

УДК 639.3.043

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PRODUCTION PARAMETERS ON THE QUALITY OF FISH FEEDS

Zh. Koshak, A. Koshak*RUE«Fish Industry Institute»*

Key words:

compound feed for fish,
essential amino acids,
phytobiotic,
vacuum deposition of fat,
extrusion,
biological value of
compound feed

Article history:

Received 07.10.2020
Received in revised form
16.11.2020
Accepted 07.12.2020

Corresponding author:

koshak.zn@Gmail.com

ABSTRACT

In order to ensure the volume of fish growing in aquaculture conditions, it is necessary to develop highly effective compound feeds that would allow obtaining high fish gains at low feed costs.

The article discusses the influence of the production technology of compound feed for fish on their chemical composition, structural and mechanical properties and their efficiency in fish farming.

It has been established that in order to obtain a high-quality compound feed for fish, it is necessary to strictly adhere to the technological operating modes of the equipment, which depend on the composition of the compound feed.

To preserve biologically active substances (phytobiotics, essential amino acids, etc.) in the composition of the feed, it is necessary to carry out the modes of moisture-thermal treatment at a temperature not exceeding 60°C, while the moisture content of the feed depends on the composition of the raw material and the subsequent stage of processing (granulation or extrusion).

The optimal values of the parameters of the extruder for the production of feed pellets with the desired properties (floating, slowly sinking and sinking) have been determined.

It was found that with an increase in the heating of fish oil from 20 to 60°C, the hardness of the granules increased by 32% due to the increase in the fluidity of the fat and the uniform distribution of fat on the surface and inside the granule.

It was found that with an increase in the temperature of the extrusion process from 72 to 130°C, the pore size of the granule decreases from 1035 μm^2 to 426 μm^2 , pore sizes are reduced by 59%. With an increase in temperature, the pores inside the granules are distributed in the volume more evenly and their number increases, thereby increasing the adsorption capacity of the feed granules by 12%.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-14

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВО КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Ж. В. Кошак, канд. техн. наук

А. Э. Кошак, канд. техн. наук

РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси

В статье рассмотрено влияние технологических параметров производства комбикормов для рыб на биологическую полноценность комбикормов и их физические свойства. Установлено, что для сохранения биологически активных веществ в составе комбикорма для рыб влаготепловую обработку комбикорма, независимо от состава, следует проводить при температуре продукта не более 60°C, экструдирование — при температуре продукта не более 100°C, при этом физические свойства комбикорма обеспечат возможность напыления максимального количества жира, а величина отдельно взятой поры в грануле будет в среднем равна 426 мкм².

Ключевые слова: комбикорм для рыб, незаменимые аминокислоты, фитобиотик, вакуумное напыление жира, экструдирование, биологическая ценность комбикорма.

Постановка проблемы. В настоящее время ресурсы океана по добыче рыбы истощаются, и перед учеными всего мира стоит проблема выращивания различных видов рыб в условиях аквакультуры. Общемировые тенденции показывают, что в связи с ростом спроса на рыбную продукцию доля рыбоводства растет. Если 20 лет назад доля продукции аквакультуры в потреблении составляла лишь четверть, то сейчас это уже половина. Рынок рыбной продукции является одним из важнейших элементов мирового продовольственного рынка. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (далее — ФАО) на долю рыбы приходится порядка 17% животного белка в пищевом рационе населения планеты и 7% всего потребляемого белка. В настоящее время общее производство рыбы достигло примерно 171 млн тонн, причем около 47% приходилось на продукцию аквакультуры, 53% — на продукцию рыболовства. Крупнейшим в Европе производителем пресноводной аквакультуры является Франция, доля которой в общем объеме европейского производства более 14%, второе место занимает Германия (более 11%). В этих странах основная часть рыбоводства занимает производство карпа обыкновенного и радужной форели, также наблюдается рост производства сома и озерной форели. Мировые тенденции в последние десятилетия показывают опережающий рост производства продукции аквакультуры в сравнении с объемами рыболовства [1]. Ожидается, что общий объем производства рыбы в 2030 году достигнет 204 млн тонн, в том числе объем производства продукции аквакультуры достигнет 109 млн тонн, что на 32% больше, чем в 2018 году. При этом среднегодовые темпы роста аквакультуры, как предполагается, снизятся: если в 2007—2018 годах они составляли 4,6%, то в 2019—2030 годах составят 2,3% [2].

Для выращивания рыбы в условиях аквакультуры важнейшим фактором, способным обеспечить эффективность, являются комбикорма. Комбикорма для рыб — одни из самых сложных при производстве, т. к. к ним предъявляются дополнительные условия из-за среды обитания рыб. Рыба может быть также условно разделена на две группы — карповые и ценные виды. Эти две группы предъявляют разные

требования к составу и качеству комбикормов. Карповые виды являются всеядными и поэтому в комбикорме могут присутствовать как растительные, так и животные компоненты без особых ограничений. Ценные виды (лососевые, осетровые, сомовые, сиговые) — это хищники, в питании которых в естественных условиях преобладает животный протеин и жир и совершенно в ничтожных количествах растительные ингредиенты. Поэтому в составе комбикормов для ценных видов должен быть баланс животных и растительных компонентов, который не нанесет вред их обмену веществ. В первую очередь, по этой причине в составе комбикормов для ценных видов рыб присутствуют от 20 до 60% компонентов животного происхождения (рыбная мука, рыбий жир, рыбный гидролизат, мясокостная мука, альбумин, гемоглобиновая мука и т. п.). Растительные компоненты это, как правило, соевые концентраты, кукурузный глютен и т. п. [3—4].

Самым важным для получения высокоэффективных комбикормов для рыб является их сбалансированный состав, учитывающий особенность физиологии, и технология производства, которая оказывает решающее влияние на конечное качество продукта. В настоящее время много уделяется внимание составу, и практически отсутствует информация о влиянии технологических параметров производства комбикормов для рыб на их конечную эффективность.

Целью исследования является выявление влияния технологических параметров производства комбикормов для рыб на их биологическую ценность.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили:

- комбикорм для карпа, содержащий фитобиотик «Микс-Ойл»;
- комбикорм для ценных видов рыб, содержащий биологически активные вещества;
- кормовой концентрат из отходов крупяных производств.

Химический состав комбикорма определяли общепринятыми методами: содержание сырого протеина — титриметрическим методом по Кьельдалю в соответствии с ГОСТ 13496.4-93; жира — экстракционным методом в аппарате Сокслета (ГОСТ 13496.15), массовую долю влаги — методом сушки до постоянной массы (ГОСТ 13496.3), сырая клетчатка — методом удаления из продукта кислотощелочрастворимых веществ и определения массы остатка (ГОСТ 13496.4). Аминокислотный состав сырья проводился с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии по МВИ.МН 1363-2000.

Результаты исследования. В настоящее время в РБ комбикорма для карпа производятся в основном с помощью технологии гранулирования, которая включает в себя два этапа, существенно влияющих на химический состав комбикорма и сохранность биологически активных веществ — это влаготепловая обработка и непосредственно гранулирование. От правильности проведения этих этапов зависит эффективность комбикорма. Комбикорма для ценных видов рыб производят по технологии экструдирования, которая включает в себя ряд ответственных этапов — влаготепловая обработка, экструдирование, сушка, вакуумное напыление жира и биологически активных веществ на поверхность гранулы. В настоящее время рыбководы постепенно начинают переходить с гранулированных на экструдированные комбикорма для карпа, т. к. они имеют более высокую пищевую ценность. К тому же экструдированные комбикорма более стойкие в воде, что уменьшает их потери при кормлении.

Для лечения бактериальных инфекций карповых рыб, как правило, используют антибиотики, однако это приводит к выработке иммунитета к лечению инфекций не

только у рыб, но и у людей. По этой причине был разработан комбикорм для борьбы с бактериальными инфекциями карповых рыб, содержащий в своем составе фитобиотик, который представляет собой кормовую добавку «Микс-Ойл», содержащую смесь эфирных масел. Основная задача при производстве гранулированного комбикорма — это сохранить активность эфирных масел в составе комбикорма. На основании всего вышесказанного следует отметить, что на активность фитобиотика «Микс-Ойл» в составе комбикорма существенное влияние оказывает влаготепловая обработка.

Влаготепловая обработка комбикорма (ВТО) — это один из основных этапов, обеспечивающих в дальнейшем стабильность протекания технологических процессов и конечное качество как гранулированных, так и экструдированных комбикормов. ВТО необходима для целенаправленного воздействия на характер и степень физико-химических превращений биополимеров комбикорма [5].

При проведении исследований были выбраны следующие дозировки фитобиотика на основании инструкции по применению и результатов предварительных испытаний на рыбе: 200, 400 и 600 г/т комбикорма. Влияние влаготепловой обработки будет одинаково сказываться на физико-химических свойствах сырья, поэтому рассмотрим ее влияние на физико-химические свойства комбикорма при дозировке фитобиотика 600 г/т.

Для исследования использовалось планирование эксперимента — полный факторный эксперимент ПФЭ 2^2 со звездным плечом. В качестве независимых факторов, влияющих на эффективность процесса влаготепловой обработки, выбраны время влаготепловой обработки и температура протекания процесса. В качестве выходных параметров, характеризующих конечное качество комбикорма, были выбраны: влажность комбикорма, разбухаемость гранул, плотность гранулы и выживаемость карпа при бактериальной инфекции [6]. Обработку полученных результатов проводили с помощью программы Statgraphics Plus. В результате была получена аналитическая модель, адекватно описывающая влияние продолжительности и температуры влаготепловой обработки на влажность рассыпного комбикорма перед гранулированием. Аналитическая модель имеет вид:

$$W = -35,85 + 1,54 \cdot t_{\text{ВТО}} + 1,15 \cdot T_{\text{ВТО}} - 0,0304 \cdot t_{\text{ВТО}}^2 + 0,001 \cdot t_{\text{ВТО}} \cdot T_{\text{ВТО}} - 0,0109 \cdot T_{\text{ВТО}}^2, \quad (1)$$

где W — влажность рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки, %; $t_{\text{ВТО}}$ — продолжительность влаготепловой обработки, с; $T_{\text{ВТО}}$ — температура влаготепловой обработки, °С.

Были определены оптимальные параметры ВТО для комбикорма с добавлением фитобиотика «Микс-Ойл», обеспечивающие требуемую влажность, плотность и низкую разбухаемость гранулы в воде: продолжительность процесса 22—23 секунды при температуре процесса 58—59°С.

На следующем этапе исследований была определена эффективность комбикорма с добавлением фитобиотика в зависимости от его дозировки при оптимальных параметрах влаготепловой обработки. Для этого в течение 7 суток было осуществлено кормление годовиков карпа комбикормами с различной дозировкой фитобиотика «Микс-Ойл» и с применением оптимальных параметров влаготепловой обработки и без нее. Затем рыбе из опытных и контрольной группы вводили внутривентрально по 0,2—0,3 мл суточной бактериальной суспензии агрессивного штамма *Aeromonas hydrophyla*. После этого осуществляли наблюдение за выживаемостью карпа в течение 7 суток после инъекции. Результаты испытаний комбикормов на годовике карпа представлены в табл. 1.

Таблица 1. Динамика гибели рыб, зараженных *Aeromonas hydrophyla*, в опытных и контрольных группах

| Дозировка «Микс-Ойл», г/т | Количество погибшей рыбы, шт. | | | | | | | Смерт- ность, % |
|---------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|
| | 1 сутки | 2 сутки | 3 сутки | 4 сутки | 5 сутки | 6 сутки | 7 сутки | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 200 без ВТО | — | 2 | 3 | 2 | 2 | — | — | 90 |
| 200 с ВТО | — | 1 | 4 | 2 | 2 | — | — | 90 |
| 400 без ВТО | — | 3 | 1 | 1 | 1 | — | — | 60 |
| 400 с ВТО | — | 1 | 2 | 3 | — | — | — | 60 |
| 600 без ВТО | — | 1 | — | 1 | — | — | — | 20 |
| 600 с ВТО | — | 2 | — | — | — | — | — | 20 |
| Контроль без «Микс-Ойл» | 2 | 6 | 1 | 1 | — | — | — | 100 |

Развитие клинических признаков аэромоноза (в первую очередь — резко выраженная экзофтальмия у 100% особей, ерошение чешуи и гиперемия в грудном отделе туловища) у рыб из контрольной группы начались уже на 1-е сутки после инъекции. Процесс развивался бурно. Гибель карпа в контрольной группе началась уже на первые сутки. На 2-е сутки погибло 6 экземпляров карпа, на 3-е и 4-е сутки — еще по 1 экземпляру. При вскрытии в полости тела у погибших рыб выявлен экссудат соломенно-желтого или кровавистого цвета, почки дряблые, мажущейся консистенции. Таким образом, в течение 4 суток произошла стопроцентная гибель рыбы из контрольной группы, сопровождающаяся быстрым развитием клинических признаков аэромоноза. Внешний вид карпа с признаками заболевания представлен на рис. 1.



Рис. 1. Карп контрольной группы после инфицирования: 1 — гиперемия в области грудных плавников и пучеглазие; 2 — ерошение чешуи; 3 и 4 — кровоизлияние в глаза и пучеглазие; 5 и 6 — пучеглазие и язва у основания плавника

Анализируя данные табл. 1, видим, что при дозировке фитобиотика в количестве 200 г/т смертность карпа составила 60%. При этом подобранные режимы влаготепловой обработки не снижают его эффективность. При увеличении дозировки фитобиотика до 600 г/т смертность карпа составила всего 20%, причем как с про-

ведением влаготепловой обработки, так и без нее. На основании проведенных исследований следует заключение, что для сохранения активности фитобиотика и минимизации его потерь требуется сохранять температуру ВТО не более 60°C , а при гранулировании не допускать кратковременного повышения температуры выше 90°C .

На следующем этапе исследований были определены потери аминокислот при различных режимах влаготепловой обработки комбикормов перед гранулированием или экструдированием. Известно, что при воздействии влаги и повышенной температуре происходит биохимическое преобразование белков и аминокислот, входящих в их состав [7]. Наиболее благоприятно на влаготепловую обработку реагирует зерновая группа. По этой причине рассмотрим влияние влаготепловой обработки на аминокислотный состав на примере кормового концентрата из отходов крупяных производств при температурах продукта после влаготепловой обработки — 40°C , 60°C и 80°C . Влажность, которая необходима кормовому концентрату перед экструдированием, — 17%. Данные параметры ВТО так же наиболее часто применяются на комбикормовых заводах при гранулировании комбикормов, на 70—80% состоящих из зерна. Содержание аминокислот в составе кормового концентрата при различных температурах продукта при ВТО представлено на рис. 2.

Анализируя данные на рис. 2, видим, что при увеличении температуры продукта при влаготепловой обработке происходит снижение содержания серина на 83%, треонина — на 79%, гистидина — на 100% при температуре продукта 80°C и на 72,5% при 40°C . Метионин и цистеин не выдерживает влаготепловой обработки и при температуре кормового концентрата 40°C наблюдается только остаточное содержание этих аминокислот в его составе. Содержание большинства аминокислот снижается под воздействием тепла и влаги, поэтому параметры влаготепловой обработки должны обеспечить не только клейстеризацию крахмала в составе концентрата, но и минимизировать потери аминокислот. По этой причине основной задачей при проведении влаготепловой обработки является ее проведение при параметрах процесса, которые позволят снизить потери аминокислот.

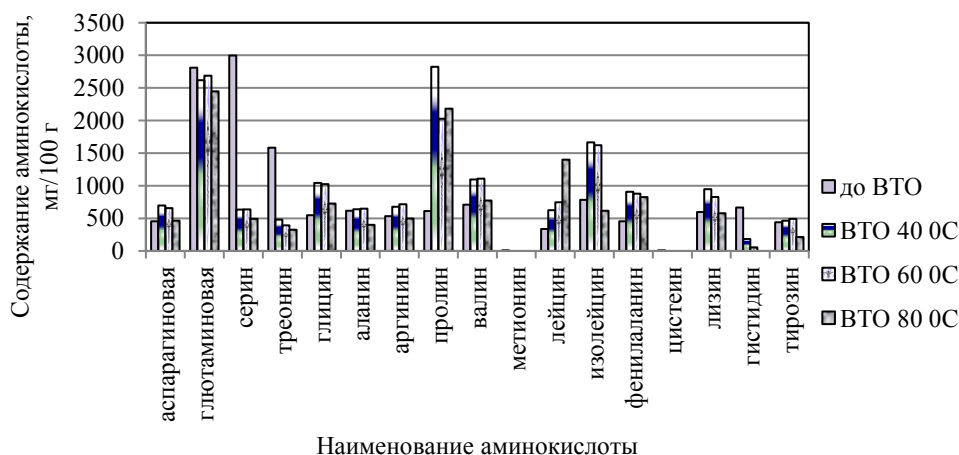


Рис. 2. Изменение содержания аминокислот в составе кормового концентрата в зависимости от температуры ВТО

Было получено уравнение регрессии, описывающее содержание аминокислоты в составе кормового концентрата в зависимости от температуры, которое имеет вид:

$$C_{\text{АМК}} = A \cdot T^2 + B \cdot T + C, \quad (2)$$

где $C_{\text{АМК}}$ — содержание аминокислоты, мг/100г; T — температура перед экструдированием, °C; A — эмпирический коэффициент, характеризующий влияние температуры на содержание аминокислоты, $\frac{1}{\text{°C}}$; B — эмпирический коэффициент, характеризующий изменение содержания аминокислоты в зависимости от температуры, $\frac{\text{мг}}{100\text{г} \cdot \text{°C}}$; C — эмпирический коэффициент, характеризующий содержание аминокислоты в составе кормового концентрата, мг/100 г.

Значения эмпирических коэффициентов определены для каждой аминокислоты, что позволяет просчитать потери аминокислот при различных режимах влаготепловой обработки.

В процессе производства комбикормов для рыб одним из основных свойств, характеризующих поведение гранул в воде, является коэффициент вспучивания или расширения гранул, который показывает отношение объема после экструдирования к объему до экструдирования. Если коэффициент расширения равен единице, то вспучивание не происходит. Комбикорма для ценных видов рыб отличаются тем, что необходимо добиться такого коэффициента расширения гранул, а следовательно, и плотности, чтобы гранулы вели себя в воде требуемым образом. Для осетровых видов рыб гранула должна быть тонущей, для лососевых и сиговых видов рыб — медленно тонущей, а для сомовых видов — плавающей. Свойства гранулы зависят, в первую очередь, от правильно подобранных режимов экструдирования и от состава комбикорма. Для определения оптимальных параметров процесса экструдирования при производстве комбикормов реализуем полный факторный эксперимент ПФЭ 2^2 со звездным плечом на примере комбикорма для осетровых рыб. В качестве независимых факторов выбраны частота вращения шнека экструдера и температура комбикорма после влаготепловой обработки перед экструдированием. В качестве выходного фактора выступает коэффициент расширения, который определяет, как будет вести себя гранула в воде.

Для анализа результатов эксперимента была построена параметрическая диаграмма, показывающая оптимальное значение коэффициента расширения гранул комбикорма для осетровых рыб. Параметрическая диаграмма представлена на рис. 3.

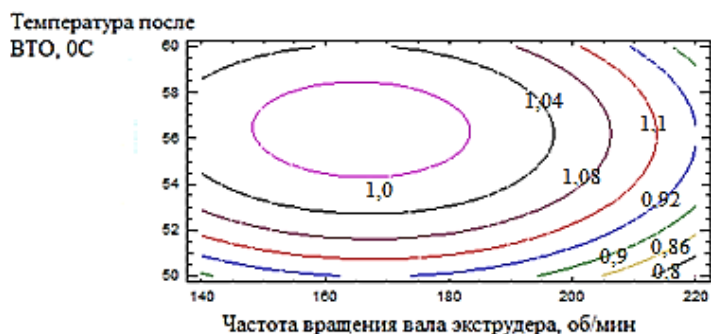


Рис. 3. Зависимость коэффициента расширения гранул от частоты вращения шнека экструдера и температуры продукта после влаготепловой обработки

Анализируя параметрическую диаграмму на рис. 3, видим, что наилучшую тонучесть гранула комбикорма приобретает при коэффициенте расширения, равным 1. Оптимальные значения технологических параметров процесса экструдирования для гранул на 100% тонущих в воде, как и требуется осетровым рыбам достигаются при частоте вращения шнека экструдера 150—190 об/мин и температуре комбикорма после влаготепловой обработки 55—58°C. Данная гранула будет иметь наименьшую пористость.

Была получена аналитическая зависимость, адекватно описывающая изменение значения коэффициента расширения в зависимости от частоты вращения шнека экструдера и температуры комбикорма после ВТО, которое имеет следующий вид:

$$K_p = 16,84 - 0,0226 \cdot v - 0,496 \cdot T + 0,0000607 \cdot v^2 + 0,0000432 \cdot v \cdot T + 0,00434 \cdot T^2, \quad (3)$$

где K_p — коэффициент расширения гранул; v — частота вращения вала экструдера, об/мин; T — температура рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки (перед экструдированием), °C.

Аналогично были определены оптимальные параметры процесса экструдирования для получения гранул, по-разному ведущих себя в воде для различных видов рыб. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Оптимальные значения параметров работы экструдера для получения гранул комбикорма с заданными свойствами

| Свойства гранул комбикорма | Частота вращения шнека экструдера, об/мин | Температура продукта после ВТО, °C | Коэффициент расширения гранул | Насыпная плотность, г/л |
|----------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Тонущий | 150—190 | 55—58 | 1,0 | 720 |
| Медленно тонущий | 180—240 | 75—85 | 1,9 | 590 |
| Плавающий | 250—300 | 95—110 | 3,5 | 400 |

Анализируя данные табл. 4, видим, что с увеличением температуры продукта после экструдера и увеличением давления прессования насыпная плотность гранул снижается. Обращает на себя внимание то, что при увеличении температуры комбикорма после экструдирования наблюдается потеря биологически активных веществ в его составе (20—100%), что следует учитывать при расчете рецептов. Некоторые биологически активные вещества необходимо напылять на гранулы уже готового комбикорма после экструдирования (каротиноиды, ферменты, витамины и т. п.).

Процесс напыления биологически активных веществ и жира на поверхность гранул комбикорма для ценных видов рыб на современном этапе осуществляется на аппаратах вакуумного напыления жира. Количество жира, которое способно поместиться в гранулу комбикорма, определяется ее пористостью и давлением разрежения, которое способен создать аппарат. Подбор технологических режимов процесса напыления жира на поверхность гранулы осуществляли на лабораторном аппарате для вакуумного нанесения жировых компонентов, который представлен на рис. 4. Аппарат имеет емкость с мешалкой 1, осуществляющей перемешивание гранул комбикорма с рыбеом жиром и другими компонентами. В нем имеется три емкости для различных по физическому состоянию компонентов: для жиров и масел, для сухих порошков и для жидкостей. В каждую емкость в зависимости от рецепта

размещают требуемые компоненты. Емкость для жиров и масел имеет подогрев. В емкости для комбикорма имеется три форсунки, которые могут по очереди напылять при давлении разрежения от 10 до 90 кПа сырьевые компоненты на гранулы, например каротиноиды, глуминобиотик, рыбий жир и т. п. Затем в емкость с комбикормом медленно подается воздух для создания атмосферного давления, которое загоняет в поры гранул биологически активные вещества, жиры, масла и т. п. При этом финишный слой — это рыбий жир или масло, чтобы запечатать содержимое внутри гранулы.

На первом этапе исследования определяли влияние температуры нагрева жира на твердость получаемых гранул при одинаковом количестве напыляемого рыбьего жира — 10%. Рыбий жир нагревали в диапазоне температур от 20 до 50°C. Твердость гранул определяли при помощи лабораторного твердомера. Результаты по определению твердости гранул представлены в табл. 3.

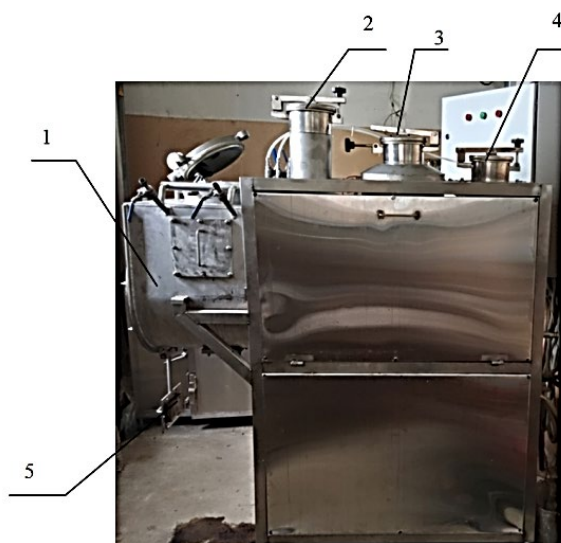


Рис. 4. Аппарат для вакуумного нанесения жировых компонентов: 1 — емкость для комбикорма; 2 — емкость для сухих компонентов; 3 — емкость для жировых компонентов; 4 — емкость для жидких компонентов; 5 — крышка выпускного отверстия

Таблица 3. Твердость гранул производственного комбикорма для осетровых рыб

| Температура нагрева рыбьего жира, °С | Твердость, Н |
|--------------------------------------|--------------|
| 1 | 2 |
| 20 | 26,1 |
| 30 | 35,8 |
| 40 | 55,6 |
| 50 | 67,5 |
| 60 | 79,8 |

Анализируя данные табл. 3, видим, что при увеличении температуры нагрева рыбьего жира твердость гранул увеличилась на 32% за счет повышения текучести жира и равномерного распределения его пленкой на поверхности и внутри в порах гранулы. При этом, чем больше толщина жировой пленки, тем выше твердость гранул.

На следующем этапе исследований проводили напыление на поверхность гранул комбикорма для осетровых рыб рыбьего жира. Опытные образцы комбикорма были изготовлены при температуре процесса экструдирования 72, 97 и 130°C. Напыление рыбьего жира осуществляли при постоянном давлении разряжения 90 кПа. С помощью электронного сканирующего микроскопа получили снимки поперечного среза гранулы при различных температурах процесса экструдирования. Снимки при разрешении 50 мкм представлены на рис. 5.

Анализируя разрезы гранул на рис. 5, следует отметить, что с увеличением температуры экструдирования структура пористости внутри гранулы меняется. При увеличении температуры процесса экструдирования с 72 до 130°C происходит уменьшение размеров пор в грануле комбикорма — в среднем с 1035 мкм² до 426 мкм², т. е. на 59% (температура гранул на выходе из ствола экструдера изменялась с 76 до 100°C). При этом поры внутри гранулы распределяются более равномерно в объеме гранулы, их количество увеличивается, увеличивая тем самым адсорбционную способность гранул комбикорма в среднем на 12%.

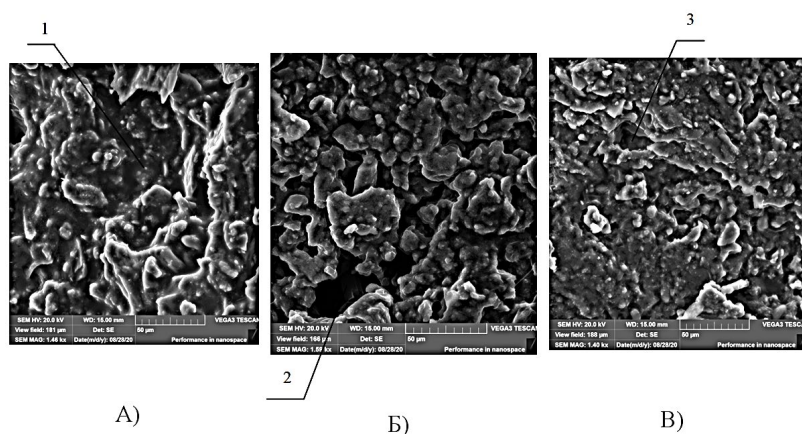


Рис. 5. Поперечный срез гранулы экструдированного комбикорма при увеличении 50 мкм: А — температура экструдирования 72°C; Б — температура экструдирования 97°C; С — температура экструдирования 130°C; 1 — площадь поры 1035 мкм²; 2 — площадь поры 673,9 мкм²; 3 — площадь поры 426 мкм²

На основании всего вышеизложенного следует отметить, что оценка качества готового комбикорма должна проводиться по комплексу параметров, которые можно разделить на несколько групп. Параметрическая схема факторов, обеспечивающих качество комбикорма для рыб, представлена на рис. 6.

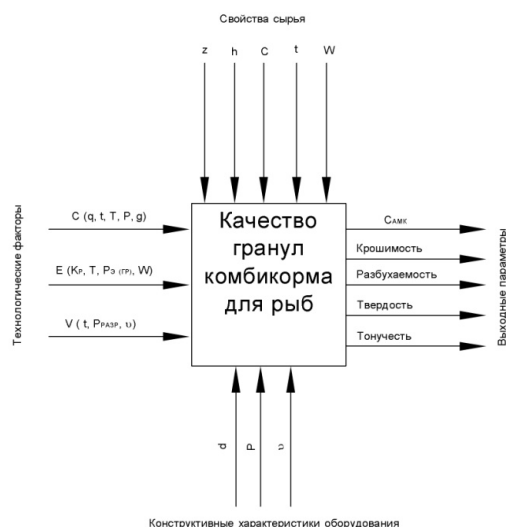


Рис. 6. Параметрическая схема факторов, обеспечивающих качество комбикорма для рыб. Свойства сырья: z — физико-механические показатели; h — однородность; c — химические свойства; t — термочувствительность; W — влажность; технологические факторы: C — параметры влаготепловой обработки: q — расход пара; t — время воздействия; T — температура; p — давление пара, g — количество жидких компонентов; E — параметры экструдирования (гранулирования): P — давление, W — влажность продукта, K_p — коэффициент расширения гранул, T — температура процесса; V — параметры вакуумного напыления: t — время смешивания, P_p — давление разрежения, v — частота вращения барабана; конструктивные и кинематические характеристики оборудования: d — диаметр отверстий фильеры (матрицы); P — давление прессования, v — скорость вращения рабочего органа; выходные параметры: C_{AMK} — содержание аминокислот в комбикорме

Выводы. Установлено, что для получения качественного комбикорма для рыб необходимо строго придерживаться технологических режимов работы оборудования, которые зависят от состава комбикорма.

Для сохранения биологически активных веществ (фитобиотики, незаменимые аминокислоты и т. п.) в составе комбикорма необходимо проводить режимы влаготепловой обработки при температуре, не превышающей 60°C , при этом влажность комбикорма зависит от состава сырья и последующего этапа обработки (гранулирование или экструдирование).

Определены оптимальные значения параметров работы экструдера для получения гранул комбикорма с заданными свойствами (плавающие, медленно тонущие и тонущие).

Установлено, что при увеличении нагрева рыбьего жира с 20 до 60°C твердость гранул увеличилась на 32% за счет повышения текучести жира и равномерного распределения жира на поверхности и внутри гранулы.

При увеличении температуры процесса экструдирования с 72 до 130°C происходит уменьшение размеров пор гранулы — с 1035 мкм^2 до 426 мкм^2 , т. е. размеры пор уменьшаются на 59% . Поры внутри гранулы комбикорма с ростом температуры более равномерно распределяются в объеме гранулы, их количество увеличивается, увеличивая тем самым адсорбционную способность гранул комбикорма на 12% .

ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор рынка аквакультуры государств членов Евразийского экономического союза, ЕАЭС. — М.: 2019. — 63 с.
2. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Меры по повышению устойчивости. Краткий обзор. — ФАО, 2020. — 26 с.
3. Щербина М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — М.: Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
4. Wilson R. P. Amino Acid and protein // In: Halver J. E. ed., Fish nutrition., 2nd ed. — Academic Press, San Diego (USA), 1989. — P. 111—151.
5. Дарманьян П. М. Проблемы регулирования качества гранулированных комбикормов и их компонентов / П. М. Дарманьян // ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. — Сер. Комбикормовая промышленность. — 1993. — 52 с.
6. Кошак Ж. В. Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной отрасли / Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак. — Минск: ИВЦ Минфина — 2015. — 152 с.
7. Клычев Е. Способы влаготепловой обработки кормовых продуктов / Е. Клычев // Комбикорма. — 2002. — №4. — С. 20—21.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА НА ЯКІСТЬ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ РИБИ

Ж. В. Кошак, О. Е. Кошак

РУП "Інститут рибного господарства" НАН Білорусі

У статті розглянуто вплив технологічних параметрів виробництва комбікормів для риби на їхню біологічну повноцінність і фізичні властивості. Встановлено, що для збереження біологічно активних речовин у складі комбікорму для риби вологотеплову обробку комбікорму, незалежно від складу, слід проводити при температурі продукту не більше 60°C, екструдкування — при температурі продукту не більше 100°C, при цьому фізичні властивості комбікорму забезпечать можливість наплення максимальної кількості жиру, а величина окремо взятої пори в гранулі в середньому дорівнює 426 мкм².

Ключові слова: комбікорм для риби, незамінні амінокислоти, фітобіотик, вакуумне наплення жиру, екструдкування, біологічна цінність комбікорму.