

ОСОБЕННОСТИ ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ ЖИРА НА ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ ГРАНУЛЫ КОРМА ДЛЯ ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ

В. АФАНАСЬЕВ, д-р техн. наук, генеральный директор, **И. БОГОМОЛОВ**, д-р техн. наук, заместитель генерального директора, АО «НПЦ «ВНИИКП»

С. СТАРЦЕВА, канд. мед. наук, ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России

E-mail: vnii_kp@mail.ru

В статье рассмотрены особенности вакуумного напыления жировых компонентов на экструдированные гранулы комбикорма для ценных пород рыб, с последующей диффузией. Применение данного способа позволило увеличить на 25–30% уровень проникновения жира внутрь гранул, что значительно повысило энергетическую ценность корма; снизить на 10% разрушение гранул и улучшить их физические свойства; сохранить сухой поверхность экструдата; полностью подавить развитие патогенной микрофлоры.

Ключевые слова: вакуумное напыление, жировые компоненты, комбикорм, рыбы ценных пород.

The technology of vacuum coating of extruded pellets of compound feeds for valuable fish species with fat ingredients and their subsequent diffusion into the pellets is presented. This technology was found to improve the diffusion of fats into the pellets by 25–30% resulting in higher energy content in feeds, to decrease by 10% destruction of pellets, to improve their physical properties, to keep dry the surface of extrudate, to inhibit the growth of pathogenic microflora on the pellets.

Keywords: vacuum coating, fat ingredients, compound feed, valuable fish species.

Отсутствие в нашей стране современных технологий собственной разработки, позволяющих производить высокоэффективные продукционные комбикорма для рыб ценных пород, препятствуют интенсивному развитию отечественной аквакультуры, как и ограниченная доступность компонентов. Корма для выращивания лососевых до недавнего времени закупались за рубежом — в основном в Норвегии, Дании и Финляндии. Объем их импорта в 2021 г. составил около 170 тыс. т. Сегодня из-за санкций зарубежные поставки сократились. В связи с этим обострился вопрос обеспеченности аквакультуры кормами отечественного производства, которая все еще остается на низком уровне. В стране есть высокотехнологичные комбикормовые заводы, оснащенные импортным оборудованием, которые выпускают корма для рыб, но их объемов рыбоводам не хватает. Большинство же производителей кормов для рыб применяет морально

устаревшие, трудоемкие и энергозатратные технологии, что не способствует решению проблемы снабжения хозяйств кормами, отвечающими требованиям к сбалансированности по питательными и биологически активными веществами, усвояемости, технологичности (плавающие и тонущие свойства), стабильности качества и цене. Поэтому важной задачей является разработка новых способов улучшения конверсии корма, обеспечивающих повышение продуктивности рыб ценных пород.

Цель данной работы — изучение особенностей вакуумного эмульгирования жировых компонентов на поверхность экструдированных гранул комбикорма для ценных пород рыб — форели, лосося и осетра. Эффективный ввод в комбикорма жиров до 40% возможен только при использовании вакуумного напыления. Пористая внутренняя структура экструдата позволяет удерживать большое количество жидкостей [1].

Для оценки эффективности удержания жировых компонентов в порах экструдированных гранул использовали коэффициент утечки масла:

$$v = (m_{\text{в.м.}} / m_{\text{гр.}}) \cdot 100\%,$$

где $m_{\text{в.м.}}$ — масса вытекшего масла, г;

$m_{\text{гр.}}$ — начальная масса гранул до вытекания масла, г.

В исследованиях установлено значительное влияние температуры экструдированных гранул и величины разряжения в вакуумном напылителе на коэффициент утечки из них масла. Выявлено, что при температуре гранул 60°C коэффициент изменялся в диапазоне от 6,0 до 4,2% (рис. 1, а). При больших величинах разряжения (менее 0,035 МПа) жидкие компоненты глубоко проникали внутрь пор гранул. За счет адгезионного удерживания жидкости в порах коэффициент утечки масла снижался с 3,3 до 1,3% при давлении 0,030 МПа и температуре 22°C (рис. 1, б) [2].

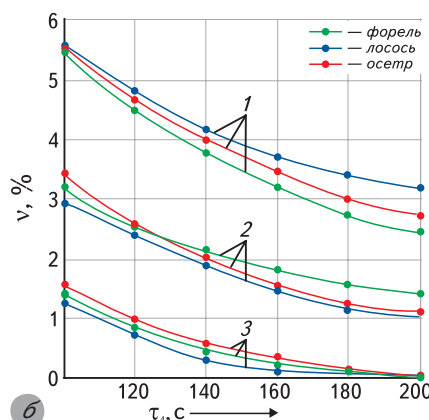
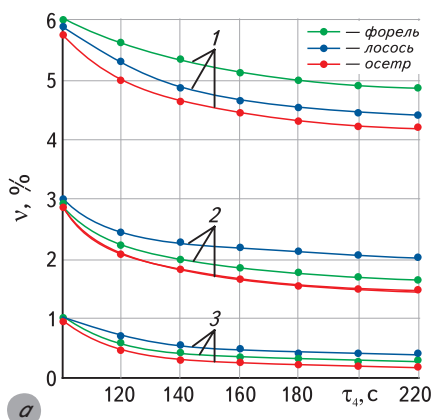


Рис. 1. Зависимость коэффициента утечки масла из экструдированных гранул от продолжительности вакуумной компенсации
при различных температурах (а): 1 — 60°C; 2 — 22°C; 3 — 6°C, $P = 0,03$ МПа;
при различных давлениях (б): 1 — 0,04 МПа; 2 — 0,03 МПа; 3 — 0,02 МПа, $T = 22^\circ C$

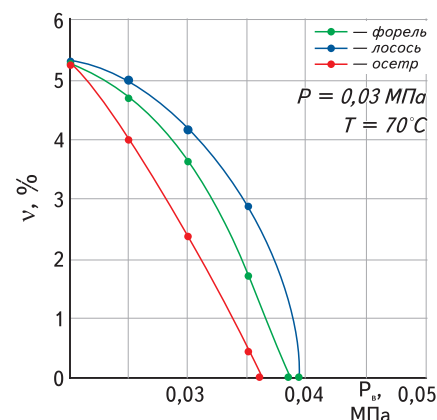


Рис. 2. Зависимость коэффициента утечки масла из экструдированных гранул для рыб от величины разряжения в рабочей камере напылителя

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 1, позволил определить рациональную продолжительность вакуумной компенсации для комбикормов для радужной форели при диаметре гранул от 1,2 мм до 2,0 мм — 115–135 с; для лосося при диаметре гранул от 1,2 мм до 2,8 мм — 125–145 с; для русского осетра при диаметре гранул от 1,2 мм до 2,8 мм — 120–150 с, в зависимости от рецептов комбикормов и пористости гранул.

При обосновании выбора рациональной величины разряжения в вакуумном напылителе для достижения эффективной и интенсивной диффузии жировых компонентов установлена нецелесообразность дальнейшего снижения давления менее 0,020 МПа. Уже при разряжении 0,40 МПа воздух полностью удаляется из пор гранул. Был выявлен характер проникновения жировых компонентов вглубь экструдированных гранул комбикорма для рыб ценных пород в зависимости от величины разряжения (рис. 2). При разряжении 0,035–0,038 МПа коэффициент утечки масла стремился к нулю, то есть его вытекание из гранул прекращалось.

Для оценки равномерности распределения жировых компонентов по площади поперечного сечения гранул провели томографический анализ, который показал, что более глубо-

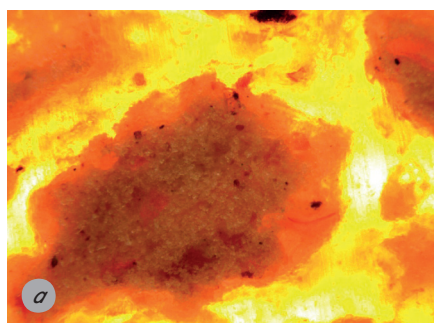


Рис. 3. Фотографии поперечного сечения экструдированных гранул комбикорма для радужной форели: а — нанесение жира методом дражирования; б — вакуумное напыление жира (при $P = 0,02$ МПа)

кое и равномерное распределение жира в экструдированных гранулах наблюдалось при вакуумном напылении (рис. 3, б) по сравнению с нанесением его методом дражирования (рис. 3, а). При этом воздушные поры имели ярко-желтый цвет, скелет сухого вещества — красноватый, а жировые включения — темный. Таким образом, величина разряжения в рабочей камере напылителя — наиболее важный параметр, влияющий на коэффициент утечки жира. При разряжении 0,020 МПа он интенсивно проникает внутрь гранулы при значительно меньшем коэффициенте утечки.

Вакуумное напыление жира на экструдированные гранулы комбикорма обеспечивает необходимую водостойкость, сохранение формы и структуры, уменьшение потерь питательных

веществ в воде. Такой корм имеет высокую питательную и энергетическую ценность, повышенную усвояемость, улучшенное ветеринарно-санитарное качество.

Основные факторы плавучести корма — насыпная плотность и способность впитывания жира приведены в таблицах 1 и 2 [3].

Технология производства тонущих кормов для аквакультуры, как правило, требует высокого уровня протеина и жира (до 40% для каждого из них) и низкого содержания крахмала. Для обеспечения необходимых характеристик связывания и расширения, а также водостойкости и плотности в корма с низким содержанием крахмала вводят больше функциональных протеинов, способных оказывать влияние на струк-

Таблица 1. Зависимость насыпной плотности корм от плавающих или тонущих свойств

Характеристика корма	Насыпная плотность при температуре воды 20°C, г/л	
	Морская вода соленостью 3%	Пресная вода
Быстро тонущий	>640	>600
Медленно тонущий	580–600	540–560
Нейтрально плавучий	520–540	480–500
Плавающий	<480	<440

Таблица 2. Рекомендательные характеристики тонущих кормов

Показатель	Уровень жира в кормах			
	низкий	средний	высокий	ультра-высокий
Общее содержание жира в продукте, %	<12	12–24	24–36	>36
Плотность сухого продукта перед вводом жира*, г/л	>615	615–531	531–447	<447
Необходимый ввод жира**, %	<5,7	5,7–22,4	22,4–45,3	>45,3
Максимальный потенциал абсорбции жира при вакуумной пропитке, %	<17,7	17,7–38,8	38,8–59,9	>59,9
Максимальный потенциал абсорбции жира при наружном обволакивании, %	<5,9	5,9–13,6	13,6–21,4	<22,0
Необходимый процесс ввода жира	Вакуумная пропитка или наружное обволакивание		Вакуумная пропитка	

*Предполагаемая плотность для кормов, тонущих в морской воде соленостью 3,5% при температуре 20°C, — более 650 г/л.

**Предположительно в компонентах содержится 7% жира.

турное связывание и расширение. Ввиду того, что осетровые поедают преимущественно комбикорм, находящийся в толще воды (медленно тонущий), целесообразно определить скорость погружения гранул на дно водоема. У плавающих гранул удельный вес 900–1000 г/дм³, у тонущих — 1000–1200 г/дм³. При разных способах производства комбикорма установлено, что экструдированный комбикорм с вакуумным напылением жира в 2 раза медленнее опускается на дно в сравнении с гранулированным кормом (рис. 4).

Экструдированные производственные комбикорма, произведенные с применением вакуумной жировой пропитки, более водостойкие и полностью сохраняют свою форму и структуру, когда находятся в воде в течение суток, а гранулированные теряют водостойкость уже через 4 часа. Потери питательных веществ в первых умень-

шаются благодаря возможности нанесения на гранулы большого количества жидких жировых компонентов.

Изучение зависимости плотности корма от количества вводимых в него жидких жировых компонентов показало, что данный параметр изменяется вследствие скользящего действия, которое оказывают жидкие жировые компоненты, они тормозят декстринизацию крахмала (рис. 5).

Таким образом, вакуумное напыление с последующей диффузией жира позволило повысить на 25–30% уровень его проникновения в экструдированные гранулы комбикормов для ценных пород рыб, снизить на 10% их разрушение, сохранить сухой поверхностный слой экструдата, полностью подавить развитие патогенной микрофлоры. Кроме того, применение данной инновационной технологии — экструзионная обработка совместно с вакуумной пропиткой — позволяет значительно

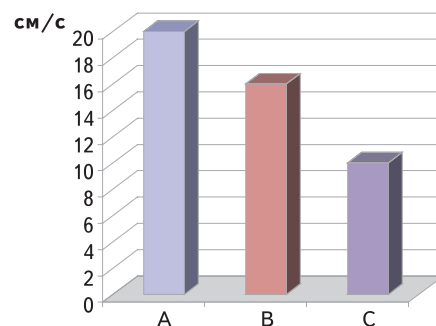


Рис. 4. Скорость погружения комбикорма: А — экспандированный; В — гранулированный; С — экструдированный с вакуумным напылением

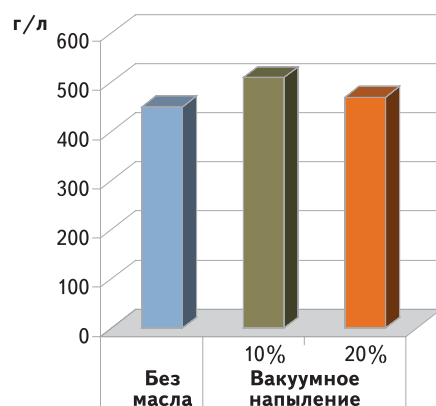


Рис. 5. Зависимость плотности экструдированного комбикорма от содержания масложировых компонентов

повысить энергетическую и питательную ценность корма, в том числе при замене в его составе дорогостоящих источников белка животного происхождения на растительные высокобелковые компоненты.

Литература

1. Технология и оборудование для производства комбикормов для ценных пород рыб / В. А. Афанасьев [и др.] // Комбикорма. — 2021. — № 1. — С. 24–28.
2. Разработка технологии высокоусвояемых комбикормов с вакуумным напылением жидких компонентов / В. А. Афанасьев [и др.] // Вестник ВГУИТ. — 2021. — Т. 83. — № 1. — С. 94–101.
3. Управление плавучестью кормов для аквакультуры / Г. Вик, Д. Кернс, Е. Булах // Комбикорма. — 2016. — № 3. — С. 30–32. ■