

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Агурков А.Ю.

**Научный руководитель – Рукшан Л.В., к.т.н., доцент
Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь**

Лучшим кормом для прудовых рыб являются гранулированные комбикорма. Однако вырабатываемые в Беларуси гранулированные корма для рыб зачастую не обладают достаточной прочностью и водостойкостью, что приводит к значительным потерям при хранении, перемещении, раздаче и скармливании. При этом наблюдается распад гранул в воде, приводя к загрязнению водоемов и снижению рыбопродуктивности. Кроме того, комбикорм не всегда отвечает требованиям ТНПА по питательности. Путями снижения потерь комбикормов для рыб может явиться применение ихэкструдирования и вакуумного напыления жира. Однако в действующем на территории Беларуси РД для комбикормовых заводов [1] не конкретизированы режимы экструдирования, а о напылении жира вообще нет сведений.

Замечено, что мнения ученых и производителей по вопросу напыления жировых компонентов несколько различаются. Так, компании «Технекс», «Wynveen» предложили наносить на экструдат жир при температуре 60 °С в вакуумныхнапылителях, рассчитанных на разрежение в машине 200 мбар [2–4]. Остриков А.Н., проводя напыление жировых компонентов при давлении разрежения в установке 200–400 мбар, также рекомендовал напылять жидкие компоненты на поверхность продуктов при давлении разрежения 200 мбар [5]. Сотрудники фирмы «Бронто» рекомендовали развивать давление разрежения 400–600 мбар [3, 4], фирмы «Фрагола» –200–400 мбар, вводя при этом до 25 % жира [6], а Богомолов В.А. считал, что поглощение экструдатом жира происходит быстрее при 500–600 мбар [7].

Анализ литературных данных показал также, что ученые практически не упоминают в своих трудах о состоянии жидких компонентов, т.е. о температуре или текучести жидкости при вводе в вакуум. С технологической точки зрения жир необходимо подогревать для увеличения его текучести и предотвращения от застывания. Однако с химической точки зрения жир не рекомендуется разогревать выше 60–80 °С, так как разогрев выше этой температуры приводит к снижению его биологической ценности, ускорению каталитических процессов, выделению легче летучих веществ. При необходимости ввода более 10 % жира применяют только вакуумные системы напыления.

Таким образом, видно, что среди учёных нет единого мнения по режимам экструдирования комбикормов для рыбы их вакуумного напыления. Поэтому исследования в этом направлении актуальны.

В связи с тем, что в результате предыдущих исследований нами уже установлено, что оптимальная температура экструдирования комбикормов для рыб равна 120 °С, то целью данной работы являлось выявление оптимальных параметров процесса вакуумного напыления рыбьего жира на экструдат. Объектами исследования являлся экструдат для прудовых рыб, полученный при разных значениях давления разряжения и температуре напыления рыбьего жира. Оценка качества экструдата проводилась по стандартным методикам. Эксперимент проводили в лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» на лабораторной установке вакуумного напыления.

Для оптимизации данного процесса использовали программу СТАТГРАФИКС. По литературным источникам были определены входные факторы, их пределы варьирования, построена матрица планирования эксперимента (таблица 1), по которой проведено 10 опытов.

Видно, что входные факторы изменялись в следующих пределах: температура вводимого рыбьего жира от 40 до 60 °С, давление разряжения в напылителе – от 400 до 600 мбар (0,4–0,6 атмосферы).

Выходными факторами являлось содержание сырого жира в комбикорма и показатели его качества (крошимость, водостойкость, растворимость и др.). При анализе выходного фактора «ЖИР» получили следующие графические и аналитические данные.

На рисунке 1 представлены карта Парето, позволяющая определить значимость коэффициентов уравнения регрессии, уравнение регрессии, поверхность отклика и контурный график при выходном факторе «ЖИР».

Таблица 1– План эксперимента

Но- мер опыта	Входные факторы		Выходные факторы
	Температура жира, °С	Давление разряжения, мбар	Содержание сырого жира, %
1	50	500	17,32
2	40	400	16,95
3	60	400	17,28
4	40	600	17,12
5	60	600	17,32
6	35,86	500	16,74
7	64,14	500	17,34
8	50	358,58	16,84
9	50	641,42	17,15
10	50	500	17,32

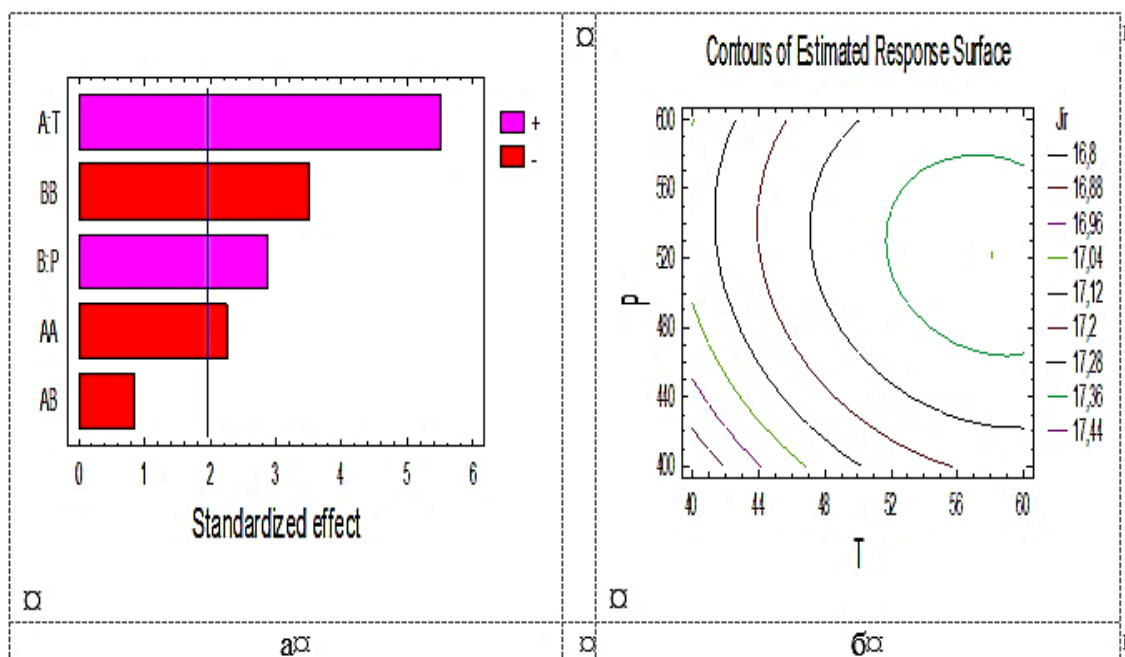


Рисунок 1 – Карта Парето (а) и контурный график поверхности отклика (б) при выходном факторе «ЖИР»

Анализ карты Парето позволил установить, что значимыми являются выбранные факторы и квадраты факторов. В то же время произведение факторов являются не значительными, потому данные факторы были исключены из уравнения регрессии, так как они не влияют на количество сырого жира при напылении.

Как видно на контурном графике (рисунок 1а), с повышением температуры до 58 °С и созданием вакуума 521 мбар, количество жира на поверхности экструдата увеличивается. При этом более значимым фактором в данном случае является температура. После соответствующей обработки данных эксперимента получено следующее уравнение регрессии при R=0,82:

$$СЖ = 9,51474 + 0,137027 \cdot T + 0,0149815 \cdot P - 0,00103062 \cdot T^2 - 0,00003325 \cdot T \cdot P - 0,0000125062 \cdot P^2$$

В результате обработки экспериментальных данных программу СТАТГРАФИКС получены уравнения регрессии, описывающие изменение под влиянием исследуемых факторов значений других выходных параметров (объемная масса экструдата, крошимость, растворимость, влажность, содержание мелких частиц и водостойкость). При выходном факторе «ОБЪЕМНАЯ МАССА», установлено, что количество жира влияет на нее следующим образом: чем больше экструдатом поглощено жира, тем он тяжелее – объемная масса больше. При выходном факторе «КРОШИМОСТЬ» установлено, что увеличение значений давления и температуры приводит к снижению крошимости, т.е. экструдат при поглощении жира становится крепче. Анализ данных показал также, что другие показатели физических

свойств экструдата после напыления изменяются незначительно. Такие показатели, как крошимость, содержание мелких частиц и водостойкость находятся в норме согласно ГОСТ 22834.

Показатель растворимости имеет небольшие значения, что положительно характеризует экструдаты. В комбикорме для рыб этот показатель очень важен и свидетельствует о том, что экструдат, попадая в воду, является водостойким и растворяется не сразу.

Сопоставляя данные по оптимумам определяющих качество экструдата выходных параметров, установили, что оптимум выходных факторов отличается незначительно.

Таким образом, установлено, что при оптимальные параметры вакуумного напыления рыбьего жира на экструдат, полученный при температуре экструдирования 120 °С, следующие: температура напыления жира $-58\pm 2^\circ\text{C}$; давление разряжения в камере напылителя -510 ± 10 мбар.

Список использованных источников

1 Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности. – Минск: ГУ «НИПТИхлебопродукт», 2004. – 297 с.

2 Новая разработка компании «ТЕХНЕКС». Гигиена кормов – приоритет кормопроизводства // Комбикорма. – 2005. – № 6. – С. 30–31.

3 Рудой Д.В. Исследование процесса экструдирования комбикормов для рыб / Д.В. Рудой // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. – № 3(33). – С. 95–97.

4 Сидорова В.И. Разработка новых технологий и техники производства кормов для рыб / В.И. Сидорова, Н.И. Январева // Тр. КазНИИ рыбного хозяйства, Алматы, 2017. – С. 318.

5 Остриков А.Н. Математическое моделирование процесса диффузии жидких добавок внутрь экструдированных гранул комбикорма для рыб ценных пород / А.Н. Остриков // Вестник ВГУИТ, 2020. – № 2. – С. 19–24.

6 Производственные линии/аквакорм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fragolaspa.com/ru/производственные-линии/аквакорм/> – Дата доступа: 25.11.2020.

7 Богомолов В.А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов. В 2-х Т. – Воронеж: Элист, 2008. – С. 490.