;
- с улучшенной конверсией корма.

Список литературы

- 1 *Кириллов А.* Россыпной корм нового качества // Комбикорма. – 2011. – № 3. – С. 50.
- 2 *Тищенко П.* Способы обработки зерна и кормов для поросят // Комбикорма. – 2013. – № 10. – С. 41-44.
- 3 *Остриков А., Василенко В., Афанасьев В., Богомолов И.* Экспандирование как способ повышения эффективности АПК // Комбикорма. – 2013. – № 4. – С. 29-32.
- 4 *Остриков А., Василенко В.* Экструдирование комбикормов: новые подходы и перспективы // Комбикорма. – 2011. – № 8. – С. 39-42.
- 5 *Захаров В.* Комбикорма для товарного рыбоводства // Комбикорма. – 2010. – № 6. – С. 34-35.
- 6 *Лапицкая Л.Н.* Питание и пищевые взаимоотношения молоди рыб // Изв. ВНИОРХ. – Т. XLV, 1988.
- 7 *Афанасьев В.А.* Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. – Воронеж: ВГУ, 2002. – 296 с.
- 8 *Кирнс Д.* Совершенствование процесса экструзии аквакормов / Комбикорма. – 2008. – № 8. – С. 45-46.
- 9 *Японцев А.Э.* Технологические особенности производства экструдированных комбинированных кормов для рыб // Изв. Санкт-Петербургского гос. аграрн. ун-та. – 2008. – № 11. – С. 105-107.
- 10 *Комник Г.* Путь к повышению рентабельности производства // Комбикорма. – 2007. – № 6. – С. 41-42.
- 11 *Брылин А.* Передовые технологии обеззараживания кормов // Комбикорма. – 2008. – № 4. – С. 81-82.
- 12 *Величко Е.* Применение новых технологий в экструдировании // Комбикорма. – 2009. – № 3. – С. 24.
- 13 *Кирнс Д.* Экструдированные корма для аквакультуры // Комбикорма. – 2010. – № 6. – С. 70-71.
- 14 *Японцев А.Э.* Отработка технологических режимов при производстве экструдированных кормов для радужной форели // Качество продукции, технологий и образования: – Матер. П.-практ. конф. – Магнитогорск: МГТУ, 2007. – С. 95-96.

15 *Японцев А.Э.* Оценка качества экструдированных кормов для радужной форели // Учёные записки Ин-та сел. хоз-ва и природных ресурсов НовГУ. – 2009. – Т.17, вып. 2. – С. 45-49.

Сидорова В.И., ведущий научный сотрудник лаборатории технологии зернопродуктов и комбикормов, e-mail: kazniipp@mail.ru;

Январева Н.И., ведущий научный сотрудник лаборатории технологии зернопродуктов и комбикормов, e-mail: kazniipp@mail.ru;

Асылбекова С.Ж., кандидат биологических наук, e-mail: kazniirh@mail.ru

Койшибаева С.К., заведующая лабораторией аквакультуры, e-mail: kazniirh@mail.ru;

Бадрызлова Н.С., старший научный сотрудник, лаборатории аквакультуры. e-mail: kazniirh@mail.ru;

Ахметов А.Е. , e-mail: askhat.wfk@mail.ru.