



**В.Ю. Агеев, Ж.В. Кошак, Н.Н. Гадлевская, А.Н. Русина,
Н.В. Зенович, Е.Е. Рыбкина, А.Г. Кохович**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ РЫБ

Аннотация: Одним из основных источников пищи для человека являются водные биологические ресурсы. Сокращение их запасов на фоне роста спроса делает искусственное выращивание рыб стратегически важным направлением агропромышленного комплекса. Поэтому создание устойчивой кормовой базы — важная задача, стоящая перед отечественными производителями. Подбор и введение в комбикорма новых сырьевых компонентов, не уступающих традиционному сырью, становятся одними из главных перспективных направлений развития отрасли кормопроизводства страны. В РУП «Институт рыбного хозяйства» исследуют новые виды нетрадиционного сырья, ввод которых способствует повышению питательной ценности комбикормов и снижению их себестоимости.

Ключевые слова: комбикорма, карп, осётр, концентрат кормовой, гидролизат, фермент, гуминобиотик, протеин, жир, клетчатка, кормовой коэффициент, переваримость

**U.Yu. Aheyets, J.V. Koshak, N.N. Hadlevskaya, A.N. Rusina,
N.V. Zenovich, E.E. Rybkina, A.G. Kohovich**

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus
National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USE OF UNCONVENTIONAL KINDS OF RAW MATERIALS IN COMBINE FEEDS FOR FISH

Abstract: One of the main sources of food for humans is aquatic biological resources. The reduction of their stocks against the background of growing demand makes artificial fish farming a strategically important area of the agro-



industrial complex. Therefore, the creation of a sustainable forage base is an important task facing domestic producers. The selection and introduction of new raw materials into compound feed, which are not inferior to traditional raw materials, are becoming one of the main promising directions for the development of the country's feed industry. In RUE "Institute of Fisheries" are investigating new types of non-traditional raw materials, the introduction of which contributes to increasing the nutritional value of feed and reducing their cost.

Keywords: compound feed, carp, sturgeon, feed concentrate, hydrolyzate, enzyme, huminobiotic, protein, fat, fiber, feed coefficient, digestibility

Введение. Производство комбикормов, сбалансированных по всем показателям питательности и биологически активным веществам — непростая и важная задача. Современные рецепты могут содержать более 20 компонентов и различных кормовых добавок, которые только в определенной совокупности и весовом соотношении способны удовлетворить потребности рыбы в питательных веществах для поддержания жизни, развития, воспроизводства и получения высокой продуктивности.

При выращивании рыбы основной рост обеспечивает протеин комбикорма, и чем он полноценнее и легче усваивается, тем выше рыбопродуктивность и ниже кормовые затраты. Основным высококачественным протеином в комбикормах для рыб является рыбная мука, мировые объемы производства которой сокращаются при постоянном росте цен [1].

Основным объектом рыбоводства в республике является карп, выращивание которого сопряжено с использованием искусственных кормов. Однако рентабельность карповодства низкая, прежде всего из-за высокой стоимости используемых комбикормов, на долю которых в структуре себестоимости товарной рыбы приходится более 50 %. В республике также выращиваются ценные виды рыб, в частности осетровые виды и радужная форель. В структуре себестоимости выращивания ценных видов на долю комбикормов приходится 100 % [2]. Корма для рыбы, особенно для ценных видов рыб, относятся к высокобелковым кормам, поэтому разработка способов уменьшения затрат на корма и кормление весьма актуальна.

В связи с постоянным ростом цен на комбикормовое сырье и дефицитом белкового сырья внимание ученых привлекают нетрадиционные корма, как источники энергии, питательных веществ и биологически



активных веществ. Разработка и использование таких кормов способствует расширению рынка кормового сырья и повышению эффективности его использования. Как правило, применение последних положительно сказывается на рентабельности и конкурентоспособности производимой продукции [3].

В Республике Беларусь выращивание осетровых видов рыб базируется в основном на интенсивном кормлении. Необходимо учитывать, насколько сбалансированы комбикорма по основным элементам питания, полностью ли они отвечают физиологическим потребностям осетра, в частности, по оптимальным уровням белка, жира, калорий. Если говорить о белках, то надо помнить, что, попадая в пищеварительный тракт, они не усваиваются в неизмененном виде, а сначала расщепляются до аминокислот, из которых в клетках синтезируются необходимые для них белки. Аминокислоты, в свою очередь, делятся на заменимые и незаменимые. Заменимые синтезируются в достаточном количестве в организме рыб, а незаменимые не синтезируются и должны поступать с кормом. Для этого нужно, чтобы в нем был полноценный белок, то есть белок, содержащий незаменимые аминокислоты. Их недостаток тормозит рост рыб, мешает усвоению ими пищи, негативно отражается на их аппетите и жизнестойкости. Более того, дефицит некоторых аминокислот вызывает патологические отклонения [4].

Основным белковым сырьём в комбикормах для рыб является рыбная мука. К 2025 г. объёмы рыбной муки на мировом рынке сократятся в два раза [5]. Поэтому разработчиками комбикормов во всём мире проводятся поиски альтернативных источников животного протеина. В качестве альтернативы может выступать рыбный гидролизат, полученный из отходов переработки пресноводной рыбы.

В РУП «Институт рыбного хозяйства» была разработана технология ферментативного гидролиза рыбных отходов и получен новый кормовой концентрат — рыбный гидролизат. Были изучены свойства рыбного гидролизата, а также новых нетрадиционных сырьевых компонентов — кормового концентрата из отходов крупяного производства, новый ферментный комплекс «Фекорд Аква» и кормовые добавки «Гуминобиотик Аква» и «Фульвогумат».

Цель работы — оценить эффективность использования нетрадиционных видов сырья в комбикормах для карпа и осетровых рыб.

Основная часть. Одним из перспективных видов сырья взамен рыбной муки является рыбный гидролизат. Рыбный белковый гидроли-



зат — однородный мелкодисперсный порошок светло-бежевого цвета, хорошо растворимый в воде с большим содержанием свободных аминокислот и низших пептидов, обладающий хорошими функциональными и питательными свойствами, а также содержащий в своём составе полноценный и сбалансированный по большинству незаменимых аминокислот протеин. Получают рыбный гидролизат, как правило, из отходов переработки рыбы и некондиционной мелкой рыбы, которую нельзя использовать в пищевой промышленности [6].

В лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» был разработан способ производства гидролизата из отходов переработки рыбы (Способ получения гидролизата из рыбы: пат. ВУ 23478 / Агеец В.Ю., Кошак Ж.В., Кошак А.Э., Зенович Н.В., Русина А.Н., Долгая Д.В., Гадлевская Н.Н., Орлов И.А. — Оpubл. 30.08.2021).

Был определен химический состав и биологическая ценность рыбного гидролизата и проведено сравнение его с рыбной мукой. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав рыбного гидролизата и рыбной муки
Table 1. Chemical composition of fish hydrolyzate and fish meal

| Наименование образца | Влажность, % | Содержание, % | | | |
|--|--------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|
| | | сухого вещества, % | сырого протеина, % | сырого жира, % | сырой золы, % |
| Рыбный гидролизат по ТУ ВУ 100035627.023-2019 | 3,60 | 96,40 | 61,1 | 2,00 | 7,31 |
| Рыбная мука по ГОСТ 2116-2000(производство РБ) | 11,59 | 88,41 | 66,00 | 7,40 | 12,70 |

Из табл. 1 видно, что содержание сырого протеина в рыбном гидролизате составило 61,1 %, что только на 4,93 % меньше, чем в рыбной муке. В то же время необходимо понимать, что белок, подвергшийся ферментативному гидролизу, представляет собой хорошо усвояемый продукт за счет модификации белковых молекул, их частичного распада в результате гидролиза с образованием полипептидов, пептидов и аминокислот. Сырого жира в рыбном гидролизате содержится 2,00 %, в то время как в рыбной муке его 7,40 %. Низкое содержание жира в рыбном гидролизате позволяет увеличить его сроки хранения по сравнению с рыбной мукой.



Биологическая ценность рыбного гидролизата определялась по содержанию основных незаменимых аминокислот. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Аминокислотный состав рыбного гидролизата**
Table 2. Aminoacid composition of fish hydrolyzate

| Аминокислота | Содержание аминокислоты, мг/100 г | |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------|
| | Рыбная мука | Рыбный гидролизат |
| Лизин | 3600 | 6612,4 |
| Треонин | 3100 | 2835,7 |
| Метионин+цистеин | 3090 | 3018,5 |
| Валин | 3800 | 3566,5 |
| Фенилаланин+тирозин | 2460 | 3299,1 |
| Лейцин | 3430 | 5231,3 |
| Изолейцин | 2110 | 2475,3 |

Из табл. 2 видно, что содержание аминокислот в гидролизате близко к содержанию аминокислот в рыбной муке. Рыбный гидролизат содержит полноценный и сбалансированный по большинству незаменимых аминокислот протеин.

Один из показателей, позволяющий оценить качество рыбного гидролизата — это переваримость его рыбой. Была определена переваримость рыбного гидролизата осетровыми рыбами. Традиционное для животноводства определение переваримости, построенное на основе балансовых методов, несмотря на существующие его модификации для рыб Г.С. Карзинкина [7, 8], Е.А. Яблонской [8], для искусственных кормов оказалось неприменимым. Чрезвычайно сложным оказался и фистульный метод, разработанный для рыб В.В. Краюхиным [9].

В своих исследованиях мы руководствовались методикой М.А. Щербины [10], согласно которой переваримость корма определяется по разности между количеством питательных веществ, принятых с кормом, и количеством их же, выделенных с экскрементами. Эта величина, называемая показателем «видимой переваримости», отличается от истинной переваримости. Несмотря на некоторые погрешности, показатель «видимой переваримости» дает количественную характеристику полезной части пищи, доступной организму рыб. Он является выражением конечных результатов процессов расщепления, всасывания и обмена, происходящих в пищеварительном тракте и зависит от многих внешних



и внутренних факторов. К внешним факторам относятся специфические особенности самих кормовых веществ, температура воды прудов, их кислородный режим, концентрация водородных ионов, солевой состав, накопление продуктов обмена в воде и т.д. К внутренним — активность и набор ферментов, выделяемых пищеварительными железами, способность пищеварительных желез к адаптивным изменениям ферментного состава выделяемых соков в зависимости от качества поступающей пищи, приспособление работы этих желез к пищевым и антипитательным веществам.

Определение переваримости сырого протеина рыбного гидролизата проводили на ленском осетре. В результате проведенных исследований коэффициент видимой переваримости сырого протеина рыбного гидролизата осетрами составил 86 %. На следующем этапе исследований был разработан состав комбикорма для осетровых рыб, в котором рыбная мука была заменена рыбным гидролизатом в количестве 4 %, 6 %, 8 % и 10 %. Далее была оценена эффективность рыбного гидролизата в составе комбикормов для осетровых рыб и его влияние на физиологическое состояние, и ростовые показатели осетра, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании разного процента ввода рыбного гидролизата
Table 3. Specific growth rate and feed costs when using different percentages of fish hydrolyzate input

| Процент замены рыбной муки в составе комбикорма | Прирост осетра | | Удельная скорость роста, %/сутки | Затраты корма, г | Кормовой коэффициент, ед. |
|---|----------------|------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
| | абсолютный, г | относительный, % | | | |
| Комбикорм контроль (0%) | 5,80±1,46 | 10,32±2,87 | 0,0055 | 181,7 | 6,3 |
| 4 % | 10,67±3,84 | 8,90±3,13 | 0,0051 | 198,0 | 6,2 |
| 6 % | 16,60±3,85 | 19,32±4,30 | 0,0082 | 138,4 | 1,6 |
| 8 % | 16,80±1,24 | 18,90±1,70 | 0,0100 | 256,1 | 3,0 |
| 10 % | 20,00±1,22 | 30,88±2,43 | 0,0157 | 83,9 | 1,05 |

Анализируя данные табл. 3, отметим, что комбикорм с заменой 10 % рыбной муки на рыбный гидролизат дал наилучший результат: абсолютный прирост выше на 71 %, удельная скорость роста выше на 65 % по сравнению с контролем. Значение кормового коэффициента в опыте с вводом рыбного гидролизата в количестве 10 % составило 1,05 ед., что в 6 раз меньше, чем в контрольном варианте.



Патологии, индуцируемые несбалансированными кормами, а также иными неблагоприятными факторами окружающей среды, способны нанести существенный урон рыбоводной отрасли. Для профилактики и лечения этих заболеваний применяют иммуномодуляторы, средства для регуляции стресса, разрабатываются различные методы воздействия на физиологические механизмы снижения заболеваемости, используются методы биотехнологии, вакцинирования и другие подходы. В целом недостатком этих методов является высокая затратность. В последнее время внимание исследователей всё в большей степени привлекают препараты на основе гуминовых соединений. Они могут быть использованы для повышения эффективности выращивания объектов животноводства, в т.ч. аквакультуры [11].

К гуминовым веществам относят фульвовые, гуминовые кислоты и их соли. Благодаря наличию различных функциональных групп и специфической ячеистой структуре гуминовые вещества обладают высокой сорбционной способностью. Они не токсичны, не проявляют мутагенной, канцерогенной и тератогенной активности и применяются в сельскохозяйственной практике для связывания тяжелых металлов, гербицидов, различных мутагенов, моно- и полициклических ароматических соединений, бактерий.

Гуминовые кислоты — это группа темно окрашенных гумусовых кислот, растворимых только в щелочах, но не растворимые в кислотах, ибо это сложная смесь высоко молярных природных органических соединений. **Фульвовая** кислота является продуктом жизнедеятельности бактерий и микроорганизмов, обитающих в почве после распада остатков растений, подвергаясь распаду и окислению с сопровождением выделения различных химических соединений. Благодаря карбоксильным, карбонильным и ароматическим фрагментам гуминовые кислоты вступают в ионные, доноро-акцепторные и гидрофобные взаимодействия, способных связывать различные классы экотосикантов, тем самым являются своеобразными посредниками, смягчающими действия токсинов на живой организм молоди рыб. Биологические эффекты комплексных связей гуминовой и фульвовой кислот способны эффективно интенсифицировать обменные процессы в живом организме молоди рыб, ускоряя окислительно-восстановительные процессы, улучшая газообмен в тканях, увеличивая скорость свободно-радикального окисления. Они относятся к кислотам низкого молекулярного веса и могут активно связывать свободные радикалы, помогают расщеплять части-



цы пищи рыбьего корма в желудочно-кишечном тракте и угнетают рост патогенных бактерий в желудочно-кишечном тракте рыбы, ускоряют переваривание белка с усвоением кальция, микроэлементов, питательных веществ, имеющих свойство образования пленки из тончайших частиц гуминовой кислоты, защищающей воспаленную ткань эпителия и комплекса лимфатических желез, проникая в субэпителиальную ткань и способствуя их восстановлению. Связанные гуминовыми кислотами бактерии и токсины выводятся естественным путем [12] (Способ повышения эффективности выращивания молоди рыб: пат. RU2582340/ Удинцев С.Н., Жиякова Т.П. — Оpubл. 27.04.2016).

При разработке лечебно-профилактического комбикорма для осетровых рыб в его состав вносили кормовые добавки «Гуминобиотик» и «Фульвогумат», показатели качества которых представлены в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4, видно, что влажность и зольность препаратов практически одинакова. Концентрация щелочи выше у препарата «Фульвогумат», что для пищеварительной системы осетровых рыб не очень благоприятно. В то же время выход свободных гуминовых кислот в препарате российского производства «Фульвогумат» выше в 5 раз. Значения pH кормовой добавки «Фульвогумат» ниже на 3,8 %, что ближе к нейтральной реакции среды. Массовая доля азота в кормовой добавке «Фульвогумат» выше в 1,2 раза по сравнению с кормовой добавкой «Гуминобиотик».

Для установления эффективности кормления комбикормами с добавлением препаратов «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» были проведены эксперименты по кормлению осетров в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Температура воды в аквариумах составляла 18–20 °С. Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 3 раза в сут. Учет корма велся ежедневно. Отхода рыбы во время эксперимента не наблюдалось. Влияние комбикорма с вводом кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» на ростовые показатели осетра представлены в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что кормовой коэффициент при вводе 4 % кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» ниже в 1,3 и 1,2 раза соответственно, чем в контроле, а в опыте при вводе 3 % кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» в 1,7 и 1,1 раза соответственно. В среднем достоверная разница между опытом и контролем в приросте рыбы при $P < 0,05$ отмечена в варианте с включением 4 % кормовой добавки «Гуминобиотик» и 4 % кормовой добавки «Фульвогумат», которые составили 3,34 г и 4,34 г соответственно.

Таблица 4. Показатели качества кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат»
Table 4. Quality indicators of feed additives «Huminobiotic» and «Fulvohumate»

| Наименование кормовой добавки | Массовая доля влаги, % | Зольность, % | Концентрация щелочи, г/дм ³ | Выход свободных гуминовых кислот, % | Массовая доля азота, % | pH |
|-------------------------------|------------------------|--------------|--|-------------------------------------|------------------------|------------|
| «Фульвогумат» | 94,63±0,08 | 0,088±0,01 | 16,45±0,40 | 4,28±0,03 | 0,14±0,04 | 10,84±0,02 |
| «Гуминобиотик» | 94,30±0,03 | 0,078±0,01 | 6,15±0,20 | 0,84±0,00 | 0,12±0,02 | 11,27±0,05 |

Таблица 5. Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании комбикорма для осетра
Table 5. Specific growth rate and feed costs when using compound feed for sturgeon

| Процент ввода кормовой добавки в комбикорм | Прирост осетра | | Удельная скорость роста, %/сутки | Затраты корма, г | Кормовой коэффициент, ед. |
|--|----------------|------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
| | абсолютный, г | относительный, % | | | |
| Комбикорм контроль (0%) | 37,33±0,88 | 13,70±0,62 | 0,0064 | 282,0 | 2,5 |
| 3 % «Гуминобиотик» | 20,67±0,33 | 6,60±0,38 | 0,0013 | 198,8 | 3,2 |
| 3 % «Фульвогумат» | 36,33±0,88 | 13,30±1,60 | 0,0061 | 263,1 | 2,4 |
| 4 % «Гуминобиотик» | 40,67±0,33* | 13,97±2,39 | 0,0052 | 231,8 | 1,9 |
| 4 % «Фульвогумат» | 41,67±0,33* | 20,57±1,18 | 0,0088 | 262,5 | 2,1 |



На основании полученных данных в табл. 5 установлено, что оптимальным процентом ввода кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» в комбикорм для осетровых рыб является 4 %.

Все химические процессы в живых организмах протекают при участии особых, специфически действующих катализаторов, называемых ферментами или энзимами. Ферменты — вещества белковой природы, ускоряющие биохимические реакции. Они не входят в состав конечных продуктов реакций, не расходуются в их процессе и после осуществления реакции остаются в прежнем количестве [13].

Около одной трети органического вещества, поступающего в организм животного с кормом, обычно не переваривается и теряется. Организм рыбы не способен синтезировать ферменты, которые смогли бы гидролизовать некрахмалистые полисахариды клеточных стенок.

В животноводстве наибольший экономический эффект наблюдается при внесении ферментных препаратов в малоценные корма. Они влияют на ту часть корма, которая обычно в недостаточной степени подвергается действию пищеварительных ферментов.

Полагают, что разность переваримой и непереваримой частей рационов и есть тот резерв, за счет которого можно получить повышение эффективности использования комбикормов [14].

Для эффективного кормления рыбы в комбикорма для карпа был внесен мультиэнзимный комплекс и кормовой концентрат, состоящий из отходов крупяных производств, а именно из пшеничной, ячменной, гороховой и овсяной мучек. Белковый комплекс крупяных мучек, с точки зрения сбалансированности по незаменимым аминокислотам, для рыбы более полноценен, чем белки целого зерна.

Поэтому, подобрав оптимальные проценты ввода гороховой, пшеничной и ячменной мучек можно получить кормовой концентрат, сбалансированный по аминокислотному, жирнокислотному, витаминному и минеральному составам для карпа.

Был определен химический состав кормового концентрата и проведенное сравнение с зерном пшеницы. Данные представлены в табл. 6.

Из данных табл. 6 видно, что содержание сырого протеина в кормовом концентрате выше на 4,69 % по сравнению с зерном пшеницы, сырого жира меньше на 0,84 %. Данный кормовой концентрат позволяет частично или полностью заменить зерно в составе комбикормов для карпа и снизить конечную стоимость комбикорма. Лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» на лабораторной линии



был изготовлен концентрат кормовой экструдированный из отходов крупяных производства для карпа, после чего была определена его переваримость на карпе [10]. В результате проведенных исследований коэффициент видимой переваримости кормового концентрата карпом составляет 95,25 %.

Таблица 6. **Химический состав кормового концентрата**
Table 6. **Chemical composition of feed concentrate**

| Наименование | Показатели качества, % | | | | |
|---------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Влажность | Содержание сухого вещества | Содержание сырого протеина | Содержание сырого жира | Содержание сырой клетчатки |
| Кормовой концентрат | 8,71 | 91,21 | 16,19 | 1,36 | 3,94 |
| Зерно пшеницы | 10,91 | 89,09 | 11,50 | 2,20 | 2,70 |

Для установления эффективности кормления комбикормами с мультиэнзимным комплексом «Фекорд Аква» и кормовым концентратом в его составе были проведены эксперименты по кормлению карпа в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 3 раза в сут. Учет корма велся ежедневно. Отхода рыбы во время эксперимента не наблюдалось. Влияние комбикорма с вводом мультиэнзимного комплекса «Фекорд Аква» и кормового концентрата на ростовые показатели карпа представлены в табл. 7.

Таблица 7. **Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании фермента**
Table 7. **Specific growth rate and feed costs when using the enzyme**

| Наименование | Прирост карпа | | Удельная скорость роста, %/сутки | Затраты корма, г | Кормовой коэффициент, ед. |
|------------------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
| | абсолютный, г | относительный, % | | | |
| Комбикорм для карпа К-110 контроль | 1,20±0,30 | 4,49±1,00 | 0,0020 | 56,5 | 4,71 |
| Комбикорм для карпа К-110 опыт | 1,6±0,22 | 6,58±1,80 | 0,0031 | 52,5 | 3,75 |

Анализируя данные табл. 7, можно обратить внимание, что комбикорм для карпа с вводом 0,1 % мультиэнзимного комплекса «Фекорд Аква» и 5 % кормового концентрата активизируют обменные процессы



в организме карпа и ускоряют его темп роста. Лучшие показатели абсолютного и относительного прироста карпа оказались в опыте: абсолютный прирост в опыте выше на 33,33 % по сравнению с контрольным комбикормом.

Анализ удельной скорости роста показал, что при кормлении карпа комбикормом с вводом в его состав нового мультиэнзимного комплекса «Фекорд Аква» и кормового концентрата из отходов крупных производств удельная скорость роста рыб была выше на 55 %, чем в контроле и привела к снижению кормового коэффициента на 20,4 % по сравнению с контролем.

Каротиноиды представляют собой наиболее многочисленную и широко распространенную группу пигментов. Они входят в состав водорослей, клеток микроорганизмов, клеток человека и животных и высших растений. В товарном рыбоводстве их значение определяется как физиологической потребностью рыб, так и получением высоких кулинарных свойств продукта, в особенности вкуса и цвета мяса рыб [15].

Антиоксидантные свойства каротиноидов определяются особенностями своей структуры, которые являются высоконенасыщенными соединениями и имеют в своем составе девять и более двойных сопряженных связей, благодаря этим реактивным связям они способны гасить агрессивные свободные радикалы, тормозить чрезмерное развитие перекисного окисления липидов и тем самым предохранять биомембранные и другие клеточные структуры от повреждения [16].

Каротиноиды (провитамин А), относящиеся к жирорастворимым соединениям, проявляют свои антиокислительные свойства в липидной фазе, аналогично витамину Е. По современным представлениям каротиноиды относятся к наиболее эффективным экзогенным антиоксидантам, действующим в липидной фазе. Их активность зависит от локализации и близости к субстрату, который они защищают. Встраиваясь в фосфолипидно-белковые структуры мембран, в липопротеидные системы, они стабилизируют их, осуществляя противоокислительную защиту одновременно с α -токоферолами, причем их антиоксидантные свойства оказываются в десятки раз сильнее, чем у витамина Е. Антиоксидантные свойства усиливаются от каротиноидов к ксантофиллам, а среди последних повышаются с появлением в их структуре гидролаз, а среди последних повышаются с появлением в их структуре гидрокси- (лютеин, зеакантин) и кетогрупп (кантаксантин). Наибольшей активностью обладает астаксантин, имеющий в структуре как гид-

рокси-, так и кетогруппу. Этот ксантофилл был назван даже «супервитамином», так как его противоокислительная способность оказалась в несколько раз выше, чем у зеаксантина, танаксанина, β -каротина, и в десятки раз выше активности витамина Е [17].

Для изучения иммуномоделирующего воздействия каротинсодержащих препаратов в составе комбикормов для карпа были изготовлены на лабораторной линии РУП «Институт рыбного хозяйства» опытные комбикорма, содержащие различные виды каротиноидов. При проведении исследований подопытную рыбу размещали в аквариумах емкостью 60 л по 10 экз. при постоянной аэрации. Осуществляли ежедневное кормление рыбы комбикормами и смену воды на 1/3 или 2/3 объема аквариумов. Перед началом кормления каждой рыбе скальпелем нанесли порезы, температура воды в аквариумах $18 \pm 0,5$ °С.

Внешний вид рыб с нанесенными на них порезами перед началом кормления представлен на рис. 1.



Контроль

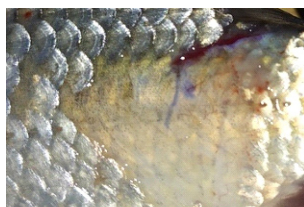
Комбикорм с препаратом
Панаферд АХКомбикорм
с препаратом
Эко-ЗолотойКомбикорм
со спирулиной

Рис. 1. Внешний вид ран на начало кормления комбикормами с каротиноидами

Fig. 1. The appearance of wounds at the beginning of feeding with compound feeds with carotenoids

После кормления комбикормами с каротинсодержащими препаратами в течение 3 сут внешний вид ран изменился, рис. 2.



Контроль

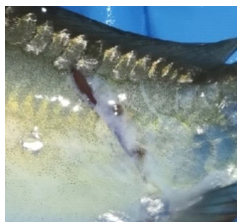
Комбикорм с препаратом
Панаферд АХКомбикорм
с препаратом
Эко-ЗолотойКомбикорм
со спирулиной

Рис. 2. Состояние ран после трех суток кормления комбикормами содержащими каротиноиды

Fig. 2. Condition of wounds after three days of feeding with compound feed containing carotenoids

Анализируя внешний вид ран на рис. 2 видно, что через трое суток кормления явный процесс заживления ран виден при использовании препаратов «Эко Золотой» и «Панаферд-АХ» в составе комбикормов. На рыбе контрольной группы и кормившейся комбикормом со спирулиной процесс заживления проходит медленнее, нет образования коллагена и основного вещества, новообразования кровеносных сосудов с развитием грануляционной ткани в месте тканевого дефекта как при использовании препаратов «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой».

Внешний вид ран после 30 сут кормления комбикормами с каротинсодержащими препаратами представлен на рис. 3.

В течение 30 сут наблюдается полное заживление ран у карпа, кормившегося комбикормами с каротинсодержащимися препаратами «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой».

Анализируя представленные результаты можно сделать вывод, что процесс заживления ран у карпа при использовании каротинсодержащих препаратов «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой» протекает быстрее на 76 % по сравнению с контролем и комбикормом содержащим спирулину.



Контроль

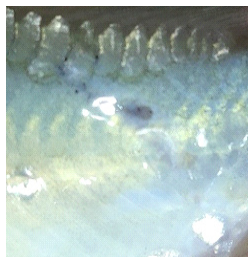
Комбикорм с препаратом
Панаферд АХКомбикорм
с препаратом
Эко-ЗолотойКомбикорм
со спирулиной

Рис. 3. Состояние ран после 30 сут кормления
комбикормами содержащими каротиноиды

Fig. 3. Condition of wounds after thirty days of feeding with
compound feed containing carotenoids

На следующем этапе изучалась устойчивость к бактериальным инфекциям. С этой целью в течение недели карпа прокормили комбикормами, содержащими в своем составе каротинсодержащие препараты «Панаферд-АХ», «Эко Золотой» и спирулину, после чего инфицировали карпа штаммом *Aeromonas hydrophyla* и наблюдали динамику развития бактериальной инфекции, при этом продолжали кормить опытными комбикормами.

Исходя из полученных данных, наиболее эффективным препаратом для борьбы с бактериальной инфекцией карпа является спирулина, выживаемость рыбы составила 100 %, при этом ярких признаков заболевания не наблюдалось (отсутствовало пучеглазие, ерошение чешуи, язвы). Подобный эффект связан с высоким содержанием в спирулине-фикоцианина, который обладает выраженным антиоксидантным, противовоспалительным действием и стимулирует работу иммунной системы. Вторым по эффективности показал себя препарат «Панаферд-



АХ» (выживаемость составила 30 %). При этом препарат «Эко Золотой» не оказался эффективным в борьбе с бактериальными инфекциями карпа (100 % смертность), так же, как и контроль.

Для рыб, выращиваемых в прудовых хозяйствах, важное значение имеет сбалансированное питание. В состав кормов для рыб должны входить все необходимые вещества для роста и поддержания физиологической активности. Основное условие при составлении комбикормов для рыб — сбалансированность по основным элементам питания.

В этой связи заслуживают особого внимания просовидные и сорговые культуры, которые дают не только высокие урожаи зеленой массы, пригодные для приготовления сена, сенажа и силоса, но и зерно, имеющее хороший протеиновый состав, что может служить реальным источником расширения ассортимента сырьевой базы комбикормового производства. Чумизу отличает уникальная совокупность химического состава зерна и сухого вещества, способная обеспечивать организм высокопродуктивных животных и птицы качественной легкодоступной энергией. Зерно чумизы в расчете на абсолютно сухое вещество в среднем содержит 13–15 % сырого протеина, 60–65 % крахмала, 5–8 % жира и 2–3 % сахара. Чумиза содержит витамина В₁ почти в три раза больше, чем 85 %-ная пшеничная мука, витамина В₂ в два раза больше, чем рис первого сорта, больше жира и азотистых веществ, чем семена гречихи, проса и ячменя [18, 19].

Состав незаменимых аминокислот зерна чумизы и их соотношение близки к составу других зерновых культур, %: 0,24 % лизина, 0,32 % метионина, 0,17 % цистина, 0,32 % гистидина, 0,50 % аргинина, 0,38 % треонина, 0,28 % глицина, 0,63 % валина, 0,48 % изолейцина, 1,29 % лейцина, 0,24 % тирозина, 0,57 % фенилаланина. Кроме этого, содержание незаменимых полиненасыщенных жирных кислот: 2,38 % линолевой и 0,18 % линоленовой кислот. Однако по сравнению с другими зерновыми аналогами (например, пайзой и просом) чумиза содержит значительно меньшее количество антипитательных веществ: 0,27 % танинов (против 0,41–0,46 %), 4,45 ГАЕ/мг фитогемагглютининов (против 9,0–9,8 ГАЕ/мг), 7–8 % клетчатки (против 9,0–14,0 %) [20].

Были проведены исследования по переваримости зерна чумизы карпом в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Установлена переваримость сырого протеина некоторых сортов чумизы (Стрела 189, Золушка и Красуня) карпом. Были определены коэффициенты видимой переваримости сырого протеина. Они показали, что переваримость белка чумизы выше переваримости белка просо и со-



составляет 77,9–83,5 %. Как показали исследования, переваримость протеина чумизы карпом приближается к переваримости белков пшеницы (84–86 %) и дробленного зерна ячменя (81 %).

Выводы

1. По результатам исследований была разработана технология получения рыбного гидролизата из рыбы и отходов ее переработки и проведены его испытания на осетровых рыбах. Получено, что оптимальный процент ввода рыбного гидролизата в комбикорм составил 10 % взамен рыбной муки.

2. На основании проведенных исследований установлено, что для защиты печени от вредных воздействий и ее восстановления разработан комбикорм, содержащий в своем составе кормовые добавки «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» в количестве 4,0 %.

3. На основании проведенных исследований был разработан новый ферментный комплекс «Фекорд Аква» и комбикорм, содержащий в своём составе 0,1 % нового мультиэнзимного комплекса и 5 % кормового концентрата из отходов крупяных производств. Данный комбикорм позволил увеличить удельную скорость роста рыб на 55 %, чем в контроле и снизить кормовой коэффициент на 20,4 % по сравнению с контролем.

4. Разработан комбикорм содержащий каротиноиды в своём составе «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой». Установлено, что данный комбикорм ускоряет процесс заживления ран у карпа на 76 % по сравнению с комбикормом, не содержащим данные препараты. Наиболее эффективным препаратом для борьбы с бактериальной инфекцией карпа оказалась спироулина, выживаемость рыбы при этом составила 100 %.

5. Исследована новая для Республики Беларусь культура — чумиза отечественной селекции. Установлено, что переваримость протеина чумизы (77,9–83,5 %) карпом приближается к переваримости белков пшеницы (84–86 %) и дроблённого зерна ячменя (81 %).

Список использованных источников

1. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М. : Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
2. Канидьев, А.Н. Теория и практика использования искусственных кормов в аквакультуре рыб. Аквакультура в СССР и США / А.Н. Канидьев, Е.А. Гамыгин, Т.М. Боева, Е.А. Милославова // Матер. сов.-амер. симпозиума по аквакультуре, ВНИРО. — М., 1985. — С. 52–62.



3. Скляров, В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре / В.Я. Скляров. — М.: Издательство ВНИРО, 2008. — 150 с.
4. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова. Изд-е 2. — СПб.: ГосНИОРХ, 2001. — 372 с.
5. Лагуткина, Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья / Л.Ю. Лагуткина // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2017. — № 1. — С. 67–78.
6. Цибизова, М.Е. Исследование возможности биотрансформации рыбного сырья как основного компонента биопродуктов / М.Е. Цибизова, Н.Д. Аверьянова, Д.С. Язенкова // Вестник АГТУ : Рыбное хозяйство. — 2009. — № 1. — С. 170–175.
7. Карзинкин Г.С. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение II. Изучение физиологии питания сеголетков зеркального карпа. — Труды Лимнологической станции в Косине, 1935. — Вып. 19. — С.21–59.
8. Яблонская Е.А. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение У. Усвоение естественных кормов зеркальным карпом и оценка с этой точки зрения кормности водоёмов. — Труды Лимнологической станции в Косино, 1935. — Вып. 20. — С.76–98.
9. Краюхин, Б.В. Физиология пищеварения пресноводных костистых рыб. М., 1963. — 128с.
10. Щербина М.А. Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа / М.А. Щербина. — М.: Пищевая промышленность. — 1973. — 130 с.
11. Денисова, Т.В. Планируемое применение гуминовой и фульвой природных кислот в целях повышения количественной численности выживания молоди ценных и товарно-промысловых пород рыб с приобретением высоких качеств выживания и формирования крепкой иммунной системы молоди рыб/ Т.В. Денисова, Е.А. Мидлер, В.Л. Кочетов, Б.Г. Вакулов // Казань: Издательство «Молодой учёный»: № 3 (241) — Январь 2019 г.— С. 135–137.
12. Коровушкин, А.А. Разработка рационов с применением немодифицированных микропористых гуминовых кислот из леонардита для кормления карпов / А.А. Коровушкин, Ю.В. Якунин, Г.М. Туников // Вестник рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева: № 4 (44) — 2019 г.— С. 36–41.
13. Ездаков, Н.В. Применение ферментных препаратов в животноводстве / Н.В.Ездаков. — Москва : Колос, 1976. — 224 с.
14. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of proteinhydrolysate from grass carp (Ctenopharyngodonidella) skin / J. Wasswa [et al.] // Food Chemistry. — 2007. — Vol. 104, № 4. — P. 1698–1704. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.044>.
15. Грозеску, Ю.Н. Эффективность применения каратиноидных препаратов в осетровых комбикормах / Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева, О.Д. Сергазиева. — Астрахань, 2001. — 21 с.



16. Скляр, В.Я. Эффективность использования каротина в рационах карпа при индустриальном выращивании / В.Я. Скляр, В.В. Середа. — М. : ВНИИПРХ, 1989. — 156 с.
17. Салькова, И.Я. Влиянии кормового препарата β -каротина на питательные свойства комбикорма для карпа / И.А. Салькова, М.А. Щербина, Л.Н. Дума. — М., 2002. — 208 с.
18. Подобед, Л.И. Оценка кормовых достоинств чумизы / Л.И. Подобед // Конъюнктурный журнал-каталог. — 2004.— №7(19). — С. 113–141.
19. Башинская, О.С. Роль чумизы в кормопроизводстве и перспективы ее возделывания в Поволжье / О.С. Башинская, П.П. Карамин, Д.А. Козел // Вавиловские чтения — 2014: Сборник статей межд. Науч.-практ. конф., посвященной 127-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. — Саратов, 2014.— С. 28–30.
20. Корм для сельскохозяйственной птицы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/221/2216199.html> (дата обращения 16.02.2021).

Reference

1. Shcherbina M.A Fish feeding in freshwater aquaculture. Moscow, Publishing house of VNIRO, 2006, 360 p. (in Russian).
2. Kanidiev A.N, Gamygin E.A., Boeva T.M., Miloslavova E.A. Theory and practice of using artificial feed in fish aquaculture. Aquaculture in the USSR and the USA. Moscow, Mater. Sov. — Amer. Symposium on Aquaculture, VNIRO. — 1985, pp. 52–62 (in Russian).
3. Sklyarov V.Ya. Fish feed and feeding in aquaculture. Moscow, Publishing house VNIRO, 2008, 150 p. (in Russian).
4. Ostroumova I.N. Biological bases of fish feeding. Publishing house. Saint Petersburg, GosNIORKh, 2001, 372 p. (in Russian).
5. Lagutkina L.Yu. Perspective development of world production of feed for aquaculture: alternative sources of raw materials. Ser., Bulletin of ASTU, Fishindustry, 2017, pp. 67–78 (in Russian).
6. Tsbizova, M.E. Investigation of the possibility of biotransformation of fish raw materials as the main component of bioproducts. Vestnik AGTU, 2009, pp. 170–175 (in Russian).
7. Karzinkin G.S. To the knowledge of fish productivity of reservoirs. Communication II. Study of the nutritional physiology of under yearlings of the mirror carp. — Proceedings of the Limnological station in Kosino, 1935, pp. 21–59 (in Russian).
8. Yablonskaya E.A. To the knowledge of fish productivity of reservoirs. Report V. Assimilation of natural food by mirror carp and assessment from this point of view of the feeding capacity of water bodies. — Proceedings of the Limnologichenskaya station in Kosino, 1935, Issue. 20, pp. 76–98 (in Russian).
9. Krayukhin, B.V. Digestion physiology of freshwater teleost fish. Moscow, 1963, 128 p. (in Russian).
10. Shcherbina M.A. Digestibility and efficiency of the use of nutrients in artificial feed for carp. Moscow, Food industry, 1973, 130 p. (in Russian).



11. Denisova, T.V. The planned use of humic and fulvic natural acids in order to increase the quantitative number of survival of juveniles of valuable and commercial fish species with the acquisition of high qualities of survival and the formation of a strong immune system of juveniles. Kazan: Publishing House «Young Scientist»: No. 3 (241), January 2019, pp. 135–137 (in Russian).
12. Korovushkin, A.A. Development of diets using unmodified microporous humic acids from leonardite for feeding car. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostycheva: No. 4 (44), 2019, pp. 36–41 (in Russian).
13. Ezdakov, N.V. The use of enzyme preparations in animal husbandry. Moscow, Kolos, 1976, 224 p. (in Russian).
14. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>. (accessed 25 October 2021).
15. Grozescu Yu.N., Sereda V.V. The effectiveness of the use of carotenoid preparations in sturgeon compound feeds. Astrakhan, 2001, 21 p. (in Russian).
16. Sklyarov V.Ya. The effectiveness of the use of carotene in the diets of carp in industrial cultivation. Moscow, VNIIPRKh, 1989, 156 p. (in Russian).
17. Salkova I.Ya., Shcherbina M.A. Influence of β -carotene feed preparation on nutritional properties of compound feed for carp. Moscow, 2002, 208 p. (in Russian).
18. Podobed L.I. Evaluation of the fodder merits of chumiza. Conjoint magazine catalog, 2004 - No. 7 (19), pp. 113–141 (in Russian).
19. Bashinskaya, O.S., Karamin P.P. The role of chumiza in fodder production and the prospects for its cultivation in the Volga region. Vavilov Readings, 2014: Collection of Articles Int. Scientific-practical. Conf., dedicated to the 127th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov, Saratov, 2014, pp. 28–30 (in Russian).
20. Feed for poultry. Available at: <https://findpatent.ru/patent/221/2216199.html> (accessed 25 October 2021).

Сведения об авторах

Агеев Владимир Юльянович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Кошак Жанна Викторовна — кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@gmail.com

Гадлевская Наталья Николаевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by



Русина Анна Николаевна — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: annarusina80@gmail.com

Зенович Наталья Викторовна — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

Рыбкина Евгения Евгеньевна — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

Кохович Артём Геннадьевич — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: artem_kohovich@mail.ru

Information about the authors

Aheyets Uladzimir Yu. — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Koshak Zhanna V. — Ph.D. (Engineering), Associate Professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@gmail.com

Gadlevskaya Natalya N. — Ph.D. (Biological sciences), leading researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Rusina Anna N. — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: annarusina80@gmail.com

Zenovich Natalia V. — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

Rybkina Evgeniya E. — Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

Kokhovich Artyom G. — Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: artem_kohovich@mail.ru