

Список литературы.

1. Глазко, В. И. Молекулярная биология для животноводства / В. И. Глазко // *FarmAnimals*. – 2012. – № 1 (1). – С. 24–29.
2. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук. – Москва : Мир, 1984. – 480 с.
3. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. – Москва : Колос, 1970. – 423 с.
4. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – Москва : Колос, 1983. – 400 с.
5. Гетманцева, Л. В. Молекулярно-генетические исследования сельскохозяйственных животных методом ПЦР-ПДРФ : учебное пособие / Л. В. Гетманцева ; Донской государственный аграрный университет. – Персиановский : ДонГАУ, 2018. – 119 с.
6. Племенная работа в молочном скотоводстве / Н. В. Казаровец, Т. В. Павлова, Н. И. Гавриченко [и др.] ; Белорусский государственный аграрный технический университет. – Минск : БГАТУ, 2012. – 421 с.
7. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – Москва : АН СССР, 1969. – 360 с.
8. Ardici, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici // *Arch. Animal Breeding*. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 9–32.
9. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // *Respod. Nutr.* – 1999. – Dev. 39. – P. 171–180.
10. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek // *Animal Science Papers and Reports* – 2004. – Vol. 22, № 3. – P. 307–313.
11. Thy, N. T. D. Polymorphism of PIT-1 and prolactin genes and their effects on milk yield in Holstein Frisian dairy cows bred in Vietnam / N. T. D. Thy // *Russ. J. of Genetics*. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.

References.

1. Glazko, V. I. Molekulyarnaya biologiya dlya zhivotnovodstva / V. I. Glazko // *FarmAnimals*. – 2012. – № 1 (1). – S. 24–29.
2. Maniatis, T. Molekulyarnoe klonirovanie / T. Maniatis, E. Frich, Dzh. Sembruk. – Moskva : Mir, 1984. – 480 s.
3. Merkur'eva, E. K. Biometriya v selekcii i genetike / E. K. Merkur'eva. – Moskva : Kolos, 1970. – 423 s.
4. Merkur'eva, E. K. Genetika s osnovami biometrii / E. K. Merkur'eva, G. N. SHangin-Berezovskij. – Moskva : Kolos, 1983. – 400 s.
5. Getmanceva, L. V. Molekulyarno-geneticheskie issledovaniya sel'skokozyajstvennyhzhivotnyh me-todom PCR-PDRF : uchebnoe posobie / L. V. Getmanceva ; Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Persianovskij : DonGAU, 2018. – 119 s.
6. Plemennaya rabota v molochnom skotovodstve / N. V. Kazarovec, T. V. Pavlova, N. I. Gavrichenko [i dr.] ; Belorusskij gosudarstvennyj agrarnyj tekhnicheskij universitet. – Minsk : BGATU, 2012. – 421 s.
7. Plohinskij, N. A. Biometriya / N. A. Plohinskij. – Moskva : AN SSSR, 1969. – 360 s.
8. Ardici, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici // *Arch. Animal Breeding*. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 9–32.
9. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // *Respod. Nutr.* – 1999. – P. 171–180.
10. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek // *Animal Science Papers and Reports* – 2004. – Vol. 22, № 3. – R. 307–313.
11. Thy, N. T. D. Polymorphism of PIT-1 and prolactin genes and their effects on milk yield in Holstein Frisian dairy cows bred in Vietnam / N. T. D. Thy // *Russ. J. of Genetics*. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.

Поступила в редакцию 17.02.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-2-67-73

УДК 636.2.087.7

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ α -АМИЛАЗЫ И ЖИВЫХ ДРОЖЖЕЙ В КОРМЛЕНИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ

Подрез В.Н. ORCID ID 0000-0001-7527-2228, Карпеня М.М. ORCID ID 0000-0002-4762-676X,
Ухов М.С., Карпеня С.Л. ORCID ID 0000-0001-7690-9091

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Доказана целесообразность применения экзогенного фермента α -амилазы продуцента *Bacillus licheniformis* в количестве 0,5 мг/кг сухого вещества рациона в качестве фактора, повышающего эффективность использования кормовой добавки на основе живых штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в кормлении высокопродуктивных коров, которая выразилась в увеличении молочной продуктивности в энергетически скорректированном молоке (ЕСМ) на 4,9% и повышении показателя IOFC (выручка сверх стоимости корма) на 5,7%. **Ключевые слова:** дрожжи, амилаза, нейтрально-детергентная клетчатка, крахмал, летучие жирные кислоты, молочная продуктивность.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF α -AMYLASE AND LIVING YEAST IN FEEDING HIGH-YIELDING COWS

Podrez V.N., Karpenia M.M., Ukhov M.S., Karpenia S.L.

Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

*The feasibility of using exogenous enzyme α -amylase produced by *Bacillus licheniformis* in the amount of 0.5 mg/kg of dry matter of the diet as a factor increasing the efficiency of using a feed additive based on living strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the feeding of high-yielding cows has been proven. This resulted in an increased milk performance in energy-corrected milk (ECM) by 4.9% and an increase in the IOFC indicator (revenue in excess of feed cost) by 5.7%. **Keywords:** yeast, amylase, neutral detergent fiber, starch, volatile fatty acids, milk productivity.*

Введение. Особенности пищеварения у жвачных животных, в частности у крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, обуславливают приоритетность переваривания клетчатки, так как основной полезный признак коровы и экономическая эффективность производства молока заключается в способности коровы переваривать относительно дешевые, богатые клетчаткой травянистые корма, синтезируя при этом молоко. Основная роль в переваривании клетчатки в желудочно-кишечном тракте коровы отводится бактериальной микрофлоре рубца. Именно структурный состав рубцовой микрофлоры определяет эффективность переваривания клетчатки. По этой причине основой кормовых стратегий молочного скота является формирование, за счет кормовых компонентов рациона, необходимого пула рубцовой микрофлоры, для максимизации разложения клетчатки в рубце [1, 2].

Ферменты, такие как целлюлаза, широко используются в кормлении моногастричных животных, однако в испытаниях на крупном рогатом скоте не показали свою эффективность. Наиболее распространенной кормовой добавкой для повышения переваримости клетчатки у коров являются дрожжи, а точнее специализированные штаммы *Saccharomyces cerevisiae*. Однако эффект от применения дрожжей снижается в рационах с высоким уровнем крахмала и низким уровнем содержания нейтрально-детергентной клетчатки [2, 3]. Крахмал и нейтрально-детергентная клетчатка являются основными углеводами рациона молочных коров, обеспечивая первичную энергию для микроорганизмов рубца. Ферментация крахмала и нейтрально-детергентной клетчатки в рубце всегда имела ключевое значение в рационе молочных коров для получения высоких производственных показателей. Для улучшения активности по распаду крахмала и целлюлозы в рубце необходимо хорошо понимать амилолитические и целлюлозолитические микроорганизмы и связанные с ними ферменты [4, 5].

Летучие жирные кислоты могут обеспечивать до 70% необходимой энергии для крупного рогатого скота. Целлюлозолитические и амилолитические бактерии являются основными продуцентами летучих жирных кислот в рубце. Вид и концентрация летучих жирных кислот в организме животного влияют на эффективность удовлетворения его метаболических потребностей в энергии. Состав образующихся летучих жирных кислот находится в зависимости от типа углеводов, подвергающихся бактериальной ферментации. На сам процесс ферментации оказывают влияние такие параметры, как уровень pH, содержание грубых кормов в рационе, концентрация расщепляемого в рубце протеина, количество разлагаемого органического вещества [4, 6, 7, 8, 9].

Согласно данным опубликованных исследований, ввод дрожжей в рацион дойных коров увеличивает pH в рубце и концентрацию летучих жирных кислот, а также снижает в нем концентрацию молочной кислоты. Также было установлено увеличение потребления сухого вещества, однако в некоторых исследованиях отмечалось его снижение. Увеличение концентрации летучих жирных кислот в рубце при вводе в рацион дрожжей указывает на повышение переваримости нейтрально-детергентной клетчатки, что на прямую является следствием роста популяции целлюлозолитических бактерий в рубце. Также отмечалось повышение усвояемости органического вещества рациона с высоким содержанием НДК при вводе дрожжей [1, 9]. Эффект снижения концентрации молочной кислоты в рубце, как правило, понижается при повышении уровня потребляемого сухого вещества и процентного содержания крахмала в рационе. Также при скормливании лактирующим коровам живых дрожжей в рационах с разным уровнем крахмала отмечалось снижение ЕСМ (молоко, скорректированное по энергии) на килограмм потребленного сухого вещества в рационах с высоким уровнем крахмала [10]. Некоторые исследования зафиксировали значительное увеличение удоя при вводе в рацион дойным коровам кормовых добавок на основе живых штаммов дрожжей, другие же обнаружили лишь тенденцию к улучшению показателей или не показали значительных изменений [1, 4, 10].

Высокие темпы селекции молочного скота постоянно требуют увеличения концентрации сухого вещества рациона по энергии, что повышает увеличение доли именно кукурузного крахмала в рационах для высокопродуктивных животных. Следовательно, полезный эффект применения дрожжей будет снижаться. При этом учитывая важность влияния дрожжей на продуктивность и здо-

ровые лактирующих коров, необходимо предложить способ сохранения эффективности живых дрожжевых культур в кормлении крупного рогатого скота.

Альфа-амилаза гидролизует крахмал в рубце до смешанных олигосахаридов, которые обычно ферментируются до летучих жирных кислот микрофлорой рубца. Хорошо известно, что для полного гидролиза крахмала требуется активность амилазы, мальтазы и изомальтазы или амилоглюкозидазы. Согласно опубликованным исследованиям, определенные виды целлюлозолитических бактерий могут ферментировать олигосахариды, получаемые в рубце в результате воздействия амилаз на крахмал. К примеру, определенные штаммы *Ruminococcus flavefaciens* способны ферментировать мальтозу до ЛЖК [5,11]. Следовательно, *Ruminococcus flavefaciens* продуцирует мальтазу, гидролизуя мальтозу до глюкозы с последующей ее ферментацией до уксусной кислоты. Основным местом переваривания крахмала у крупного рогатого скота является рубец, но скорость и полнота переваривания может значительно различаться в зависимости от источника крахмала, даже при одинаковых уровнях общей усвояемости в желудочно-кишечном тракте. В рубце крахмал разлагается в различных количествах, от 60% для кукурузы и сорго до 85% для овса и до 90% для ржи, пшеницы и ячменя. Крахмал, перевариваемый в рубце, используется примерно на 70% эффективнее, чем крахмал, перевариваемый в тонком кишечнике [12, 13]. Однако некоторые литературные данные свидетельствуют о том, что переваривание крахмала в пострубцовом пищеварении может быть ограничено, возможно, из-за недостаточной секреции амилазы поджелудочной железой [14]. Применение альфа-амилазы перемещает место переваривания крахмала у крупного рогатого скота в рубец. Особенно это актуально для рационов с высокой долей кукурузного крахмала по причине его изначально низкой переваримости в рубце. При высоком содержании крахмала в сухом веществе рациона в присутствии экзогенных ферментов происходит более быстрое высвобождение олигосахаридов в рубце, которое может стимулировать адгезию и размножение микроорганизмов рубца, относящихся к амилолитической и целлюлозолитической микрофлоре. Такая стимуляция целлюлозолитических микроорганизмов может улучшить переваривание в рубце нейтральной детергентной клетчатки. Также быстрое высвобождение олигосахаридов из кукурузного крахмала в рубце будет обеспечивать ускоренный рост дрожжей, так как дрожжи могут использовать в качестве источника энергии сахарозу, мальтозу и глюкозу [15].

Материалы и методы исследований. С целью постановки поискового опыта периодическим методом нами была выбрана племенная ферма ООО «БелИнтерГен» Узденского района в Минской области. На данной ферме коровы содержатся беспривязно. Численность поголовья молочных коров составляет 430 голов. Молочная продуктивность дойного стада находится на уровне 11 316 кг. Дойное стадо представлено коровами голштинской породы преимущественно канадской селекции. Доеение осуществляется на доильной установке «GEAWestfalia» типа «sidebyside» 2x20. Доеение двукратное, животные содержатся в групповых секциях, основной критерий распределения по группам содержания – физиологическое состояние.

Кормление лактирующих коров осуществляется по принципу «одного рациона», т.е. состав сухого вещества для всех групп животных одинаков, групповые отличия заключаются в количестве получаемого сухого вещества. Питательность рациона лактирующих коров приведена в таблице 1. Оценка питательности рациона производилась анализатором кормов «AgriNIR». Равномерность смешивания полнорационной кормосмеси осуществлялась посредством специальных сит «PSPS». Количество раздаваемой кормосмеси измерялось штатным весовым оборудованием прицепного кормораздатчика.

Таблица 1 – Показатели питательности рациона

Показатели	Значения
Сухое вещество, %	46,6
Грубые корма, % от СВ	50
ЧЭЛ, мкал/кг	1,6
Сырой протеин, %	16,3
Крахмал, %СВ	27,6
Крахмал кукурузы, % от общ. крахмала	84,5
НДК, % СВ	35,7

Для дойного стада на постоянной основе в составе витаминно-минерального премикса применяются живые дрожжи *S. cerevisiae* (штамм M207177) в дозировке 20 г/гол. Дополнительно для опыта через премикс в состав комбикорма для лактирующих коров была введена α -амилаза, продуцент – *Bacillus licheniformis* из расчета 0,5 г на кг потребляемого сухого вещества (ПСВ) и снижена дозировка дрожжей до 12 г/гол. Опыт проводился в 4 этапа. Общая продолжительность опыта составила 85 дней. Схема опыта приведена в таблице 2. Кормовую добавку с амилазной активностью

получали все лактирующие животные. Данные по молочной продуктивности собирались и оценивались только по коровам старше 50 дней в лактации на момент начала опыта.

Таблица 2 – Схема опыта

Предварительный период	Первый опытный период (реструктуризация рубцовой микрофлоры)	Второй опытный период	Третий опытный период
15 дней	10 дней	30 дней	25 дней
Основной рацион	Основной рацион + α -амилаза 0,5 г/кг ПСВ	Основной рацион + α -амилаза 0,5 г/кг ПСВ	Основной рацион

В данном опыте изучалась динамика молочной продуктивности под влиянием ввода амилазы в рацион. Качественные показатели молока, такие как массовая доля жира, белка, лактозы оценивались по групповой пробе ежедневно штатным анализатором молока «EKOMILK» в молочной лаборатории комплекса, удой учитывался автоматическими измерительными приборами доильной установки. Данные о молочной продуктивности генерировались программой «DairyPlan», обработка результатов производилась посредством ПО «EXCEL». Средние значения ежедневного удоя определялись как «Energy corrected milk» (ECM) через уравнение «содержание энергии в молоке», предложенное NASEM (2021 г.):

$$NE_L \text{ Mcal/kg} = 9.29 \times \text{kgF/kgM} + 5.5 \times \text{kgCP/kgM} + 3.95 \times \text{kgL/kgM} \quad (1)$$

Дополнительно, для определения динамики молочной продуктивности внутри физиологических групп, была оценена молочная продуктивность в разрезе дней в доении.

Результаты исследований. Согласно полученным результатам, средний удой за предварительный период составил $34,6 \pm 0,43$ кг/сут. Как можно видеть на рисунке 1, в течение предварительного периода не отмечалось существенных колебаний уровня молочной продуктивности коров. Первый опытный период также не показал значительных изменений в динамике молочной продуктивности коров, так как на этом этапе происходила реструктуризация микрофлоры под влиянием экзогенной амилазы. Средний удой за данный период составил $34,7 \pm 0,58$ кг/сут. Согласно данным Sara R. (Sara R. и др., 2022), основная адаптация микрофлоры к смене рациона происходит в течение 6 дней. Основываясь на данной информации, нами был принят 10-дневный срок для адаптации микрофлоры как достаточный.

В ходе второго опытного периода отмечался значительный рост молочной продуктивности коров. В среднем за второй период рост среднесуточного удоя составил $1,7$ кг $ESMP < 0,05$. Следует отметить, что рост суточного удоя отличался по физиологическим группам. Как и ожидалось, максимальный рост молочной продуктивности был зарегистрирован у коров с 50 до 150 дней в лактации, который составил $36,5$ кг/сут., $P < 0,05$.

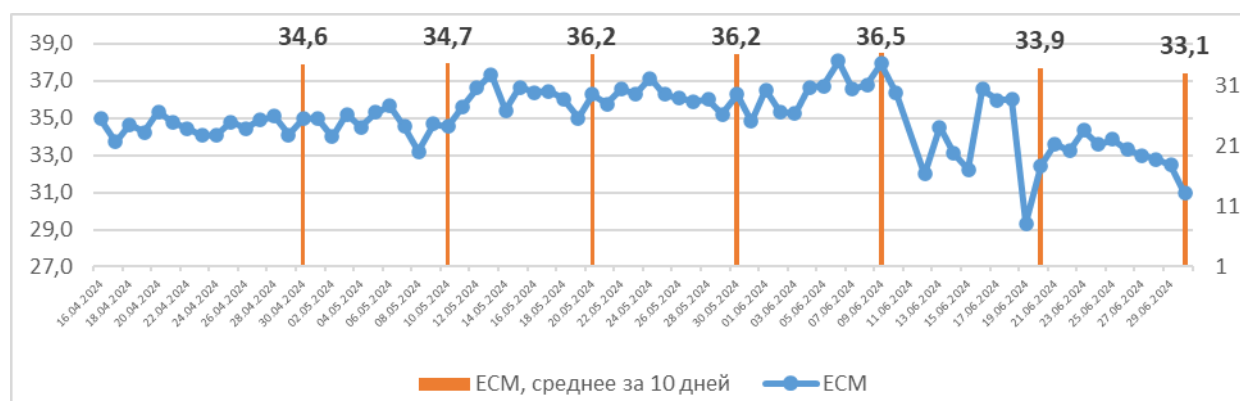


Рисунок 1 – Динамика молочной продуктивности, кг

В ходе опыта не было отмечено значимых изменений в структуре и питательности кормосмеси. Колебания содержания сухого вещества в кормосмеси не превышали ± 1 п.п. Средний размер частиц кормосмеси варьировал в пределах 3-5%, как показано в таблице 3.

Таблица 3 – Структура общесмешанного рациона

Сито	Предварительный период	Первый опытный период	Второй опытный период	Третий опытный период
19 мм, %	11	12	10	5
8 мм, %	40	38	41	50
4 мм, %	14	13	13	9
Поддон, %	35	38	36	35
Средний размер частиц, см	0,64	0,62	0,63	0,63

Динамика молочной продуктивности по физиологическим группам приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Среднесуточный надой по физиологическим группам

Группа	Голов, n	Среднесуточный удой в подготовительном периоде, кг/сут	Среднесуточный удой во II основном периоде, кг/сут	Разница $\pm$ кг
50-150 дней в доении	95	36,7	40,0	3,3 (P<0,05)
150-200 дней в доении	62	39,7	40,6	1,0 (P>0,05)
200-300 дней в доении	114	33,2	35,5	2,2(P>0,001)
300+ дней в доении	87	28,5	29,7	1,3(P>0,05)

Исходя из данных, приведенных в таблице 4, дополнительный ввод α -амилазы в рацион коров положительно сказался на росте молочной продуктивности всех физиологических групп, что свидетельствует об эффективности применения комбинации дрожжей и амилазы на всех этапах лактации. После отмены ввода амилазы в рацион коров в третьем опытном периоде отмечено резкое снижение молочной продуктивности, за первые 10 дней средний удой снизился на 2,6 кг/сут. ЕСМ.

Вероятнее всего, учитывая чувствительность микробиоты рубца к изменениям субстрата, резкое снижение дополнительного объема определенных олигосахаридов, получаемых под воздействием экзогенной амилазы, и, возможно, скачкообразный рост *S. bovis* с продуцированием молочной кислоты, вызвало депрессию популяций целлюлозолитических бактерий. Об этом косвенно свидетельствует скачкообразный характер кривой на рисунке 1 в первую декаду третьего опытного периода. Общее снижение молочной продуктивности за третий опытный период, согласно данным таблицы 5, составило 3,3 ЕСМ кг/сут.

Таблица 5 – Динамика молочной продуктивности

Период опыта	Голов, n	Среднесуточный удой в подготовительном периоде ЕСМ, кг/сут	Разница $\pm$ кг
Предварительный период	360	34,6	
Первый опытный период	360	34,7	0,1 (P>0,05)
Второй опытный период	360	36,3	1,6(P<0,001)
Третий контрольный период	290	33,3	-3,3(P>0,01)

Так как в ходе опыта оценивалась молочная продуктивность всех лактирующих коров старше 50 дней на момент начала опыта, уменьшение поголовья в третьем контрольном периоде было связано с переводом части голов в сухостойный период. Однако, учитывая, что согласно данным по динамике молочной продуктивности коров по физиологическим группам, увеличение молочной продуктивности отмечалось во всех группах, данное изменение не могло повлиять на результат исследования.

Учитывая полученные положительные результаты от применения комбинации дрожжи+фермент, нами был рассчитан экономический эффект от применения изучаемой кормовой

добавки по показателю IOFC (доход сверх стоимости кормов) [15]. Стоимость 25 кг СВ рациона в предварительном периоде составляла 17,59 руб. При вводе дополнительного компонента стоимость 25 кг СВ возросла на 0,58 руб. на голову и составила 18,17 руб. Ежедневная выручка от реализованного молока на голову за предварительный период составляла 53,28 рубля. Ежедневная выручка от реализованного молока на голову за второй опытный период составила 55,90 рублей. Доход сверх стоимости корма рассчитывается по формуле:

$$\text{IOFC} = \text{MC} - \text{FC}, \quad (2)$$

где MC – выручка от реализованного молока,
FC – стоимость корма.

Для коров во втором опытном периоде IOFC составил $55,9 - 18,17 = 37,73$ руб./гол.

Для коров в предварительном периоде IOFC составил $53,28 - 17,59 = 35,69$ руб./гол.

Следовательно, выручка сверх стоимости корма от каждой коровы при применении комбинации дрожжей и амилазы повысилась на 2,04 руб. относительно рациона с живыми дрожжами без добавления фермента.

Заключение. Ввод фермента α -амилазы в комплексе с живым штаммом *S. cerevisiae* (штамм M207177) в рацион лактирующих коров с высоким содержанием кукурузного крахмала дает лучший эффект в повышении молочной продуктивности, чем применение дрожжей как монокомпонента. При применении комбинации фермента и дрожжей можно ожидать повышение молочной продуктивности на всех этапах лактации. Максимальный результат роста молочной продуктивности наблюдался в первой трети лактации. Полученные данные по росту выручки сверх стоимости корма подтверждают целесообразность использования фермента α -амилазы для повышения эффективности применения живых штаммов дрожжей в рационах дойных коров с высоким уровнем кукурузного крахмала.

Conclusion. The introduction of the α -amylase enzyme in combination with a living strain of *S. cerevisiae*. (strain M207177) into the diet of lactating cows with a high content of cornstarch gives a better effect for increasing milk productivity than the use of yeast as a single component. When using a combination of the enzyme and yeast, one can expect an increase in milk performance at all stages of lactation. The maximum result of milk performance growth was observed in the first third of lactation. The obtained data on the growth of revenue over the cost of feed confirm the feasibility of using the α -amylase enzyme to increase the efficiency of using live yeast strains in diets of dairy cows with a high level of cornstarch.

Список литературы.

1. Hackmann, T. J. *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition.* Washington, DC: The National Academies Press, Hackmann TJ and Firkins JL (2015) Maximizing efficiency of rumenmicrobial protein production / T. J. Hackmann, J. L. Firkins // *Microbiol.* – 6:465. – doi: 10.3389/fmicb.2015.00465
2. Kung, L. Effects of a Live Yeast Culture and Enzymes on In Vitro Ruminal Fermentation and Milk Production of Dairy Cows / L. Kung // *Journal of Dairy Science.* – October 1997-10. – Vol. 80. – P. 2045–2051.
3. Desnoyers, M. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants / M. Desnoyers // *Journal of Dairy Science.* – May 2009-10. – Vol. 92 – P. 1620–1632.
4. Ryle, M. Energy nutrition in ruminants / M. Ryle // *LSEVIER SCIENCE PUBLISHERS.* – 1990 – Vol. 157 – P. 19–22.
5. Bergman, E. N. Energy ontributions of Volatile Fatty Acids from the Gastrointestinal Tract in Various Species / E. N. Bergman // *Physiological Reviews.* – April 1990. – Vol. 70. – P. 567–590.
6. Hagg, F. M. The effect of a direct fed microbial (*Megasphaera elsdenii*) on the productivity and health of Holstein cows / F. M. Hagg // *South African Journal of Animal Science.* – 2010. – Vol. 40. – P. 101–112.
7. Fiber digestion, VFA production, and microbial population changes during in vitro ruminal fermentations of mixed rations by monensin-adapted and un adapted microbes // *Animal Feed Science and Technology.* – 2011. – Vol. 169. – P. 68–78.
8. Hua, D. Starch and Cellulose Degradation in the Rumen and Applications of Metagenomics on Ruminal Microorganisms / D. Hua // *Animals.* – 2022. – Vol. 12. – P. 1–13.
9. Dias, A. L. G. Effects of supplementing yeast culture to diets differing in starch content on performance and feeding behavior of dairy cows / A. L. G. Dias // *J. Dairy Sci.* – Vol.101. – P.186–200.
10. Scientific Opinion on the efficacy of Ronozyme® Rumistar (alpha-amylase) as a feed additive for dairy cows / "Efsa Panel On Additives And Products Or Substances Used in Animal Feed Feedap" // *EFSA Journal.* – 2013. – Vol. 11. – P.1–7.
11. Owens, F. The Effect of Grain Source and Grain Processing on Performance of Feedlot Cattle: A Review / F. Owens // *Journal of Animal Science.* – 1997. – Vol. 75. – P. 868–879.

12. Owens, F. Limits to Starch Digestion in the Ruminant Small Intestine / F. Owens // *Journal of Animal Science*. – 1986. – Vol. 63 – P.1634–1648.
13. Harmon. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle / Harmon // *Journal of Animal Science*. – 2006. – Vol. 84. – P. E14–E24.
14. Влияние сахарозы и мальтозы на размножение дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, С. Ю. Пименова, В. А. Иванова // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2016. – №1. – С. 215–220.
15. Buza, M. H. Evaluating the effect of ration composition on income over feed cost and milk yield / M. H. Buza // *Journal of Dairy Science*. – 2014-5. – Vol. 97. – P. 3073–3080.

References.

1. Hackmann, T. J. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press, Hackmann TJ and Firkins JL (2015) Maximizing efficiency of rumenmicrobial protein production / T. J. Hackmann, J. L. Firkins // *Microbiol*. – 6:465. – doi: 10.3389/fmicb.2015.00465
2. Kung, L. Effects of a Live Yeast Culture and Enzymes on In Vitro Ruminant Fermentation and Milk Production of Dairy Cows / L. Kung // *Journal of Dairy Science*. – October 1997-10. – Vol. 80. – P. 2045–2051.
3. Desnoyers, M. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants / M. Desnoyers // *Journal of Dairy Science*. – May 2009-10. – Vol. 92 – P. 1620–1632.
4. Ryle, M. Energy nutrition in ruminants / M. Ryle // *LSEVIER SCIENCE PUBLISHERS*. – 1990 – Vol. 157 – P. 19–22.
5. Bergman, E. N. Energy ontributions of Volatile Fatty Acids from the Gastrointestinal Tract in Various Species / E. N. Bergman // *Physiological Reviews*. – April 1990. – Vol. 70. – P. 567–590.
6. Hagg, F. M. The effect of a direct fed microbial (*Megasphaera elsdenii*) on the productivity and health of Holstein cows / F. M. Hagg // *South African Journal of Animal Science*. – 2010. – Vol. 40. – P. 101–112.
7. Fiber digestion, VFA production, and microbial population changes during in vitro ruminal fermentations of mixed rations by monensin-adapted and un adapted microbes // *Animal Feed Science and Technology*. – 2011. – Vol. 169. – P. 68–78.
8. Hua, D. Starch and Cellulose Degradation in the Rumen and Applications of Metagenomics on Ruminant Microorganisms / D. Hua // *Animals*. – 2022. – Vol. 12. – P. 1–13.
9. Dias, A. L. G. Effects of supplementing yeast culture to diets differing in starch content on performance and feeding behavior of dairy cows / A. L. G. Dias // *J. Dairy Sci*. – Vol.101. – P.186–200.
10. Scientific Opinion on the efficacy of Ronozyme® Rumistar (alpha-amylase) as a feed additive for dairy cows / "Efsa Panel On Additives And Products Or Substances Used in Animal Feed Feedap" // *EFSA Journal*. – 2013. – Vol. 11. – P.1–7.
11. Owens, F. The Effect of Grain Source and Grain Processing on Performance of Feedlot Cattle: A Review / F. Owens // *Journal of Animal Science*. – 1997. – Vol. 75. – P. 868–879.
12. Owens, F. Limits to Starch Digestion in the Ruminant Small Intestine / F. Owens // *Journal of Animal Science*. – 1986. – Vol. 63 – P.1634–1648.
13. Harmon. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle / Harmon // *Journal of Animal Science*. – 2006. – Vol. 84. – P. E14–E24.
14. Vliyanie saharozy i mal'tozy na razmnozhenie drozhzhej *Saccharomyces cerevisiae* / O. I. Ponomareva, E. V. Borisova, S. YU. Pimenova, V. A. Ivanova // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta in-zhenernykh tekhnologij*. – 2016. – №1. – С. 215–220.
15. Buza, M. H. Evaluating the effect of ration composition on income over feed cost and milk yield / M. H. Buza // *Journal of Dairy Science*. – 2014-5. – Vol. 97. – P. 3073–3080.

Поступила в редакцию 18.02.2025.