

*Экологическая чистота и безопасность рыбной продукции напрямую связаны с методами профилактики и лечения бактериальных инфекций карповых рыб. В статье представлены исследования по влаготепловой обработке комбикорма, содержащего в качестве активного действующего вещества фитобиотик Микс-Ойл. Были получены оптимальные параметры влаготепловой обработки лечебно-профилактического комбикорма при различных дозировках препарата Микс-Ойл и представлены результаты по эффективности его применения.*

*Ключевые слова:* комбикорм, рыба, карп, рыбная продукция, фитобиотики, влаготепловая обработка, параметры обработки, профилактика аэроманоза, эффективность.

## **ВЛИЯНИЕ ВЛАГОТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО КОМБИКОРМА ДЛЯ КАРПА С ФИТОБИОТИКОМ МИКС-ОЙЛ**

РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

*Ж. В. Кошак, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов;  
С. М. Дегтярик, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией болезней рыб*

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

*А. Э. Кошак, кандидат технических наук, доцент,  
и.о. начальника отдела новых технологий и техники,*

Современное рыбоводство, располагающее мощной производственной базой имеет все возможности по обеспечению населения республики рыбой – одним из самых ценных белковых продуктов. Важным условием развития рыбоводства является защита рыб от болезней. Рыбы, как и другие животные, подвержены заболеваниям различной этиологии (паразитарным, бактериальным, вирусным, микозным, незаразным) [1]. Бактериальные инфекции наиболее опасны, поскольку могут вызвать стопроцентную гибель рыб.

Аэромонады – возбудители бактериальной геморрагической септицемии у рыб, которые могут вызвать геморагии у теплокровных. Известно, что вспышкам заболеваемости способствует снижение иммунитета, вызванное стрессовыми экологическими факторами. Для лечения и профилактики этих заболеваний наиболее широко используются антибиотики. Курс лечения антибиотиками составляет не менее 10 дней и часто приводит к иммунодепрессивным состояниям у рыб, ухудшению эпизоотической ситуации и ухудшению потребительских качеств рыбы. Кроме этого, широкое применение антибиотиков и химиопрепаратов для профилактики и борьбы с бактериальными болезнями в рыбоводных хозяйствах привело к возникновению такой проблемы, как лекарственная сопротивляемость [2].

В последние годы использование некоторых антибиотиков запрещено в ряде стран по причине серьезной экологической опасности, а также некоторого канцерогенного эффекта, вызываемого ими у многих костистых рыб [3]. Антибиотики могут угнетать полезную микрофлору, которая обычно присутствует в пищеварительном тракте рыб [4]. В связи с этим вместо антибиотиков все чаще используют пробиотики, пребиотики и фитобиотики.

Фитобиотики – это комплексы растительного происхождения, обладающие разнообразным действием на организм: антимикробным, противовирусным, иммуномодулирующим, противогрибковым, противовоспалительным и т.п. В их состав входят, как правило, натуральные растительные компоненты. Фитобиотики получают из ароматических растений и добавляют в корма.

Они, как показывают исследования, стимулируют выработку эндогенных ферментов, тем самым улучшая перевариваемость питательных веществ комбикорма, вкусовые качества фитобиотиков увеличивают поедаемость комбикормов. Положительное воздействие фитобиотиков связано с содержанием в них таких веществ как каротиноиды, полипептиды, фитоэстрагены, сапонины и др. [5, 6]. Установлено, что совместное действие органических кислот и эфирных масел в фитобиотиках оказывает комплексное действие, направленное на сокращение патогенной микрофлоры и поддержание сапрофитной флоры. Сочетание активных ингредиентов способствует проникновению органических кислот сквозь клеточную мембрану бактерий, повышая тем самым ее проницаемость и позволяя кислотам распадаться в кишечнике, а бактерицидный и фунгицидный эффекты определенных эфирных масел усиливаются в слабокислой среде.

В связи с этим разработка лечебно-профилактического комбикорма с фитобиотиком Микс-Ойл в его составе является актуальной задачей для Республики Беларусь. Однако при влаготепловой обработке комбикорма перед гранулированием активность фитобиотика снижается либо вообще прекращается. Поэтому актуальным является подбор параметров влаготепловой обработки комбикорма с фитобиотиком Микс-Ойл, которые позволят сохранить его активность и дать результаты при профилактике и лечении бактериальных инфекций карповых рыб, в частности аэромоназов.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Важным фактором, влияющим на качество гранул и эффективность процесса гранулирования, является обеспечение требуемых условий кондиционирования в соответствии со свойствами обрабатываемого продукта. Для составления хорошо гранулируемой смеси необходимо иметь различные компоненты, делающие корм эластичным, легко проходимым через отверстия матрицы, повышающие производительность пресса при минимальных затратах электроэнергии и уменьшающие износ матрицы. При этом нужно создать условия гранулирования, способствующие лучшему склеиванию компонентов смеси. При использовании термочувствительных продуктов (молочный порошок, сахар, фитобиотики, пробиотики) нужно добавлять небольшое количество пара. Это определит невысокую влажность смеси при кондиционировании. Процесс прессования таких продуктов протекает с определенными трудностями, поэтому нужно поддерживать небольшую производительность пресс-гранулятора. Следует применять воду вместо пара либо малое количество пара [7].

Под воздействием пара при кондиционировании комбикорма, благодаря подводу тепла и влаги, рассыпной комбикорм подвергается, с одной стороны, структурно-механическим, с другой, биохимическим изменениям, в результате чего получают продукт, необходимой для прессования вязкости. Состав комбикормов определяет его коллоидно-пористую структуру. При поглощении влаги коллоиды набухают и видоизменяются. С повышением температуры набухание происходит более интенсивно, при этом повышаются пластические свойства комбикорма. Повышение температуры благоприятствует освобождению жира из жировых клеток компонентов комбикормов, тем самым снижается вязкость жира и увлажняется поверхность комбикорма. Жир равномерно обволакивает теплую и влажную поверхность комбикорма. С повышением температуры и влажности происходит клейстеризация крахмала, переход его в растворимую форму, более доступную для действия ферментов. При кондиционировании комбикорма достигается частичный гидролиз крахмала, который является составной частью углеводов компонентов комбикорма, например зерновых культур. В результате чего образуются декстрины и простые сахара, способствующие сцеплению частиц комбикорма между собой.

Самым простым способом влаготепловой обработки является скоростное кондиционирование. Оно достигается в результате равномерного прогрева комбикорма в кондиционере-смесителе сухим перегретым паром с давлением  $3,5-4,5 \cdot 10^5$  Па в количестве 50–60 кг пара на 1 тонну комбикорма. При этом температура продукта повышается до 75–85 °С. Продолжительность обработки 10–30 секунд. Скоростное кондиционирование является основным и наиболее распространенным способом влаготепловой обработки комбикормов перед такими операциями как гранулирование, экспандирование, экструдирование и т.п. [8].

На активность фитобиотика Микс-Ойл существенное воздействие оказывает влаготепловая обработка комбикорма. Для изучения ее влияния были выбраны следующие дозировки 200, 400 и 600 г/т препарата, форма выпуска рассыпной.

Для исследования использовалось планирование эксперимента, а именно ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездным плечом [9]. В качестве независимых факторов, влияющих на эффективность процесса, выбраны время влаготепловой обработки и температура протекания процесса. Матрица планирования ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездой представлена в табл. 1.

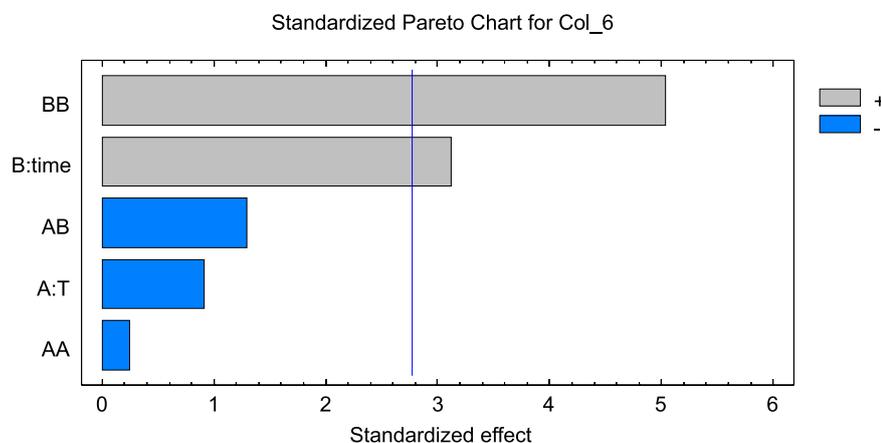
**Таблица 1. Матрица планирования ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездой.  
Дозировка фитобиотика Микс-Ойл 200, 400 и 600 г/т**

№ опыта	Время влаготепловой обработки комбикорма, с	Температура процесса, °С
1	40	55
2	20	50
3	20	60
4	60	50
5	60	60
6	40	48
7	40	62
8	12	55
9	68	55
10	40	55

В качестве выходных параметров, характеризующих структурно-механические свойства комбикорма, были выбраны: влажность комбикорма, разбухаемость и плотность гранул.

Обработку результатов эксперимента проводили с помощью специализированного пакета математического анализа Stat Graphics Centurion. Для анализа данных эксперимента были построены карты Парето, поверхности отклика и параметрические диаграммы для всех трех выходных параметров процесса влаготепловой обработки комбикорма, а также подобрана математическая модель, адекватно описывающая процесс влаготепловой обработки комбикорма с различной дозировкой фитобиотика Микс-Ойл. Было установлено, что наибольшее влияние на влажность комбикорма, разбухаемость и плотность гранул оказывает продолжительность влаготепловой обработки (ВТО), причем с увеличением продолжительности ВТО увеличивается значение влажности пропаренного комбикорма, снижается разбухаемость гранул (увеличивается водостойкость) и увеличивается плотность гранул.

Карта Парето, показывающая влияние времени влаготепловой обработки и температуры процесса на плотность гранул комбикорма при дозировке 200 г/т представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Карта Парето для выходного параметра процесса – плотность гранул (дозировка 200 г/т)

Карты Парето при дозировках 400 и 600 г/т отражают аналогичные закономерности.

Изменения разбухаемости гранул при влаготепловой обработке при дозировках фитобиотика Микс-Ойл 200, 400 и 600 г/т также имеют сходный характер: при увеличении температуры и времени обработки время разбухаемости гранул комбикорма в воде увеличивается, т.е. водостойкость гранул повышается. Поверхность отклика, отражающая характер изменения показателя разбухаемости гранул при возрастании температуры и времени обработки при дозировке 600 г/т. представлена на рис. 2.

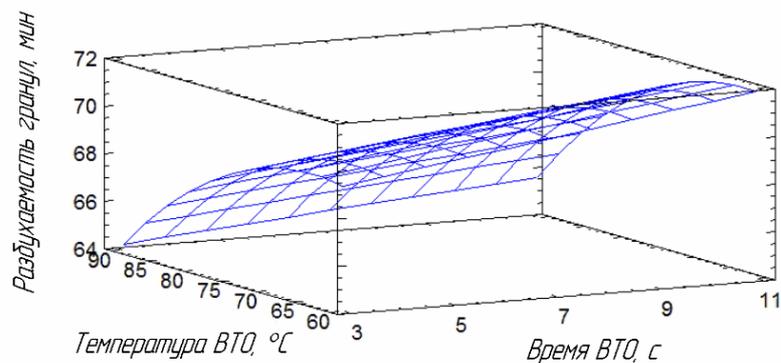


Рис. 2. Поверхность отклика, характеризующая разбухаемость гранул при влаготепловой обработке комбикорма

Анализируя рис. 2, видим, что поверхность отклика имеет оптимум, при котором наблюдается максимальная разбухаемость гранул. Спроецировав, эту точку максимума на плоскость «Время – Температура ВТО», можно получить оптимальные параметры влаготепловой обработки комбикорма, которые обеспечивают максимальную разбухаемость гранул при дозировке 600 г/т фитобиотика Микс-ойл. Однако более точные значения параметров процесса можно получить, построив диаграмму, на которой совмещены параметрические диаграммы двух выходных параметров: разбухаемость и плотность гранул. Параметрическая диаграмма для дозировки фитобиотика 600 г/т представлена на рис. 3.

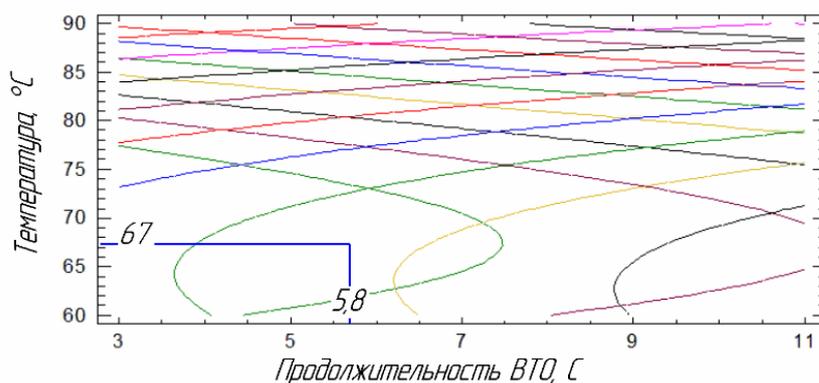


Рис. 3. Параметрическая диаграмма выходных параметров разбухаемость – плотность процесса ВТО

Анализ рис. 3 показывает, что оптимальные значения параметров влаготепловой обработки следующие: температура комбикорма 67°С при продолжительности процесса 5,8 сек. Аналогичные оптимальные параметры процесса влаготепловой обработки были отмечены и при дозировках 200 и 400 г/т.

Была получена математическая модель, описывающая изменение разбухаемости гранул комбикорма при различных дозировках препарата Микс-Ойл в процессе влаготепловой обработки комбикорма:

$$R = A + B \cdot t + C \cdot T + D \cdot t^2 + F \cdot t \cdot T + G \cdot T^2, \quad (1)$$

где  $R$  – разбухаемость гранул, мин;  
 $A, B, C, D, F, G$  – экспериментальные коэффициенты;  
 $t$  – продолжительность влаготепловой обработки, с;  
 $T$  – температура влаготепловой обработки, °С.

Математическая модель адекватно описывает процесс влаготепловой обработки и его влияние на разбухаемость гранул по Фишеру. Значения экспериментальных коэффициентов при различных дозировках препарата Микс-Ойл представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Значения коэффициентов математической модели при различных дозировках препарата Микс-Ойл**

Коэффициент	Дозировка фитобиотика Микс-Ойл, г/т		
	200	400	600
A	27,16	30,91	34,64
B	1,09	0,87	0,64
C	0,18	0,605	1,03
D	-0,01	-0,01	-0,01
F	0	0	-0,005
G	-0,003	-0,0055	-0,0079

Полученные коэффициенты математической модели значимы по критерию Стьюдента.

На следующем этапе исследований были изготовлены экспериментальные образцы лечебно-профилактического комбикорма с заданными параметрами влаготепловой обработки. Была определена эффективность этих образцов при профилактике аэромоноза у карпа. Для этого в течение 6 дней было осуществлено кормление годовика карпа, после чего рыбе из опытных и контрольных групп 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 выживаемости карпа после кормления комбикормом, изготовленным с применением влаготепловой обработки и без нее с разными дозировками фитобиотика Микс-Ойл, представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Динамика гибели рыб, зараженных *Aeromonas hydrophyla*, в опытных и контрольных группах**

Дозировка Микс-Ойл	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки	6 сутки	7 сутки	% гибели
200 без ВТО	-	1	5	2	4	-	-	93
200 с ВТО	-	3	2	-	1	-	-	60
600 с ВТО	-	1	-	1	-	-	-	20
Контроль без Микс-Ойл	2	6	1	1	-	-	-	100

Развитие клинических признаков аэромоноза (в первую очередь, резко выраженная экзофталмия у 100% особей, ерошение чешуи и гиперемия в грудном отделе туловища) у рыб из контрольной группы началось уже на 1-е сутки. Процесс развивался бурно. Гибель карпа в контрольном аквариуме началась уже в первые сутки. На 2-е сутки погибло 6 экз. карпа, на 3-е и 4-е сутки – еще по 1 экз. При вскрытии в полости тела у погибших рыб выявлен экссудат соломенно-желтого или кровянистого цвета, почки дряблые, мажущейся консистенции. Таким образом, в течение 4 суток произошла стопроцентная гибель рыбы из контрольного аквариума, сопровождающаяся быстрым развитием клинических признаков аэромоноза. Проявление признаков заболевания карпа аэромонозом представлено на рис. 5.



Рис. 5. Вторая опытная группа на пятые сутки после инфицирования:  
 1 – гиперемия в области грудных плавников и пучеглазие; 2 – слабое ерошение чешуи;  
 3 и 4 – кровоизлияние в глаза и пучеглазие; 5 и 6 – пучеглазие и язвы у основания плавника

Анализируя табл. 3, видим, что при дозировке препарата 200 г/т с влаготепловой обработкой смертность карпа на 35 % ниже, чем без нее. Это очевидно, связано с потерей активности фитобиотика Микс-Ойл под воздействием температуры и влаги. При увеличении дозировки препарата до 600 г/т смертность карпа снизилась на 80 % по сравнению с комбикормом без использования фитобиотика.

Таким образом, на основании проведенных исследований было установлено, что фитобиотик Микс-Ойл оказывает профилактическое действие в составе комбикормов при дозировке препарата 600 г/т. Были подобраны оптимальные параметры процесса влаготепловой обработки лечебно-профилактического комбикорма с фитобиотиком: температура комбикорма после ВТО 67 °С при продолжительности процесса 5,8 сек. Было установлено, что при потреблении корма, изготовленного с указанной дозировкой фитобиотика при вышеназванных параметрах ВТО, смертность карпа снижается на 80 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борьба с болезнями рыб – актуальная задача рыбоводства Беларуси / М. М. Радько [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 2 – С. 52–54.
2. Teuber, M. Veterinary use and antibiotic resistance / M. Teuber // Current Opinion Microbiol. – 2001. – № 4. – P. 493–499.
3. Gatesoupe, F. J. The use of probiotics in aquaculture / F. J. Gatesoupe // Aquaculture. – 1999. – 180. – P. 147–165.
4. Sugita, H. The vitamin B 12 – producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish / H. Sugita, C. Miyajima, Y. Deguchi // Aquacul. – 1991. – 92. – P. 267–276.
5. Про- и фитобиотики в кормлении крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6. – С. 225–228.
6. Подобед, Л. И. Фитобиотики – место и роль в системе эффективного кормления животных и птицы: научное издание / Л. И. Подобед // Эффективні корми та годівля. – 2007. – №3. – С. 15-18.
7. Гонтаренко, В. П. Совершенствование технологии производства комбикормов / В. П. Гонтаренко. – Комбикормовая промышленность, 1972. – С. 291.

8. *Вайстих, Г. Я.* Гранулирование кормов / Г.Я. Вайстих, П.М. Дарманьян. – М.: Агропромиздат, 1988. – 143 с.
9. *Кошак, Ж. В.* Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной отрасли / Ж.В. Кошак, А. Э. Кошак. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2015. – 152 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 23.06.2017*

**Zh. V. Koshak, S. M. Degtjaric, A. E. Koshak**

### **INFLUENCE OF WATER-HEAT TREATMENT ON THE EFFICIENCY OF TREATMENT-PROPHYLACTIC MIXED FODDER FOR CARP WITH PHYTIBIOTIC MICS-OIL**

Ecological cleanliness and safety of fish products are directly related to methods of prevention and treatment of bacterial infections of carp fish. The article presents studies on moisture-moisture processing of mixed fodders containing phytobiotic Mix-Oil as an active substance. Optimum parameters of moisture-thermal treatment of the medical-prophylactic mixed fodders at different dosages of the Mics-Oil preparation were obtained and the results on the effectiveness of its use are presented.

**Keywords:** mixed fodder, fish, carp, fish products, phytobiotics, moisture-heat treatment, processing parameters, aeromonosis prevention, efficiency.

УДК 663.81

*В статье описаны теоретические исследования движения жидкости в гидродинамическом нагревателе, используемом для подготовки и улучшения качества питьевой воды. Установлено, что принцип действия устройства основан на преобразовании механической энергии, подведенной к ротору, в энергию вихревого движения жидкости. Основная диссипация энергии в устройстве происходит в области бокового зазора, а тепловыделение в нем можно усилить за счет увеличения окружной скорости лопастей ротора и расхода жидкости в рабочей полости.*

**Ключевые слова:** вода, пастеризация, гидродинамический нагрев, поток, кавитация, нагреватель, ротор.

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ НАГРЕВ ЖИДКОСТИ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*З. В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор;*

*С. И. Корзан, аспирант*

Водоснабжение населения Беларуси осуществляется в основном из подземных источников, в сутки на одного жителя приходится 214 л воды.

От качества водопроводной воды зависит здоровье каждого человека. Проявление различных аллергических заболеваний, нейродермитов, мочекаменной болезни, воспаления суставов и многих других заболеваний связано с качеством потребляемой воды. Существует множество этапов подготовки и улучшения качества питьевой воды: механическая фильтрация, обессоливание, обезжелезивание, обеззараживание, улучшение органолептических свойств и др. Однако уничтожить вредные компоненты можно только при длительном нагреве под давлением.

Процессы обеззараживания жидкостей нагревом изучаются более 100 лет многими отечественными и зарубежными исследователями, начиная с основателя пастеризации Луи Пастера.