

5. Тарасенко В.Г. Змінення властивостей плодів кабачків у процесі заморожування і тривалого зберігання // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 10 Т. 3 Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 106–112.

6. Тарасенко В.Г. Технологічно-конструктивне обґрунтування процесу підморожування кабачків і гарбузів при підготовці до довготривалого зберігання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.12. Вінниця, 2015. – 20 с.

7. Тарасенко В.Г., Петров В.А., Бойко В.С. Обоснование конструктивной схемы оборудования для процесса подмораживания пищевых продуктов // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності / Збірник тез II міжнародної науково-практичної конференції. – Мелітополь: ТДАТУ-ХДУХТ, 2017. – С. 98–99.

УДК 636.085.6

**Антонишин Ю.Т., кандидат технических наук, доцент,  
Турцевич Е.Ф., Кузменков Р.В.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

### **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭКСТРУЗИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ РЫБ**

Рыбоводство как источник высококачественной пищевой продукции занимает все более важное значение в мире и может успешно конкурировать с животноводством. Обе эти отрасли сельского хозяйства дают продукцию с близкими диетическими свойствами. Среднее содержание съедобной части у крупного рогатого скота составляет 44,6 %, у карпа – 49,8 % общей массы тела, содержание съедобного белка в обоих продуктах одинаково – 8,7 % Рыбы отличаются высокой скоростью роста, малопривередливы к условиям содержания, их мясо высокопитательно и обладает хорошими вкусовыми качествами. Современные методы выращивания рыб базируются на интенсивном кормлении. По использованию кормов на рост рыба превосходит большинство теплокровных животных. Так, если при выращивании теплокровных животных расход концентрированных кормов на единицу привеса составляет 7–10 единиц, а на единицу съедобного белка – до 100 единиц, то для рыб эти показатели в несколько раз ниже – не более 2,5 и 3,5 соответственно.

В рыбоводстве определяющими факторами, обеспечивающими высокие производственные показатели, являются оптимальные условия среды обитания и правильно организованное кормление. Последнее нередко играет решающую роль. В кормлении рыб большое значение имеет качество кормов, отвечающих в полной мере потребностям выращиваемых гидробионтов.

В настоящее время пищевые потребности рыб на этапах индивидуального роста и развития, оптимальные энергетические показатели и содержание основных питательных веществ (протеина, жира, безазотистых экстрактивных веществ и витаминов) установлены в комбикормах.

Однако существующие рецептуры нуждаются в постоянном обновлении. Многие специалисты и учёные продолжают работать над проблемами улучшения качества комбикормов посредством ввода в рецептуру новых компонентов, позволяющих повышать продуктивность, сбалансированность и полноценность кормов.

В настоящее время существует два преобладающих метода изготовления комбикормов для рыб: сухого прессования (гранулирования) и экструдирования.

Гранулирование рыбных кормов осуществляют преимущественно методом сухого прессования. Применение кормовых гранул несомненно более прогрессивно по сравнению с практиковавшимися ранее рассыпными или пастообразными кормами, поскольку в гранулах легче обеспечить постоянство химического состава и гарантированную эффективность. Од-

нако вырабатываемые промышленностью гранулированные корма для рыб часто не обладают достаточной прочностью и водостойчивостью, что приводит к значительным потерям при хранении, перемещении, раздаче и скармливании. Кроме того, распад гранул в воде приводит к загрязнению водоемов и снижению рыбопродуктивности.

Одним из путей снижения потерь комбикормов является применение качественно нового метода изготовления гранул – экструдирования. Изготовленные этим методом корма более водостойки имеют пористую структуру, что позволяет придавать им положительную, отрицательную или нейтральную плавучесть. Плавучесть гранул особенно актуальна при выращивании рыбы в глубоких водоемах с большой площадью, поскольку позволяет визуально контролировать пищевую активность рыб и корректировать нормы кормления.

Основным направлением развития производства кормов в последнее время является создание сбалансированных пищевых продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности. Этому требованию удовлетворяет в полной мере один из наиболее эффективных способов переработки кормового сырья растительного и животного происхождения – высокотемпературная экструзия. Она позволяет осуществлять комплексную переработку исходного сырья в одном виде оборудования с приданием ему новых свойств в результате комплексного воздействия деформации при высоких давлениях и температурах.

Экструзия – универсальный, экологически безопасный и ресурсосберегающий процесс, позволяющий получать легко усвояемые, термостерилизованные кормовые смеси, в то же время, это сложный процесс, преимущества которого недореализованы на практике, а его возможности полностью не изучены.

Благодаря деформациям, которым подвергается материал, в экструдере происходит, кроме основных процессов, дополнительное смешивание и измельчение. Кроме того, в процессе экструзии продукт может терять влажность до 50 % от первоначальной, что позволяет рассматривать возможность включения в состав комбикорма компоненты с повышенным содержанием влаги. Обменное движение воды в сочетании с высокой температурой способствует желатинизации крахмала – деформации наружных слоев крахмальных зерен, образованных амилопектином. Амилоза, составляющая внутреннюю часть крахмального зерна, становится доступной для действия фермента амилазы. Установлено, что после экструзии скорость гидролиза крахмала альфа-амилазой возрастает в 5–6 раз, кукурузного – в 8 раз, при этом скорость высвобождения глюкозы возрастает в 15 раз. Крахмал различных злаковых в разной мере желатинизируется в процессе экструзии. Так, если крахмал кукурузы желатинизируется на 82 %, то при тех же условиях процесса для пшеницы, ячменя и овса этот показатель составляет соответственно 75, 61 и 53 %. Помимо желатинизации наблюдается и деполимеризация крахмала. Содержание декстринов в экструдированной пшенице достигает 23 %, кукурузе – 17 %, ячмене и овсе – 16 %, что в 2–4 раза больше по сравнению с исходным сырьем. Экструзия также повышает растворимость и доступность ферментам углеводов сырой клетчатки.

При обработке зернофуража и других продуктов деформацией при температуре от 110 до 200 °С и давлении от 12 до 20 МПа возникает эффект термостерилизации, снижается микробиологическая обсемененность гнилостными бактериями. Обработка в экструдере активно влияет на молекулу белка, «раскрывает» ее, повышая усвояемость питательных веществ. Экструдирование применяется для получения качественных, легкоусвояемых кормов. Данный вид обработки позволяет совместить ряд операций в одной машине, производить их быстро и непрерывно (составлять композиции из нескольких компонентов, перемешивать, сжимать, нагревать варить, стерилизовать, формовать практически одновременно).

Возможна замена рыбной муки и ее аналогов мукой из экструдированного кератинсодержащего сырья из отходов переработки пера птицы, в котором содержатся питательные вещества, необходимые для роста рыбы: 80–90 % сырого протеина, 3,0–7,0 % жира, 2–4 % сырой золы.

Перьевая мука богата макро- и микроэлементами, среди которых значительную долю составляют железо, сера, цинк, калий, натрий, кальций. В перьевой муке содержатся витамины: пантотеновая кислота, холин, ниацин, рибофлавин, фолацин, В<sub>12</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>2</sub>, холестерол. Перо птицы содержит все незаменимые аминокислоты. По содержанию лизина, метионина, гистидина оно уступает рыбной муке, а по другим (в особенности по цистеину) превосходит ее в несколько раз.

При выходе из экструдера в результате большого перепада давления гомогенная масса вспучивается (происходит ее взрыв). Из отверстия головки экструдера или матрицы выходит вспученный, пористый продукт в виде жгута или гранул разного диаметра, которые легче воды. При этом происходят глубокие деструктивные изменения в питательных веществах. Например, крахмал расщепляется до декстринов и сахаров, протеины подвергаются денатурации. Питательные вещества при этом становятся более доступными для переваривания их рыбой, особенно для хищных видов. Отмечено, что после экструзии улучшаются вкусовые качества кормов, проходит инактивация ингибиторов ферментов, нейтрализация некоторых токсинов и уничтожение их продуцентов, что важно в кормлении рыб.

**Заключение.** Экструзия вызывает денатурацию белков и снижение их молекулярной массы. Развертывание полипептидных цепей облегчает контакт пищеварительных ферментов с активными центрами белковых молекул и ускорение гидролиза белков. Наряду с этим, в результате действия деформации при высокой температуре и давлении возникают дополнительные связи между полипептидными цепями, агрегация белков, образование белково-углеводных комплексов.

Характерной чертой экструдированных кормов является высокая степень утилизации углеводов и энергии рыбами. Как результат, энергетическая обеспеченность экструдированного корма выше, чем аналогичного гранулированного.

В процессе экструзии изменяется растворимость белков, причем в экструдированной пшенице доля растворимых белков значительно возрастает, а в кукурузе, напротив, снижается.

При изготовлении экструдированных кормов для рыб экономически целесообразно использовать более дешевые кормосмеси с высокой – до 65 % – долей компонентов растительного происхождения. При этом можно добиться существенного сокращения сроков выращивания рыбы до товарной массы и снижения расхода корма на единицу прироста.

При производстве экструдированных комбикормов для карпа необходимо ограничивать включение пшеницы, ячменя и других богатых крахмалом злаковых уровнем 22,5 % и взамен использовать подсолнечный шрот и продукты микробиосинтеза в сочетании с 6 % пшеничных отрубей.

УДК 621.31:636.086.1

**Кардашов П.В., кандидат технических наук, доцент,**

**Дубодел И.Б., кандидат технических наук, доцент,**

**Корко В.С., кандидат технических наук, доцент**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА**

Фуражное зерно, используемое на корм, является благоприятной средой для развития различных микроорганизмов, отрицательно влияющих на животных и птицу. Загрязнение зерна бактериями и грибами происходит как во время роста злаков, так и в период его хранения и переработки. Известно, что в одном грамме свежееубранного зерна содержится микробов от десятков тысяч до десятков миллионов клеток, 90...99 % которых представляет