

УДК 639.3.043

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО ФЕРМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА В СОСТАВЕ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РАЗНОВОЗРАСТНОГО КАРПА

Ж. В. Кошак¹, Л. В. Рукшан², А. Э. Кошак¹, Н. Н. Гадлевская¹, Е. Е. Рыбкина²

¹ РУП «Институт рыбного хозяйства» Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь

² Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
Республика Беларусь

Аннотация

Введение. Актуальным является производство в республике комбикормов для рыбоводства, которые полностью состоят из ингредиентов отечественного производства, включая ферментативные комплексы в их составе. Научная задача – сравнительная оценка эффективности нового ферментного комплекса «Фекорд Аква» в составе комбикормов для разновозрастного карпа при различной температуре воды и использованием в составе нешелушенного овса.

Материалы и методы. Ферментная композиция «Фекорд Аква»: ферментный комплекс «Натузим» (Австралия); комбикорма для карпа К-110 и К-111 с ферментными комплексами в составе. Общепринятые методы исследований, принятые в ихтиологии.

Результаты. Максимальная эффективность комбикормов с ферментным препаратом «Фекорд Аква» и нешелушеным овсом в составе достигается в диапазоне температур воды 26–30 °С. Однако, при температуре 20 °С ферментный комплекс обеспечивает приемлемую для практики эффективность кормления при более низких кормовых затратах. Применение нового ферментного комплекса позволило повысить переваримость сырого протеина и сырой клетчатки до уровня эффективности зарубежного ферментного комплекса «Natuzyne» в комбикорме до 60,6 %, сырой клетчатки – до 18,4 %.

Выводы. Рекомендуется в целях импортозамещения использовать ферментный комплекс «Фекорд Аква» при производстве комбикормов К-110 и К-111 с включением в их состав нешелушенного овса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карп; комбикорм; сырой протеин; сырая клетчатка; переваримость; усвояемость.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кошак, Ж. В. Оценка эффективности нового ферментного комплекса в составе комбикормов для разновозрастного карпа / Ж. В. Кошак [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2021. – № 2(31). – С. 81–90.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A NEW ENZYME COMPLEX IN COMPOUND FEEDS COMPOSITION INTENDED FOR DIFFERENT AGE GROUPS OF CARP

Zh. V. Koshak¹, L. V. Rukshan², A. E. Koshak¹, N. N. Gadlevskaya¹, E. E. Ribkina²

¹RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus

²Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Production of compound feeds for fish farming, which is entirely made up of domestic ingredients including enzyme complexes, is of current interest in the Republic of Belarus. The article aims to carry out comparative evaluation of the effectiveness of the new enzyme complex "Fekord Aqua" in the composition of mixed feeds for various age groups of carp at different water temperatures and the use of unhulled oats.

Materials and methods. Enzyme composition "Fekord Aqua": enzyme complex "Natuzyne" (Australia); compound feed for carp K-110 and K-111 with enzyme complexes. Generally accepted research methods applied in ichthyology.

Results. The maximum efficiency of the compound feed with the enzyme preparation "Fekod Aqua" and unhulled oats is achieved at water temperature in the range of 26–30 °C. However, at a temperature of 20 °C, the enzyme complex provides practically acceptable feeding efficiency at a lower feed cost. The use of the new enzyme complex increases the digestibility of crude protein and crude fiber to efficiency level of the foreign enzyme complex "Natuzyne" in com-

pound feed up to 60.6 %, crude fiber – up to 18.4 %.

Conclusions. Fekord Aqua is recommended to be used for import substitution in the production of compound feeds K-110 and K-111 with unhulled oats included in their composition.

KEY WORDS: *carp; compound feed; crude protein; crude fiber; digestibility.*

FOR CITATION: Koshak, Zh.V. Evaluation of the effectiveness of a new enzyme complex in compound feeds composition intended for different age groups of carp / Zh.V. Koshak [et al.] // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2021. – № 2(31). – P. 81–90 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Рыба является ценным продуктом белкового питания населения. Интенсификация прудового рыбоводства позволила резко увеличить объем производства живой рыбы. Так, если в 2005 г. было выращено 8,015 тыс. т прудовой рыбы, то в 2020 г. более 13, 7 тыс. т. Основным объектом прудового рыбоводства является карп (около 85 %), выращивание которого ведется с использованием в основном гранулированных комбикормов. Всего в республике в последние годы используется для рыбной отрасли более 30 тыс. т комбикормов в сезон [1].

Особенностью пищеварения карпа является отсутствие желудка. Скорость пищеварения у карпа тесно связана с температурой воды, а также содержанием в ней растворенного кислорода, возраста рыбы и других показателей. В естественных условиях карп питается в основном зоопланктоном и зообентосом, т.е. живыми организмами, содержащими легкоусвояемые белки, жиры и в меньшей степени углеводы, а также биологически активные вещества. Поэтому комбикорма должны быть легкоусвояемыми. Однако в последние годы в связи с дефицитом белкового сырья и высокими ценами на него, из рецептов для карпа практически исчезло сырье животного происхождения и белок корма представлен на 90 % и более растительным белком. Хорошо усвоить растительный белок карпу сложно. Чтобы повысить усвояемость таких комбикормов необходимо использовать экзогенные ферменты протеолитического действия, позволяющие лучшему их усвоению. Кроме этого, у карпа отсутствуют ферменты, которые бы расщепляли целлюлозу, лигнин, пектин, фитин и другие сложные органические вещества. Эти вещества в значительных количествах содержатся в используемых комбикормах. С помощью новых экзогенных мультиэнзимных комплексов, содержащих ксиланазы, β -глюканазы, целлюлазы, пектиназы, и др. ферменты, можно повысить усвояемость используемого комбикорма и соответственно снизить удельные его затраты на прирост [2, 3].

Стоимость и конкурентоспособность рыбы в значительной степени определяются качеством используемых комбикормов. В структуре себестоимости выращенной прудовой рыбы корма составляют более 50 %, поэтому снижение их удельных затрат на прирост имеет чрезвычайно важное значение. Снизить затраты на корма можно либо за счет снижения цены, либо за счет повышения усвояемости. К сожалению, разработанный РУП «Институт рыбного хозяйства» ферментный комплекс для карпа, который использовался более 10 лет в нашей республике, морально устарел и снят с производства. Кроме этого, действие ферментного комплекса было направлено на повышение усвоения только трудноперевариваемой клетчатки. В настоящее время на рынке появились новые зарубежные мультиэнзимные композиции, обладающие по сравнению с предыдущим поколением аналогичных препаратов большей ферментативной активностью, работающие при более низких температурах и обладающие стабильностью к высоким температурам. Зарубежные ферментные комплексы предназначены для других видов животных и птиц и единственный ферментный комплекс «Natuzyume», который предназначен для использования, в том числе, и в комбикормах для аквакультуры. Поэтому изучение действия разных ферментов нового поколения в составе комбикормов с целью повышения их усвояемости весьма актуально. Актуальным является вопрос разработки белорусского ферментного комплекса, позволяющего повысить эффективность комби-

кормов для карпа.

Целью исследований является разработка комбикорма с использованием отечественного экзогенного ферментного препарата нового поколения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили: ферментная композиция «Фекорд Аква»; ферментный комплекс «Натузим» (Австралия); комбикорма для карпа К-110 и К-111 с вводом в их состав ферментных композиций; разновозрастной карп; мышцы карпа; кровь карпа.

Химический состав комбикорма определяли общепринятыми методами: содержание сырого протеина – титрометрическим методом по Кьельдалю в соответствии с ГОСТ13496.4-93; жира – экстракционным методом в аппарате Сокслета (ГОСТ 13496.15), массовую долю влаги – методом сушки до постоянной массы (ГОСТ 13496.3), зольные элементы определялись методом сухого озоления в муфельной печи (ГОСТ26226-95), сырая клетчатка – методом удаления из продукта кислотощелочерастворимых веществ и определения массы остатка (ГОСТ 13496.4). Гематологические показатели определялись согласно общепринятым в ихтиологии методикам [4, 5].

При определении переваримости клетчатки и протеина в составе комбикорма в своих исследованиях руководствовались методикой М. А. Щербины [2], согласно которой переваримость определяется по разности между количеством питательных веществ, принятых с кормом, и их количеством, выделившимся с экскрементами.

Расчет переваримости питательных веществ осуществляли по формуле:

$$K_{\text{ВП}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}} - P_{\text{э}} \cdot C_{\text{э}}}{P_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $P_{\text{к}}$ и $P_{\text{э}}$ – содержание питательного вещества в корме и экскрементах, %; $C_{\text{к}}$ и $C_{\text{э}}$ – количество съеденного корма и выделенных экскрементов, г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Работа по разработке нового отечественного ферментного комплекса выполняется в рамках Государственной научно-технической программы «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии», подпрограммы «Агропромкомплекс – инновационное развитие» на 2021–2025 гг. по заданию 3.14.3 «Разработать состав комбикорма с использованием экзогенных ферментных препаратов нового поколения».

Изучена эффективность представленных на рынке республики ферментных препаратов зарубежного производства, которые используются производителями в составе комбикормов для карпа – мультиэнзимные ферментные комплексы «Natuzyme», «Rovabio Max AP», «Rovabio Max Advance P», «Rovabio Excel AP», «Vilzim» и «Фекорд-2012». Получено, что среднештучный прирост при вводе ферментного комплекса «Natuzyme» выше, чем в контроле (без фермента) на 38,5 %, прирост к первоначальной массе выше на 39,9 %, а удельная скорость роста рыбы – на 50 %. Ввод в комбикорм мультиэнзимного комплекса «Natuzyme» в дозировке 50 г/т приводит к снижению кормового коэффициента на 31,3 % по сравнению с контролем. Все остальные ферментные препараты существенно уступали ферментному комплексу «Natuzyme» по данным показателям. По переваримости сырой клетчатки лучше себя показала мультиэнзимная композиция «Rovabio Excel AP» в дозировке 100 г/т комбикорма. По биохимическим показателям мышц карпа наилучший результат дало внесение в комбикорм ферментного препарата «Natuzyme» в дозировке 50 г/т. Содержание белка в мышцах увеличилось на 5,2 % по сравнению с контролем. Отложение зольных элементов в мышцах карпа в опыте ниже на 34,0 %, чем в контроле, а жира – на 4,4 %

больше, чем у рыб контрольной группы. Другие ферментные препараты дали результаты на уровне контрольных образцов.

Характеристика ферментного препарата «Natuzyme» представлена в табл. 1.

Табл. 1. Характеристика ферментного комплекса «Natuzyme»

Table 1. Composition of enzyme complex «Natuzyme»

Состав	Действие фермента	Активность, ед./г
Целлюлаза	Преобразует клетчатку в глюкозу	50
Протеаза	Расщепляет протеины до аминокислот	490
Ксиланаза	Гидролизует ксилан в ксилозу	2100
α -амилаза	Расщепляет крахмал до простых сахаров	2800
β -глюканаза	Расщепляет глюканы	800
Фитаза	Высвобождает фосфор, хранящийся в фитатах	10000

На основании положительных результатов кормления карпа при использовании ферментного комплекса «Natuzyme» и данных по активностям ферментов, представленных производителем, были разработаны три варианта отечественных аналогов ферментного комплекса для карпа, опытные образцы были обозначены порядковыми номерами № 1 (ксиланаза, целлюлаза, β -глюканаза, фитаза); № 2 (ксиланаза, целлюлаза, β -глюканаза, фитаза, α -амилаза); № 3 (ксиланаза, целлюлаза, β -глюканаза, фитаза, α -амилаза, протеаза). Данные ферментные комплексы отличаются между собой составом, соотношением ферментов и активностью.

Дозы ввода в инструкциях по применению ферментных комплексов преимущественно рекомендованы для сельскохозяйственных животных и птиц, имеющих постоянную температуру тела. В то же время рыбы являются пойкилотермными животными, у которых температура тела меняется в зависимости от температуры внешней среды, что приводит к снижению активности ферментов. Для выбора оптимального ферментного комплекса была определена переваримость карпом сырого протеина в составе комбикорма (табл. 2).

Табл. 2. Переваримость сырого протеина комбикормов с вводом различных ферментных препаратов и дозировок

Table 2. Digestibility of raw protein of compound feeds with the introduction of various enzyme preparations and dosages

Номер образца	Количество ферментного комплекса, г/т	Коэффициент видимой переваримости, $K_{вп}$	
		сырой протсин	сырая клетчатка
1	500	49,5	0,05
	1000	47,3	-23,6
2	500	54,8	14,2
	1000	57,4	-16,9
3	500	60,6	18,4
	1000	49,3	-25,6
Контроль	0	46,3	-123,42

Отмечено, что переваримость сырого протеина при применении ферментных комплексов № 2 и № 3 высокая. Так, переваримость сырого протеина комбикорма при использовании ферментного комплекса № 2 в дозировке 500 г/т равна 54,8 % и увеличение ее дозы в 2 раза повысило переваримость протеина на 2,6 % по сравнению с контролем.

Переваримость сырой клетчатки в составе комбикорма карпом в дозировке 1000 г/т во всех вариантах ферментных комплексов имела отрицательное значение. В то же время при дозировке ферментного комплекса № 3 в дозировке 500 г/т переваримость сырой клетчатки достаточно высокая – 18,4 %.

Увеличение дозировки ферментного комплекса с 500 г/т до 1000 г/т не приводит к соответствующему увеличению видимой переваримости, так как высокая концентрация ферментов в пищеварительном тракте карпа приводит к расстройству пищеварения и вместо усвоения корма, он не полностью усвоенный выводится из организма. На основании полученных результатов дальнейшие исследования проводятся с использованием ферментного препарата № 3, которому присвоено название «Фекорд Аква».

Использование в аквакультуре ферментных комплексов ограничено, в первую очередь, из-за температуры воды. Это связано со снижением эффективности ферментов при температуре воды 16–18 °С, так как большинство ферментов рассчитано на оптимум работы при температурах 36–38 °С (температура тела теплокровных животных) [6]. При производстве комбикорма на различных этапах технологического процесса применяются различные режимы (влаготепловая обработка, гранулирование или экструдирование, сушка), которые влияют на сохранность и эффективность ферментов. На некоторых этапах температура может достигать более 90 °С, а большинство ферментов при таких температурах существенно снижают свою активность [7–9]. Поэтому для установления эффективности комбикорма с ферментным комплексом «Фекорд Аква» проведен эксперимент по кормлению годовика карпа в условиях аквариальной инсталляции. В состав комбикорма К-111, кроме нового ферментного комплекса, вошел нешелушенный овес как компонент, богатый жирами и витаминами В₁, В₂, В₄, В₅, В₆, Н, РР, Е. Температура воды в аквариумах устанавливалась различной, с целью определения эффективности работы ферментного комплекса в данных условиях. Так, температура воды в опытах составляла 16±0,5 °С; 20±0,3 и 25±0,8 °С. В экспериментах использованы годовики карпа навеской 23,2–26,6 г, размещенные в трех аквариумах объемом 90 л в количестве по 30 экземпляров. Период кормления 35 суток. Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 3 раза в сутки. Учет корма велся ежедневно. Отход рыбы во время эксперимента не наблюдался.

Влияние комбикорма К-111 с новым ферментным комплексом «Фекорд Аква» на весовые показатели, удельную скорость роста и кормовой коэффициент в зависимости от температуры воды представлены в табл. 3.

Табл. 3. Приросты годовика карпа, удельная скорость роста и кормовые коэффициенты при использовании ферментного комплекса «Фекорд Аква» в составе комбикорма К-111

Table 3. One year old carp growth rate and feed coefficients when using the enzyme complex «Fekord Aqua» as part of compound feed K-111

Температура воды, °С	Общая масса, г		Прирост карпа		Удельная скорость роста, %/сутки	Кормовой коэффициент, ед.
	начало кормления	конец кормления	абсолютный, г	относительный к первоначальной массе, %		
16	266	269	3,20±0,34	11,74±1,34	0,0035	4,8
20	269	272	3,30±1,18	12,34±3,80	0,0044	4,0
25	232	236	3,50±0,64	14,01±2,25	0,0050	3,5

Видно, что с увеличением температуры воды с 16 до 25 °С относительные и абсолютные приросты повышаются на 2,27 и 8,6 % соответственно. При кормлении карпа при температуре воды 25 °С удельная скорость роста рыб повышается на 70 %, чем при кормлении при температуре воды 16 °С. Повышение температуры способствует снижению кормового коэффициента. Графическое отображение экспериментальных результатов данного этапа исследований, представленное на рис. 1, позволяет определить приросты и кормовые коэффициенты с изменением температуры воды с 10 до 35 °С при использовании экономичного комбикорма К-111 с ферментным комплексом «Фекорд Аква». При этом данный диапазон температуры воды наиболее характерен для рыбоводных хозяйств Республики Беларусь в течение сезона выращивания.

Анализ графиков на рис. 1 показывает, что с ростом температуры воды увеличивается относительный прирост карпа по отношению к первоначальной массе, характер изменения относительного прироста подчиняется полиномиальному закону. С ростом температуры воды кормовой коэффициент снижается, однако при температуре воды 35 °С наблюдается небольшой рост кормового коэффициента, что связано с тем, что при таких высоких температурах воды карп перестает питаться. Характер изменения кормового коэффициента от температуры воды подчиняется степенному закону. Уравнения регрессии, описывающие вышеперечисленные закономерности, представлены на рис. 1.

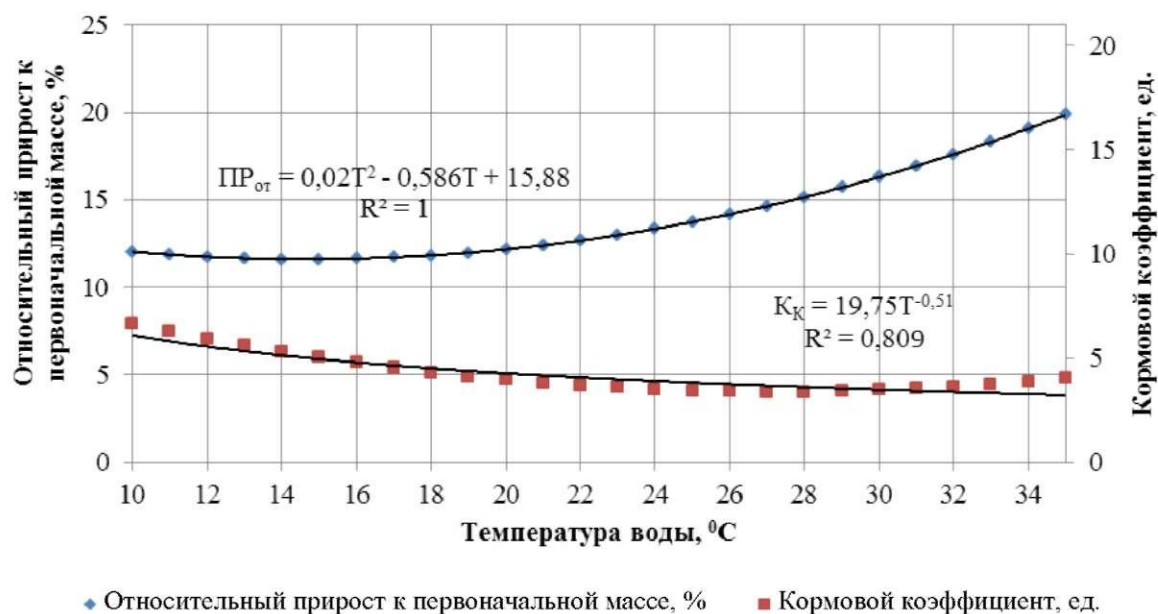


Рис. 1. Связь относительного прироста карпа и кормового коэффициента при кормлении комбикормом К-111 с ферментным комплексом «Фекорд Аква» при различных температурах воды

Fig. 1. Relationship between the relative growth of carp and the feed coefficient in feeding with K-111 compound feed with the «Fekord Aqua» enzyme complex at different water temperatures

Все изложенное свидетельствует о том, что оптимальный диапазон температур при кормлении комбикормом К-111 с ферментным препаратом «Фекорд Аква» и нешелушенным овсом в его составе – это диапазон температур воды 26–30 °С. В то же время следует отметить, что и при температуре воды 20 °С комбикорм имеет низкие кормовые затраты и хорошие относительные приросты, то есть ферментный комплекс «Фекорд Аква» обеспечивает эффективность кормления и при более низких температурах воды.

Физиологическое состояние рыбы после кормления опытным комбикормом при различной температуре воды оценивали по характеру изменений физико-химических показателей в мышечной ткани. Пределы вариации данных по физико-химическому составу мышц карпа представлены в табл. 4. Видно, что при росте температуры воды содержание влаги в теле карпа снижается, содержание протеина растет, а жирность при этом изменяется незначительно.

На следующем этапе изготовлены опытные комбикорма для сеголеток карпа К-110 и для двух- и трехлеток карпа К-111, в состав которых входили следующие компоненты: пшеница, тритикале, овес нешелушенный, ячмень, шрот подсолнечный, шрот соевый, отруби пшеничные, мука пшеничная, мука рыбная, мука мясокостная, дрожжи кормовые, соль, монокальций фосфат, мел, премикс, ферментный комплекс «Фекорд Аква».

В составе комбикормов К-110 и К-111 впервые включен нешелушенный овес, содержащий около 8 % жира и имеющий высокое содержание витаминов. Ферментный комплекс «Фекорд Аква» в состав опытных комбикормов для карповых рыб вводили в количестве 0,05 %.

Табл. 4. Пределы вариации физико-химического состава мышц годовиков карпа**Table 4.** Variations in physicochemical composition of one year old carp muscles

Температура воды, °С	Содержание сухого вещества, %	Содержание в сыром веществе, %		Жирность, %
		протеина	жиры	
Перед началом опыта	23,56±0,04	16,34±0,02	2,54±0,05	4,68±0,03
16	24,55±0,06	16,97±0,02	2,15±0,03	5,43±0,05
20	24,64±0,07	17,17±0,05	2,06±0,04	5,41±0,04
25	24,66±0,05	17,18±0,04	2,05±0,04	5,43±0,06

Определены физико-химические характеристики и химический состав опытных комбикормов. Так, содержание сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки в комбикормах К-110 и К-111 соответственно равно 94,86 и 92,57 %; 30,9 и 26,1 %; 3,7 и 3,01 %; 5,4 и 8,35 %. Отмечено, что все физико-химические показатели находились в пределах норм, рекомендуемых действующими ТУ.

По мнению ученых, занимающихся изучением аминокислотного состава кормов для рыб, наибольшее значение для рыб из незаменимых аминокислот имеют такие аминокислоты, как аргинин, лизин и валин [10]. Аминокислотный состав опытных комбикормов представлен в табл. 5. Видно, что аргинином и изолейцином богат комбикорм К-110, а аргинином и фенилаланином – комбикорм К-111. Все исследованные комбикорма бедны лизином, метионином и цистеином, поэтому дополнительно в состав таких комбикормов необходимо вводить лизин и метионин.

Табл. 5. Аминокислотный состав и аминокислотный скор комбикормов для карпа**Table 5.** Amino acid composition and amino acid content of compound feeds for carp

Аминокислота	Содержание АК, %	АК в идеальном белке карп (по Ogino, [5]), % белка	Аминокислотный скор, %
К-110			
Лизин	5,33	5,30	101
Гистидин	1,99	1,50	133
Аргинин	6,65	3,80	175
Треонин	4,05	3,30	123
Метионин+цистеин	3,11	3,60	86
Валин	4,76	3,00	159
Фенилаланин	4,21	3,00	140
Лейцин	6,68	4,10	163
Изолейцин	4,36	2,30	190
К-111			
Лизин	4,19	5,30	79
Гистидин	2,27	1,50	151
Аргинин	6,63	3,80	174
Треонин	3,57	3,30	108
Метионин+цистеин	3,40	3,60	94
Валин	4,41	3,00	147
Фенилаланин	5,50	3,00	183
Лейцин	5,92	4,10	144
Изолейцин	3,61	2,30	157

Жиры как питательные вещества являются высококонцентрированными источниками энергии и содержат в своем составе много жизненно важных веществ, таких как незаменимые жирные кислоты, жирорастворимые витамины и т.д. [11, 12]. К числу незаменимых жирных кислот относится линолевая, имеющая две двойные связи (18:2 ω_6), и линоленовая с тремя двойными связями (18:3 ω_3). Кроме того, физиологически важными по выполняемым

функциям для рыб считают их производные: арахидоновую (20:5 ω_3) и декозагексаеновую (22:6 ω_3) кислоты. Последние могут образовываться из линолевой и линоленовой кислот путем ферментативных превращений [13]. Наиболее типичными признаками дефицита незаменимых жирных кислот являются: замедление роста, снижение аппетита, заболевание кожи и плавников, выражающиеся в нарушении их пигментации и последующем некрозе, нарушение липидного обмена, которое проявляется в повышенном отложении жира в печени и на внутренних органах, высокая восприимчивость к инфекциям, нарушение воспроизводительной функции и др. [14]. Поэтому на последующем этапе исследований изучен жирнокислотный состав новых комбикормов, представленный насыщенными, мононенасыщенными и ненасыщенными жирными кислотами (табл. 6).

Табл. 6. Содержания жирных кислот в комбикормах для карпа

Table 6. Content of fatty acids in compound feeds for carp

Жирная кислота	Процент от суммы жирных кислот. %	
	<i>K-110</i>	<i>K-111</i>
C _{10:0} (каприновая)	0,2	0,15
C _{12:0} (лауриновая)	0,1	0,1
C _{14:0} (миристиновая)	1,8	1,6
C _{15:0} (псевдодеcanoвая)	0,1	0,1
C _{16:0} (пальмитиновая)	22,0	20,2
C _{17:0} (маргориновая)	0,2	0,1
C _{18:0} (стеариновая)	3,6	3,3
C _{20:0} (арахиновая)	0,2	0,15
C _{22:0} (бегеновая)	0,1	0,1
C _{16:1} (9-цис)(пальмитолеиновая)	4,2	3,5
C _{18:1} (9-цис)(олеиновая)	29,5	25,2
C _{20:1} (эйкозеновая)	1,0	0,5
C _{22:1} (эруковая)	0,5	0,2
C _{18:2} (линолевая)	27,9	24,5
C _{18:3} (α-линоленовая)	3,5	2,7
C _{20:2} (эйкозодиеновая н6)	0,2	0,2
C _{20:5} (эйкозапентаеновая)	0,5	0,2
C _{22:6} (докозагексаеновая)	0,5	0,2

Согласно данным ученых [15, 16], организм карпа для обеспечения оптимального роста должен получать с пищей незаменимые линолевую и линоленовую кислоты в количестве 0,5 или 1,0 % к массе корма. Анализ данных табл. 6 показал, что для обеспечения оптимального роста карпа количество линолевой кислоты в опытных комбикормах достаточно.

В настоящее время во всем мире комбикорма для карпа выпускаются в экструдированном виде, а в Республике Беларусь только сейчас начинается переход на выпуск экструдированных комбикормов, позволяющих сократить их потери при кормлении рыб и увеличить рентабельность. Однако нет исследований по экструдированию комбикормов, в состав которых входит ферментный комплекс «Фекорд Аква». Поэтому на следующем этапе исследований определено влияние режимов влаготепловой обработки (ВТО) и температуры экструдирования комбикормов для карпа на активность амилазы. Исследования в этом направлении предопределены тем, что изучаемые комбикорма в своем составе содержат 85 % растительного сырья и, следовательно, большое количество крахмала. Результаты по значениям амилазной активности ферментного комплекса «Фекорд Аква» при производстве экструдированных комбикормов представлены в табл. 7.

При производстве экструдированных комбикормов для карпа для сохранения максимальной активности ферментов особое внимание следует уделять технологическим режимам производства комбикорма. Анализ данных табл. 7 показал, что с увеличением влажности комбикорма на 2 %, температуры влаготепловой обработки продукта паром и температуры

экструдирования соответственно на 5 и 10 °С амилазная активность уменьшается в среднем на 14–15 %.

Установлено, что влажность рассыпного комбикорма перед экструдированием должна быть 25–28 %, температура влаготепловой обработки комбикорма – 80 °С и температура продукта при экструдировании – 90 °С.

Табл. 7. Амилазная активность ферментного комплекса «Фекорд Аква» в составе экструдированного комбикорма К-110

Table 7. Amylase activity of enzyme complex «Fecord Aqua» in the composition of extruded compound feed K-110

Температура ВТО, °С	Влажность смеси перед экструдированием, W _{смеси} , %	Температура экструдирования, T _{экстр.} , °С	Амилазная активность, мг/ч.мл
80	25	90	116,13
85			71,00
80	28	90	100,00
85			92,47
80	25	100	70,98
85			58,06
80	28	100	99,90
85			48,39

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований разработан ферментный комплекс «Фекорд Аква», повышающий усвояемость и переваримость протеина и клетчатки комбикормов для разновозрастного карпа.

Установлено, что при вводе в комбикорм 1000 г/т ферментного комплекса «Фекорд Аква» переваримость сырого протеина равна 60,6 %, сырой клетчатки – 18,4 %, что находится на уровне зарубежного ферментного комплекса «Natuzyme». Комбикорм содержит все необходимые аминокислоты и жирные кислоты, необходимые для роста и развития карпа.

Для максимально возможной сохранности амилазной активности комбикорма для разновозрастного карпа с использованием ферментного комплекса «Фекорд Аква» подобраны режимы его экструдирования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Агесц, В. Качественный комбикорм – здоровая рыба – экологически чистая продукция / В. Агесц, Ж. Кошак // Наука и инновации. Ихтиофауна. – 2020. – № 3(205). – С.17–21.
- 2 Щербина, М. А. Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа / М. А. Щербина. – М.: Пищевая промышленность. – 1973. – 120 с.
- 3 Щербина, М. А. Выращивание карпа в прудах / М. А. Щербина, А. Ю. Кисилёв, А. Е. Касаткина. – Минск: Ураджай, 1992. – 136 с.
- 4 Методические указания по проведению гематологического обследования рыб: утв. Минсельхозпрод России 20.20.1999, № 13- 4-2/1487.
- 5 Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – С. 184.
- 6 Тищенко, П. И. Биотехнологические основы использования микробных и ферментных препаратов в кормопроизводстве и кормлении животных: автореф. дисс. ... д-ра с.х. наук /Тищенко Петр Иванович. – Боровск, 2005. – 46 с.
- 7 Гадлевская, Н. Н. Действие экзогенных ферментов на рост карпа / Н. Н. Гадлевская // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2005. – № 2. – С. 95–98.
- 8 Бевзюк, В. Н. Нетрадиционные корма и ферментные препараты в кормлении мясной птицы: автореф. дисс. ... д-ра с.х. наук / Бевзюк Валерий Николаевич. – п. Персиановский, – 2005. – 47 с.
- 9 Воронкова, Ю. Н. Влияние добавки ферментного препарата Ровабио на корм утят при выращивании их на мясо: автореф. дисс. ... к-та с.х. наук / Воронкова Юлия Николаевна. – Оренбург. – 2005. – 24 с.
- 10 Коуи, К. Биоэнергетика и рост рыб / К. Коуи, Дж. Сарджент. – М.: Легкая и пищевая промышленность,

1983. – С. 8–69.

11 Абросимова, Н. А. Кормовое сырье для объектов аквакультуры / Н. А. Абросимова, С. С. Абросимов, Е. М. Саенко. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. – 144 с.

12 Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – М: издательство ВНИПРО, 2006. – 360 с.

13 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.

14 Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. Изд-е 2. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.

15 Sargent, J. R. The lipids. Fish nutrition / J.R. Sargent, D.R. Tocher, J.G. Bell. – San Diego: Academic Press, 2002. – 260 p.

16 Желтов, Ю. А. Кормление племенных карпов разных возрастов в прудовых хозяйствах / Ю. А. Желтов, А. А. Алексеенко. – Киев: Фирма «ИНКОС», 2006. – 169 с.

Поступила в редакцию 07.11.2021 г.

ОБ АВТОРАХ:

Жанна Викторовна Кошак, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси, e-mail: Koshak.zn@gmail.com.

Людмила Викторовна Рукшан, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: rukshanl@bgut.by.

Артур Эдуардович Кошак, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси, e-mail: 8849619@gmail.com.

Наталья Николаевна Гадлевская, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси, e-mail: labkormov@Gmail.com.

Евгения Евгеньевна Рыбкина, магистрант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий.

ABOUT AUTHORS:

Zhanna V. Koshak, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Laboratory of Feeds of RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus, e-mail: Koshak.zn@gmail.com.

Lyudmila V. Rukshan, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Grain Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: rukshanl@mgup.by.

Arthur E. Koshak, PhD (Engineering), Associate Professor, senior researcher of the Laboratory of Feeds of RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus, e-mail: 8849619@gmail.com.

Natalia N. Gadlevskaya, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the Laboratory of Feeds of RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus, e-mail: labkormov@Gmail.com.

Evgenija E. Ribkina, post-graduate student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.