

ПИТАНИЕ

УДК 636.5.033.083.37:577.15

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.2.67-77

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИЭНЗИМНОГО КОМПЛЕКСА В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ НА ФОНЕ РАЦИОНА С ПОНИЖЕННОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТЬЮ

¹Темников В.Н., ²Зиновьев С.В.

¹РАМЖ МСХ РФ, Москва; ²ВНИИПП – филиал ВНИТИП РАН, пос. Ржавки,
Московская обл. Российская Федерация

В кормах присутствуют некрахмальные полисахариды, а также часть белков, для переваривания которых организм не производит ферментов; их содержание возрастает с увеличением доли в комбикорме дешёвого сырья. Повышение их использования достигается в результате применения кормовых ферментов. Цель данной работы – оценить эффективность применения комплексного ферментного препарата (КФП) DigeGrain Delta 9 (Advanced Enzyme Technologies), состоящего из десяти очищенных ферментов, в эксперименте на цыплятах-бройлерах в условиях крупной птицефабрики. Были сформированы 4 группы цыплят-бройлеров кросса Ross 308. В 1-й группе (контроль) использовался полнорационный комбикорм без добавления ферментов (ОР1) во 2-й группе (отрицательный контроль) – комбикорм ОР2 с пониженной питательностью, в 3-й группе – ОР2 + КФП в дозе 250 г/т, в 4-й группе ОР2 + КФП в количестве 500 г/т. Применение препарата на фоне рациона с пониженной питательностью привело к повышению живой массы в возрасте 28 дней в 3-й ($P < 0.01$) и 4-й ($P < 0.001$) группах, в сравнении с отрицательным контролем, и к снижению расхода корма на килограмм прироста. Полученные данные подтверждены результатами применения КФП на поголовье птицы в условиях крупной птицефабрики. Рационы в разные периоды содержали кукурузу пшеницу, соевый и подсолнечный шроты. Экономические показатели при выращивании бройлеров повышались за счёт снижения стоимости сырья, используемого для производства комбикормов, сокращения срока выращивания птицы и улучшения сохранности поголовья. Заключили, что при адекватном подборе КФК положительные результаты могут быть получены при адекватном подборе КФК на фоне снижения в корме уровня обменной энергии на 5-6% и протеина на 4-5% по отношению к действующим рекомендациям.

Ключевые слова: кормовые ферменты, некрахмальные полисахариды, выращивание бройлеров, комплексный ферментный препарат.

Проблемы биологии продуктивных животных, 2022, 2: 67-77.

Введение

В зерновых культурах от 10 до 30% сухого вещества приходится на лигнин и непереваримые некрахмальные полисахариды (НПС), которые, согласно методам зооанализа, относят к клетчатке. В ней основная часть приходится на целлюлозу, а также ксиланы, β -глюканы и в меньшем количестве – на пектины и другие полисахариды. Перечисленные вещества образуют группы, которые представлены множеством индивидуальных соединений, из которых не все изучены. В клетчатку может попасть даже резистентный крахмал (Bach Knudsen, 2001). Учитывая разнообразие НПС, белков и фитатов, ни один фермент, обладающий индивидуальной активностью, не сможет обеспечить расщепление различных непереваримых веществ. Увеличение использования веществ комбикормов достигается путём применения комплексных ферментных препаратов (КФП), включающих несколько отдельных ферментов, обладающих различным специфическим действием.

Для характеристики ферментов, их активность изучают *in vitro* на модельных субстратах, принятых в научной среде; другого пути не существует. Животные потребляют корма, в которых

отдельные вещества – субстраты связаны друг с другом, в отличие от изучаемых *in vitro* чистых субстратов. Доступность к ним активных центров ферментов ограничена в разной степени в зависимости от характеристики сырья. В связи с тем, что НПС не перевариваются и располагаются в оболочках клеток, они проявляют инкапсулирующее действие ("клеточный эффект"), что сопровождается затруднением переваривания белков, крахмала и жира. Расщепление части НПС за счёт применения экзогенных карбогидраз ведёт к образованию в стенке клетки «дырок», через которые поступают вода и растворённые в ней ферменты поджелудочной железы, переваривающие белки и крахмал. В результате положительное действие добавленных в корм ферментов дополняется улучшением переваривания питательных веществ собственными ферментами (Meng et al., 2005). Выделить долю эффекта, обеспечиваемого экзогенными и эндогенными ферментами, невозможно, она может меняться в зависимости от степени совпадения неучтённых факторов, которые повлияют на результаты действия фермента. Эти неопределённости обусловлены состоянием знаний на настоящем этапе развития науки, о чём в последнее время заявляют ведущие исследователи, работающие в этом направлении (Bedford, 2018; Baker et al., 2021).

Некоторые НПС увеличивают вязкость содержимого кишечника, приводя к снижению переваривания питательных веществ и к торможению всасывания образовавшихся продуктов. Одновременно возрастает время перемещения химуса по кишечнику, вызывая пролиферацию микрофлоры и увеличение потребления ею части питательных веществ, что снижает их использование организмом животного (Ravindran, 2013).

Рецептура комбикормов включает различные виды сырья, соотношение которых меняется в зависимости от хозяйственно-экономических условий и возраста животных, поэтому содержание субстратов в рационах и их структура изменчивы. Важными факторами, затрудняющими действие ферментов, являются связь субстратов с другими веществами корма и особенности их пространственного расположения в клетках растительных кормов. Ферменты не просто действуют на субстраты, а взаимодействуют с ними, поэтому для получения ожидаемого результата, в корме должно содержаться их необходимое и доступное количество, которое способно взаимодействовать с ферментами. Информация о концентрации субстратов, их свойствах ограничена и разработчики рецептов комбикормов ею не располагают. Изменчивость содержания субстратов в комбикормах и отсутствие их контроля является главной причиной вариабельности результатов при использовании кормовых ферментов (Cowieson, 2010; Vieira et al., 2014; Torres-Pitarch et al., 2019). Выше цитированные выводы исходят из логических предположений и не подтверждены в экспериментах, поскольку методически это маловероятно.

Изучение роли кормовых ферментов в организме животных показывает, что их действие выходит за рамки известных специфических механизмов (Cowieson, 2005). Так, установлено, что в присутствии карбогидраз повышалась выработка холецистокинина, который влияет на аппетит, и она снижалась при добавлении в состав полиферментного комплекса протеазы. Экзогенные карбогидразы повышали активность трипсина в поджелудочной железе, но их стимулирующее действие ослабевало в присутствии экзогенной протеазы (Yuan et al., 2017).

Процессы, лежащие в основе пищеварения, включают последовательное действие многих собственных ферментов животного в разных отделах ЖКТ. Согласованное действие эндогенных ферментов сложилось на протяжении эволюции животных. Экзогенные ферменты созданы искусственно и успешность их применения зависит от степени удачности обоснования их включения в корм конкретного состава. Кормовые ферменты будут более эффективно повышать использование питательных веществ корма при включении в состав рациона некоторого набора ферментов, т.е. в виде КФП с различной специфической активностью (Крюков и др. 2021).

На рынке предлагают сотни коммерческих препаратов кормовых ферментов, при том что перечень специфических активностей в них менее двух десятков (табл. 1а). Анализ рынка и научных публикаций показывает, что наиболее распространёнными является различные препараты фитазы, за ними следует ксиланазы. Исходя из сложившейся ситуации, не стоит делать вывод, что фитаза важнее или более эффективна, по сравнению с ксиланазой. Действительно, применение фитазы чаще сопровождается повышением продуктивности животных по сравнению с другими ферментами, однако это обусловлено лучшей изученностью свойств и действия фитазы, а также

относительной лёгкостью определения концентрации фитатов в кормах, что создаёт условия для обоснованного её применения.

Таблица 1а. Основные ферменты, используемые в кормовых препаратах.

Ферменты	Целевой субстрат	Корма, содержащие субстраты
Ксиланазы, ЕС 3.2.18	Ксиланы (Гемицеллюлоза)	Пшеница, тритикале, рожь, ячмень.
β -Глюканазы, ЕС 3.2.1.4; ЕС 3.2.1.6; ЕС3.2.1.39; ЕС 2.1.73	Целлюлоза(β -глюканы)	Ячмень, рожь, овёс
α -Галактозидаза, ЕС 3.2.1.22	Сахаридазы с α -d-галактозильными группами	Зерно злаков, соевый шрот
Амилаза, ЕС 3.2.1.1	Крахмал	Зерно злаковых и бобовых культур
Маннаназы, ЕС 3.2.1.25; ЕС 3.2.1.78	Стенки клеток (компоненты клетчатки)	Растительное сырьё
Пектиназы, ЕС 3.1.1.11; ЕС 3.2.1. 15; ЕС 4.2.2.10	Пектины	Зерно бобовых
Протеазы, ЕС 3.4.21.62	Протеин, протеиды	Растительное сырьё
Фитазы ЕС 3.1.3.8; ЕС 3.1.3.26	Фитиновая кислота	Растительное сырьё

Неустойчивость действия карбогидраз не связана с качеством современных ферментных препаратов, она обусловлена множественностью их субстратов и изменчивостью их концентрации даже в пределах одного вида сырья, т.е. трудностью определения содержания целевых субстратов и их доступности, что создаёт проблемы при обосновании выбора подходящих ферментов и их количества. Кроме того надо не упускать из виду, что использование карбогидраз на фоне различных количества и доступности субстратов ведёт к образованию малоизученного спектра конечных продуктов, со слабо охарактеризованным их действием на обмен веществ и здоровье животных (Bedford, Cowieson, 2012). Развитие направления по использованию КФП является относительно новым. С одной стороны, вывод об их применении является естественным, так как в ЖКТ на пищу действует комплекс ферментов, отличающийся тем, что секреция отдельных ферментов регулируется количеством и химическим составом пищи; с другой стороны, добавляемые кормовые ферменты дополняют по действию собственные ферменты, так как обладают другими свойствами (специфической активностью, стабильностью), но их количество в ЖКТ не регулируется – его задают специалисты по кормлению животных. Насколько удачно определён набор ферментов в КФП и от того, как он подходит для конкретного состава корма, зависит эффективность ферментов, добавляемых в рационы.

Учитывая, что пищеварение у моногастричных животных, в основном, начинается в желудке, где начинают действовать протеазы, то присутствие протеаз в составе КФП следует считать обоснованным. Однако в желудке происходит только начало переваривания белка: дальнейшие этапы протекают в кишечнике, где действуют другие протеазы – нейтральные. Здесь же происходит переваривание крахмала и жиров.

Цель данной работы – оценить эффективность применения КФП DigeGrain Delta 9 в эксперименте на цыплятах-бройлерах и по результатам применения препарата на поголовье птицефабрики.

Материал и методы

Комплексный ферментный препарат (КФП) DigeGrain Delt 9 включает в себя 10 заявленных ферментов, а также наполнитель – сульфат натрия (табл. 1б). Продукт производит фирмой Advanced Enzyme Technologies. КФП зарегистрирован и поставляется в Россию с 2018 г. Испытанный КФП отличается от других тем, что он включает кислую и щелочную протеазы, а также ферменты, проявляющие активность в кишечнике – амилазу, липазу и карбогидразы, переваривающие некрахмальные полисахариды: ксиланазу, глюканазу, целлюлазу, маннаназу, пектиназу и фитазу.

Рекомендуемая производителем препарата дозировка в корм производителем составляет 250–500 г/т в течение всей жизни животного.

Таблица 16. Состав и активность ферментов, используемых в КФП DigeGrain Delta 9.

Ферменты	Целевой субстрат	Фактическое значение активности (тыс. ед/кг)	Минимальное значение, гарантируемое производителем
Щелочная протеаза	Щелочные белки	510	460
Кислотная протеаза	Кислые белки	512	460
Амилаза	Кразмал	1.075	925
Ксиланаза	Ксиланы	3.804	3.450
Маннаназа	Стенки клеток	1.368	1.100
Фитаза	Фитиновая кислота	1.155	925
Пектиназа	Пектины	537	460
Целлюлоза	Целлюлоза	3.159	2.750
Бета-глюканаза	β -глюканы	613	550
Липаза	Липиды	609	550

Для проведения испытаний в условиях вивария ЭПХ Загорское ВНИТИП были сформированы 4 группы цыплят-бройлеров кросса Ross 308 численностью 35 голов каждая. Птицу содержали в клеточных батареях фирмы Big Dutchman с плотностью посадки 19,5 гол./м²; параметры освещения, фронт кормления и поения во всех группах были одинаковыми. Питательность кормов соответствовала рекомендациям ВНИТИП (Егоров и др., 2019). Кормление осуществлялось рассыпными кормами. Цыплята контрольной группы получали полнорационный комбикорм ОР–1 без добавления ферментов. Цыплята 2-й группы (отрицательный контроль) получали комбикорм ОР–2 без добавки ферментов со сниженным содержанием обменной энергии (ОЭ на 4%, сырого протеина – на 0,84%, Са – на 0,05%, доступного Р_{неорг.} – на 0,07%, доступного лизина – на 0,05%, метионин+цистеин и треонина – на 0,02%). Цыплята 3-й группы (опыт 1) получали комбикорм ОР–2 + КФП в дозировке 250 г/т. Цыплята 4-й группы (опыт 2) получали комбикорм ОР–2 + КФП в количестве 500 г/т. Рецепты комбикормов для первого и второго периода откорма представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Состав и показатели питательности комбикорма в период 0-21 день.

Компоненты и показатели	Группы			
	1 (контроль)	2 (отриц.) контроль	3 (опыт)	4 (опыт)
Содержание компонентов, %				
Пшеница	26,8	34,05	34,02	34,90
Кукуруза	25,0	25,0	25,0	25,0
Соевый шрот	37,9	33,9	33,9	33,9
Масло подсолнечное	4,3	1,5	1,5	1,5
Мука рыбная	2,0	2,0	2,0	2,0
Известняк	1,25	1,27	1,27	1,27
Монокальцийфосфат	1,45	0,916	0,916	0,916
DL-метионин	0,351	0,351	0,351	0,351
Лизина монохлорид	0,166	0,21	0,21	0,21
Треонин	0,126	0,143	0,143	0,143
Соль поваренная	0,235	0,219	0,219	0,219
Сульфат натрия	0,075	0,097	0,097	0,097
Бленд минеральный	0,1	0,1	0,1	0,1
Бленд витаминный	0,03	0,03	0,03	0,03
Холин хлорид	0,05	0,05	0,05	0,05
Микс	0,1	0,1	0,1	0,1
Эндрокс премикс	-	-	0,015	0,015

Продолжение таблицы 2. Состав и показатели питательности комбикорма в период 0-21 день.

Компоненты и показатели	Группы			
	1 (контроль)	2 (отриц.) контроль	3 (опыт)	4 (опыт)
КФП	-	-	0,025	0,05
Итого, %	100	100	100	100
Расчётные показатели питательности				
Сырой протеин, %	23,0	22,2	22,2	22,2
Сырая клетчатка, %	3,23	3,22	3,22	3,22
Лизин доступный, %	1,28	1,23	1,23	1,23
Метионин + цистин доступный, %	0,95	0,93	0,93	0,93
Треонин доступный, %	0,86	0,84	0,84	0,84
Ca, %	0,96	0,86	0,86	0,86
P, %	0,78	0,66	0,66	0,66
P доступный, %	0,48	0,36	0,36	0,36
Na, %	0,16	0,16	0,16	0,16
Хлор, %	0,23	0,23	0,23	0,23
Кажущаяся обменная энергия, ккал/100 г*	272	262	262	262
Обменная энергия, ккал/100 г**	312	301	301	301

Примечания: здесь и в табл. 3: *для расчета кажущейся обменной энергии (КОЭ) рациона производили по формуле, рекомендованной научной ассоциацией по птицеводству (WPSA, 1985): $КОЭ, \text{ ккал/100 г} = (3,70 \times \text{сырой протеин, \%}) + (8,20 \times \text{сырой жир, \%}) + (3,99 \times \text{крахмал, \%}) + (3,11 \times \text{сахар, \%})$. ** ОЭ, ккал/100 г = $4,31 \times \text{сырой протеин, \%} \times Кп + 9,32 \times \text{сырой жир, \%} \times Кж + 4,16 \times \text{БЭВ} \times К \text{ бэв}$, где: Кп, Кж и Кбэв – коэффициенты переваримости протеина, жира и БЭВ (Егоров и др., 2015).

В практических условиях эффективность КФП DigeGrain Delta 9 была подтверждена на цыплятах-бройлерах кросса ROSS-308 на одной из птицефабрик России, на которой применяется до сих пор. Плотность посадки варьировалась в зависимости от сезонности от 18 до 20 голов/м². КФП включали в рацион с первого дня жизни и до убоя в дозировке 250-500 г/т корма. В зависимости от сезона года и доступности ингредиентов на рынке, комбикорма включали в себя кукурузу, пшеницу, соевый шрот или жмых, подсолнечный шрот, дрожжи, горох, масла подсолнечное, с добавкой необходимого количества синтетических аминокислот, минеральной части и витаминно-минерального премикса. Инкубационное яйцо предприятие получает от родительского стада одного и того же поставщика.

Таблица 3. Состав и питательность рационов в период 22-36 дней.

Компоненты и показатели питательности	Группы			
	1 (контроль)	2 (отриц.) контроль	3 (опыт)	4 (опыт)
Содержание компонентов, %				
Пшеница	12,5	19,2	19,151	19,126
Кукуруза	42,1	42,0	42,0	42,0
Соевый шрот	26,28	22,4	22,4	22,4
Жмых подсолнечный	7,51	7,636	7,66	7,66
Масло подсолнечное	6,5	3,858	3,858	3,858
Мука рыбная	1,5	1,5	1,5	1,5
Известняк	1,178	1,227	1,227	1,227
Монокальцийфосфат	1,343	1,029	1,029	1,029
DL-метионин	0,257	0,258	0,258	0,258
Лизина монохлоргидрат	0,167	0,209	0,209	0,209
Треонин	0,071	0,083	0,083	0,083
Соль поваренная	0,235	0,22	0,22	0,22
Сульфат натрия	0,079	0,1	0,1	0,1
Бленд минеральный	0,1	0,1	0,1	0,1
Бленд витаминный	0,03	0,03	0,03	0,03

Продолжение таблицы 3. *Состав и питательность рационов в период 22-36 дней.*

Компоненты и показатели питательности	Группы			
	1 (контроль)	2 (отриц.) контроль	3 (опыт)	4 (опыт)
Холин хлорид	0,05	0,05	0,05	0,05
Миколив	0,1	0,1	0,1	0,1
КФП	-	-	0,025	0,05
Итого	100	100	100	100
Показатели питательности				
Сырой протеин, %	19,5	18,67	18,67	18,67
Сырая клетчатка, %	4,0	4,0	4,0	4,0
Лизин доступный, %	1,03	0,98	0,98	0,98
Метионин + цистин доступный, %	0,8	0,78	0,78	0,78
Треонин доступный, %	0,69	0,66	0,66	0,66
Ca, %	0,87	0,82	0,82	0,82
P, %	0,74	0,67	0,67	0,67
P доступный, %	0,44	0,37	0,37	0,37
Na, %	0,16	0,16	0,16	0,16
Хлор, %	0,23	0,23	0,23	0,23
Кажущаяся обменная энергия, ккал/100 г*	301	291	291	291
Обменная энергия, ккал/100 г**	325	314	314	314

Результаты и обсуждение

За время опыта при выращивании птицы падежа не происходило, среднесуточный прирост живой массы за 35 дней выращивания цыплят по группам был в пределах 61-65 г (табл. 4). В первые две недели жизни рост цыплят в контрольной группе и в группе отрицательного контроля, получавших корм со сниженной питательностью, был одинаковым.

Начиная с 21-дн. возраста, у особей из группы отрицательного контроля, наметилось отставание в росте от сверстников положительного контроля, и в конце опыта они весили на 5% меньше по сравнению с соответствующим показателем 1-й группы. Снижение питательности рационов практически одинаково повлияло на продуктивность курочек и петушков. Расход корма на прирост живой массы во 2-й группе за весь период выращивания был на 4,6% выше по сравнению 1-й группой.

Таблица 4. *Зоотехнические результаты испытания КФП.*

Показатели	Группы			
	1 (контроль)	2 (отриц.) контроль	3 (опыт)	4 (опыт)
Сохранность, %	100	100	100	100
Живая масса в суточном возрасте, г	43	43	43	43
..... 14 дней, г	482±4	485±6	494±6	495±7
..... 21 день, г	987±12	974±13	983±16	1005±15
..... 28 дней, г	1630±28*	1547±28	1637±19**	1644±19***
.....35 дней (петушок + курочка/2):	2297	2187	2292	2307
Отношение к положительному контролю, %	100	-4,8	-0,2	+0,4
Отношение к отрицательному контролю, %	+5	100	+4,8	+5,5
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,55	1,62	1,55	1,53
Отношение к положительному контролю, %	100	+4,64	0,0	-1,67
Отношение к отрицательному контролю, %	- 4,43	100	-4,37	-6,03
Европейский индекс продуктивности, ед.	423	385	421	432

Примечания: * P<0.05; **P<0.01; P<0.001 по *t* - критерию при сравнении с 1 группой (отриц. контроль).

Испытанный КФП, включённый в корм, в количестве 250 и 500 г/т к 35-дн. возрасту обеспечил показатели продуктивности на уровне положительного контроля. Расход корма на прирост живой массы в 3-й группе не отличался от такового в 1-й группе и был на 4,4% ниже, чем во 2-й группе. Европейский индекс продуктивности в 3-й и 4-й группах не уступал таковому

положительного контроля и повысился на 37 и 47 ед. соответственно по сравнению с отрицательным контролем.

Таблица 5. Результаты анатомической разделки.

Показатели	Группы			
	1 (контроль)	2 (отриц.) контроль	3 (опыт)	4 (опыт)
Живая масса отобранных на убой 36-дневных бройлеров, г	2444	2403	2439	2489
Масса потрошённой тушки ¹ , г	1770	1716	1763	1813
Убойный выход ¹ , %	72,1	71,4	72,3	72,9
Отношение к 1 контролю, %		-0,97	-0,08	0,47
Отношение к 2 отрицательному контролю, %			+0,89	+1,44
Масса грудной мышцы, г	522	504	520	538
Отношение массы грудной мышцы к живой массе ² , %	21,3	21,0	21,3	21,6
Масса бедра, г	288	267	284	302
Отношение массы бедра к живой массе ³ , %	11,8	11,1	11,6	12,1
Масса голени, г	251	229	249	260
Отношение массы голени к живой массе ³ , %	10,3	9,55	10,2	10,5

Примечания: ¹ масса тушки без шеи, абдоминального жира и внутренних органов в процентном соотношении к живой массе, ² масса грудной мышцы без кожи и костей в процентном соотношении к живой массе птицы, ³ масса бедра/голеньи с кожей и костями в процентном соотношении к живой массе птицы.

Убойный выход тушки в 3-й и 4-й группах увеличился на 0,9 и 1,4%, грудной мышцы – на 0,3 и 0,7%, массы бедра – на 0,5 и 1,0%, массы голени – на 0,6 и 0,9% по сравнению с соответствующими показателями отрицательного контроля. Все эти показатели были на уровне положительного контроля.

Таким образом, применение КФП в составе комбикорма в дозе 250 и 500 г/т на фоне рациона с пониженной питательностью позволило сохранить продуктивность на уровне птицы, получавшей корм с питательностью в соответствии с рекомендациями ВНИТИП. Возможно, доза 500 г/т в некоторых случаях может оказаться избыточной. Исходя из результатов опыта можно предположить, что положительные результаты могут сохраниться при большем снижении в корме уровня обменной энергии: на 5-6% и протеина на 4-5%.

Постоянное применение КФП в практических условиях, начиная с 2018 г. на одной из птицефабрик России с ежегодным поголовьем откорма около 1 млн. голов в год, показало успешность его использования (табл. 6). Проблема конкретной птицефабрики, как и многих других – это непостоянный макрокомпонентный состав рациона и выраженное сезонное изменение состава комбикормов.

Ранее на птицефабрике бессистемно использовали различные ФП, основываясь на предложениях поставщиков. Получаемые результаты не удовлетворяли руководство птицефабрики, поэтому предложение об использовании предлагаемого КФП на птицефабрике было встречено с настороженностью. На основании анализа предшествующих результатов было сделано предположение о целесообразности снижения стоимости рационов путём применения DigeGrain Delta 9 на поголовье птицы всей птицефабрики. В зависимости от состава рациона доза включения КФП в комбикорма составляла 350-500 г/т. Цыплят кормили гранулированным комбикормом, питательность которого соответствовала рекомендациям для кросса Росс 308. Рационы в разные периоды содержали кукурузу пшеницу, соевый и подсолнечный шроты. В зависимости от стоимости и доступности соевого шрота и жмыха в ряде случаев в рационы вынуждено включали повышенное количество подсолнечного шрота, что вызывало увеличение клетчатки в комбикорме. В результате наблюдали увеличение расхода корма на прирост живой массы, хотя она к концу выращивания заметно не изменялась. Сохранность поголовья повысилась.

Таблица 6. Показатели эффективности применения КФП на всём поголовье цыплят-бройлеров.

Показатели	До начала применения КФП	Ввод в корма КФП в дозе 500 г/т до гранулирования.	
		2019 г	2020 г
Продолжительность откорма, дней	42-46	37-45	37-44
Сохранность поголовья, %	94,2	96,4	97,1
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,83-1,90	1,65-1,68	1,58-1,64
Средняя живая масса, г	2344-2775	2345-3106	2368-3102

При оценке эффективности ферментного препарата в производственных условиях (табл. 6) в первую очередь обращали внимание на продуктивность и стоимость корма, расходуемого на привес. В результате применения КФП на фабрике удавалось снизить стоимость готового комбикорма на 200-350 руб./т, несмотря на изменения состава комбикормов в связи с вариациями цены и доступности на рынке зерновых компонентов и белкового сырья. В течение 4-х лет в отдельных случаях в комбикормах преобладала пшеница с повышенным содержанием соевого шрота или жмыха, а в других случаях - кукуруза с максимально возможным включением подсолнечного шрота, что вызывало повышение содержания клетчатки. Применение КФП позволило снизить расход корма на единицу прироста и сократить продолжительность откорма, в связи с тем, что птица энергичнее набирала требуемую живую массу. Экономические показатели при выращивании бройлеров повышались за счёт заметного снижения стоимости сырья, используемого для производства комбикормов, сокращения срока выращивания птицы и улучшения сохранности поголовья (с 94 до 97-98%).

Неустойчивость результатов использования КФП в кормлении животных в основном обусловлена уровнем знаний для подбора ферментов с учётом изменчивости субстратного состава кормов. Поэтому принимать решение о применении ферментных препаратов целесообразно после проведения их испытаний на фоне реального состава комбикормов. Основная проблема заключается в том, что по результатам изучения экзогенных ферментов *in vitro* трудно спрогнозировать эффективность их действия в организме животного. Имеются доказательства, что это обусловлено недостаточностью имеющихся данных по составу, концентрации субстратов и их расположению в макромолекулярных комплексах кормов (Крюков и др., 2021). Однако к этим выводам пришли на основании результатов, полученных *in vitro*, в которых моделировали сочетания нескольких субстратов. Модельные смеси составляют используя отдельные субстраты, поэтому в инкубационной среде они присутствуют независимо друг от друга и легко доступны для действия ферментов. В кормах естественного происхождения субстраты связаны друг с другом и находятся в разных компартментах клетки, разделённых между собой оболочками, которые затрудняют их доступность для действия ферментов. В современной науке эти эффекты обсуждаются на уровне отдельных фактов и предположений, но их совершенно недостаточно для разработки практических рекомендаций. Разработка КФП является попыткой обойти эти трудности.

Разработчик Advanced Enzyme Technologies указывает, что широкий спектр активностей подобран с учётом воздействия на различные наиболее распространённые субстраты в зерне и шротах. Предполагается, в определённом конкретном случае значимой будет какая-то группа ферментов, а при изменении состава рациона – другая. КФП DigeGrain Delta 9 следует рассматривать в качестве попытки преодоления нерешённой современной наукой детальной характеристики субстратного состава комбикормов и доступности субстратов. Комбинированные полиферментные препараты проявляют наибольшую экономическую эффективность на рационах с пониженной питательностью, хотя иногда она проявляется и на рационах с рекомендуемым содержанием питательных веществ. (Schramm et al., 2017; Walk, Poernama, 2019; Nørgaard et al., 2019).

Подводя итоги, можно прийти к выводу, что экзогенные ферменты, включаемые в состав полиферментных препаратов, могут оказывать положительное влияние на переваривание

питательных веществ и проявлять другие полезные свойства, не связанные с их гидролитической активностью (Yuan et al., 2017).

Обобщение многочисленных исследований показывает, что до настоящего времени не выработано общей методологии создания полиферментных препаратов, поскольку эффективность их действия определяется содержанием в рационах субстратов, концентрация и доступность в которых изменчивы. В связи с этим подтверждение эффективности КПФ или выбор его для использования в конечном итоге должен подтверждаться испытаниями на птице и в последующем необходимо обращать внимание на реакцию птицы при изменении состава рационов.

Широкий набор ферментов, включённых в DigeGrain Delta 9, рассчитан на частые изменения состава комбикормов и свойств, входящих в их состав субстратов. Возможно, некоторые активности КПФ в ряде случаев могут оказаться избыточными, но они снижают риск потери продуктивности при изменении состава рационов. В практических условиях это облегчает работу специалистов по разработке рецептов комбикормов. Учитывая, что действие экзогенных ферментов направлено на расщепление непереваримой фракции кормов, включение ферментов в корма с высокой переваримостью часто оказывается малоэффективным.

Заключение

Применение КПФ «DigeGrain Delta 9» в составе комбикорма для цыплят-бройлеров на рационе с пониженной питательностью позволило снизить его расход на килограмм прироста и сократить продолжительность откорма. Экономические показатели при выращивании бройлеров повышались за счёт снижения стоимости сырья, используемого для производства комбикормов, сокращения срока выращивания птицы и улучшения сохранности поголовья. Из результатов опытов можно предположить, что положительные результаты могут сохраниться при снижении в корме уровня обменной энергии: на 5-6% и протеина на 4-5% по отношению к действующим рекомендациям ВНИТИП.

Список литературы

1. Волчок А.А., Короткова О.Г., Кондратьева Е.Г., Крюков В.С., Сеницына О.А., Сеницын А.П., Шмаков И.А. Активность глюканаз и ксиланаз кормовых ферментных препаратов в ЖКТ птицы. // Птицеводство. 2018. № 4. С. 39-45.
2. Егоров И.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н. и др. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы Сергиев-Посад: ВНИТИП, 2019. 216 с.
3. Егоров И., Манукян В., Панин И., Гречишников В. Новое в нормировании обменной энергии. // Комбикорма. 2015. № 9. С. 68-70
4. Зиновьев С.В., Крюков В.С. О матрицах кормовых ферментных препаратов. // Эффективное животноводство. 2021. № 4. С. 96-100.
5. Крюков В.С., Зиновьев С.В., Крюков О.В. Проблемы методологии конструирования полиферментных препаратов и повышения эффективности их применения в животноводстве. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. № 4. С. 5-39.
6. Крюков В.С., Зиновьев С.В., Некрасов Р.В., Глебова И.В., Галецкий В.Б. Полиферментные препараты в кормлении моногастрических животных. // Аграрная наука 2021. № 4. С. 35-43.
7. Bach Knudsen K.E. The nutritional significance of dietary fibre analysis. // Anim. Feed Sci. Technol. 2001. Vol. 90. P. 3-20.
8. Baker J.T., Duarte M.E., Holanda D.M., Kim S.W. Friend or Toe? Impacts of dietary xylans, xylooligosaccharides, and xylanases on intestinal health and growth performance of monogastric animals. // Animals (Basel). 2021. Vol. 11. nr 3. P. 609.
9. Bedford M.R. The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: the role of data interpretation. // Brit. Poult. Sci. 2018. Vol. 59. P. 486-493.
10. Bedford M.R., Cowieson A.J. Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. // Anim. Feed Sci. Techn. 2012. Vol. 173. P. 76-85.
11. Cowieson A.J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. // Anim. Feed Sci. Techn. 2005. Vol. 119. P. 293-305

12. Cowieson A. J. Strategic selection of exogenous enzymes for corn/soy-based poultry diets. // Poultry Sci. 2010. Vol. 47. P. 1-7.
13. Meng X., Slominski B., Nyachoti A., Campbell C.M., Guenter L.D. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. // Poultry Sci. 2005. Vol. 84. P. 37-47.
14. Ravindran V. Feed enzymes: the science, practice, and metabolic realities. // J. Appl. Poultry Res. 2013. Vol. 22. P. 628-636.
15. Schramm V.G., Durau J.F., Barrilli L.N.E., Sorbara J.O.B., Cowieson A.J., Félix A.P., Maiorka A. Interaction between xylanase and phytase on the digestibility of corn and a corn/soy diet for broiler chickens. // Poultry Sci. 2017. Vol. 96. P. 1204-1211.
16. Torres-Pitarch A., Manzanilla E.G., Gardiner G.E., O'Doherty J.V., Lawlor P.G. Systematic review and meta-analysis of the effect of feed enzymes on growth and nutrient digestibility in grow-finisher pigs: Effect of enzyme type and cereal source. // Anim. Feed Sci. Techn. 2019. Vol. 251. P. 153-165.
17. Vieira S.L., Stefanello C., Sorbara J.O.B. Formulating poultry diets based on their indigestible components. // Poultry Sci. 2014. Vol. 93. P. 2411-2416.
18. Walk C.L., Poernama F. Evaluation of phytase, xylanase, and protease in reduced nutrient diets fed to broilers. // J. Appl. Poultry Res. 2019. Vol. 28. P. 85-93.
19. Yuan L., Wang M., Zhang X., Wang Z. Effects of protease and non-starch polysaccharide enzyme on performance, digestive function, activity and gene expression of endogenous enzyme of broilers. // PLoS One. 2017. Vol. 12. P. e0173941.

References (for publications in Russian)

1. Egorov I.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N. et al. *Rukovodstvo po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoi ptitsy* (Guidelines for feeding poultry). Sergiev-Posad: VNIITIP Publ. 2019. 216 p.
2. Egorov I., Manukyan V., Panin I., Grechishnikov V. [New in the norms of metabolizable energy]. *Kombikorma - Mixed Feed*. 2015. 9: 68-70
3. Kryukov V.S., Zinov'ev S.V., Nekrasov R.V., Glebova I.V., Galetskii V.B. [Polyenzymic preparations in the feeding of monogastric animals]. *Agrarnaya nauka - Agricultural Science*. 2021.4: 35-43.
4. Kryukov V.S., Zinov'ev S.V., Kryukov O.V. [Problems of methodology for designing polyenzymic preparations and increasing the efficiency of their use in animal husbandry]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2021. 4: 5-39.
5. Volchok A.A., Korotkova O.G., Kondrat'eva E.G., Kryukov V.S., Sinitsyna O.A., Sinitsyn A.P., Shmakov I.A. [Activity of glucanases and xylanases of feed enzyme preparations in the gastrointestinal tract of poultry. poultry farming]. *Ptitsevodstvo - Poultry Farming*. 2018, 4: 39-45.
6. Zinov'ev S.V., Kryukov V.S. [On matrices of feed enzyme preparations]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo - Efficient Animal Husbandry*. 2021. 4: 96-100.

UDC 636.5.033.083.37:577.15

Experience of using a multienzyme complex in feeding broiler chickens against the background of a diet with reduced nutritional value

¹Temnikov V.N., ²Zinoviev S.V.

¹*Russian Academy of Management in Animal Husbandry, Ministry of Agriculture, Moscow;*

²*Russian Institute of Poultry Processing Industry - Branch of² Institute of Poultry Farming, Russian Academy of Sciences, pos. Rzhavki, Moscow oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. The feed contains non-starch polysaccharides, as well as some proteins, for the digestion of which the body does not produce enzymes; their content increases with an increase in the proportion of cheap raw materials in the feed. An increase in their use is achieved as a result of the use of feed enzymes. The purpose of this work is to evaluate the effectiveness of the DigeGrain Delta 9 complex enzyme preparation (CEP) (Advanced Enzyme Technologies), which consists of ten purified enzymes, in an experiment on broiler chickens in a large poultry farm. Four groups of broiler chickens of the Ross 308 cross were formed. In the 1st group (control), a complete feed without the addition of enzymes (OR1) was used; in the 2nd group (negative control) - feed OR2 with reduced nutritional value; OR2 + CEP at a dose of 250 g/t, in the 4th group OR2 + CEP at a dose of 500 g/t. The use of CEP on the background of a diet with low nutritional value led to an increase in body weight at the age of 28 days in the 3rd ($P < 0.01$) and 4th ($P < 0.001$) groups, in comparison with the negative control, and to a decrease in feed consumption per kg LWG. The data obtained are confirmed by the results of the application of CFP on the poultry population in a large poultry farm. Rations in different periods contained corn, wheat, soybean and sunflower meal. Economic indicators in growing broilers increased due to a decrease in the cost of raw materials used for the production of compound feed, a reduction in the period of poultry rearing and an improvement in the safety of livestock. It was concluded that with an adequate selection of CPK, positive results can be obtained with an adequate selection of CPK against the background of a decrease in the level of metabolic energy in the feed by 5-6% and protein by 4-5% in relation to the current recommendations.

Keywords: feed enzymes, non-starch polysaccharides, broiler breeding, complex enzyme preparations.

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology. 2022. 2: 67-77.

Поступило в редакцию: 21.04.2022

Получено после доработки: 06.06.2022

Сведения об авторах:

Темников Владислав Николаевич, к.с.-х.н., проректор, vlad.temnikov@gmail.com

Зиновьев Сергей Владимирович, к.с.-х.н., с.н.с., 8(920)733-46-13, neollit_13@mail.ru