

Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 190-201.  
Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106, no 3. P. 190-201.

Научная статья  
УДК 633.16:632.934  
doi:10.33284/2658-3135-106-3-190

**Влияние комбинации бактериального и химического препаратов на качество брожения при консервировании влажного плющеного зерна ячменя**

**Елена Валентиновна Косолапова<sup>1</sup>, Николай Николаевич Кучин<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия

<sup>1</sup>K-art-inka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0793-0847>

<sup>2</sup>nkuchin53@mail.ru

**Аннотация.** Сырое плющенное зерно характеризуется специфическим составом эпифитной микрофлоры, особенным биохимическим составом с высоким содержанием питательных веществ. Для обеспечения преобладания гомоферментативного молочнокислого брожения к технологии его консервирования предъявляются жёсткие требования. Одним из ключевых моментов здесь является достаточное кислотообразование для снижения pH до оптимальных пределов и подавления нежелательной микрофлоры. Наиболее эффективным способом сохранения зерновой массы считается химическое консервирование, но это достаточно дорогостоящее мероприятие. Использование бактериальных препаратов не всегда даёт надёжные результаты. Компромиссным выходом из этой ситуации, на наш взгляд, является комбинированное использование химических и биологических консервантов. Мы исследовали консервирование влажного плющеного ячменя с раздельным внесением в начале химического консерванта Текацид в вариативных дозах 5, 3 и 1,5 л/т, а затем бактериального препарата Биосилл НН для насыщения массы гомоферментативными осмоотолерантными молочнокислыми бактериями в сравнении с самоконсервированием и раздельной обработкой химическим и биологическим препаратами. Установлено, что наилучшее влияние на кислотообразование, содержание и соотношение кислот брожения, подкисление оказывала комбинированная обработка зерна при дозе Текацида в составе смесей 3 и 1,5 л/т.

**Ключевые слова:** ячмень, плющенное зерно, бактериальный препарат, комбинированное консервирование, брожение, химический консервант

**Для цитирования:** Косолапова Е.В., Кучин Н.Н. Влияние комбинации бактериального и химического препаратов на качество брожения при консервировании влажного плющеного зерна ячменя // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 190-201. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-190>

Original article

**Influence of a combination of bacterial and chemical preparations on the quality of fermentation in the conservation of damp rolled barley grain**

**Elena V Kosolapova<sup>1</sup>, Nikolai N Kuchin<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino, Russia

<sup>1</sup> K-art-inka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0793-0847>

<sup>2</sup>nkuchin53@mail.ru

**Abstract.** Damp rolled grain is characterized by a specific composition of epiphytic microflora, a special biochemical composition with a high content of nutrients. To ensure the predominance of homofermentative lactic fermentation, stringent requirements are imposed on the technology of its conservation. One of the key points here is sufficient acid formation to lower the pH to optimal limits and suppress unwanted microflora. Chemical conservation is considered the most effective way to preserve the grain mass, but this is a rather expensive undertaking. The use of bacterial preparations does not always give reliable results. A compromise way out of this situation, in our opinion, is the combined use of chemical

and biological preservatives. We have studied the conservation of wet flaked barley with separate application of the chemical preservative Tekacid at variable doses of 5, 3 and 1.5 l/t, and then the bacterial preparation Biosill NN to saturate the mass with homofermentative osmotolerant lactic acid bacteria in comparison with self-preservation and separate processing by chemical and biological preparations. It was found that a combined treatment of grain at a dose of Tekacid in mixtures of 3 and 1.5 l/t had the best effect on acid formation, the content and ratio of fermentation acids, acidification.

**Keywords:** barley, rolled grain, bacterial preparation, combined canning, fermentation, chemical preservative

**For citation:** Kosolapova EV, Kuchin NN. Influence of a combination of bacterial and chemical preparations on the quality of fermentation in the conservation of damp rolled barley grain. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):190-201. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-190>

### **Введение.**

Для обеспечения высокой продуктивности крупнорогатого скота необходимо наличие качественной кормовой базы. В последние годы в нашей стране и в ряде других стран широкое распространение получила рациональная, ресурсо- и экономически эффективная технология консервирования сырого зерна в стадиях неполной спелости при хранении в анаэробных условиях. Такая технология экономически выгодней традиционной сушки зерна, т. к. экономится значительное количество энергии – дизельного топлива до 60 %, электроэнергии – до 70 % (Попов В.В., 2018). Данная технология позволяет снизить себестоимость на 9-24 %. При этом не требуется дополнительной очистки после уборки, что увеличивает сбор зерна. По сравнению с сухим зерном более ранний сбор позволяет получить с каждого гектара урожай зерна на 5...10 ц больше за счёт снижения потерь, в том числе от осыпания. Уборка зерна находится в меньшей зависимости от погодных условий. Более ранние сроки её начала позволяют удлинить продолжительность проведения уборочных работ на 10-15 дней (Коновалова Н.Ю. и Коновалова С.С., 2018).

Консервирование сырого плющеного зерна и его хранение в анаэробных условиях является эффективным как с точки зрения производства, так и скармливания. Плющение положительно влияет на вкусовые качества зерна, повышает питательную ценность углеводного и протеинового комплексов (Чухина О.В. и Демидова А.И., 2019). Его поедаемость животными выше в сравнении с цельным измельчённым зерном. Кроме того, доказано, что плющенное зерно полнее усваивается организмом животных (Sutherland BD et al., 2020). Это связано с частичным разрушением, растворением протеиновых оболочек крахмальных зёрен в результате биохимических и микробиологических процессов. Также происходит ферментативное расщепление и декстринизация крахмала. Всё это повышает питательную ценность и усвояемость корма (Bikel D et al., 2020), заметно увеличиваются продуктивность, качество получаемого молока и мяса (Huuskonen A et al., 2021). Ещё одним существенным преимуществом технологии консервирования плющеного зерна является возможность его уборки в стадии восковой спелости при влажности до 40 %, когда питательная ценность зерновых – максимальная (Чухина О.В. и Демидова А.И., 2019).

Технологические операции при консервировании сырого зерна во многом сходны с силосованием. Вместе с тем естественная консервируемость (силосуемость) зерна существенно ниже, чем у силосных трав, имеющих высокую влажность, повышенное содержание сахаров и достаточное для эффективного подкисления массы количество молочнокислых бактерий в составе эпифитной микрофлоры (Емельянова Е.В. и Кучин Н.Н., 2020). В составе эпифитной микрофлоры сырого зерна молочнокислые бактерии присутствуют в небольшом количестве, и их развитие сдерживается высоким содержанием сухого вещества, при котором они испытывают осмотический стресс. В результате при влажности зерна 36 % максимальная численность молочнокислых бактерий образуется на третьи сутки, при 26 % – только на седьмые сутки. При этом продуцировать молочную кислоту они начинают только после достижения численности  $10^9$ - $10^{10}$  КОЕ/г. Таким образом, влажность массы плющеного зерна напрямую влияет на микробную активность. Чем суше зерно, тем менее интенсивно протекают процессы брожения (Franco M et al., 2022). Это приводит к затягиванию процесса подкисления. Следует отметить, что высокое содержание сухого вещества и легко-

сбраживаемых углеводов плющеного влажного зерна является идеальным субстратом для развития дрожжей и плесени, которое приводит к снижению качества готового корма.

Для удовлетворительного сохранения сырого зерна концентрация кислорода в межзерновом пространстве не должна превышать 1 %. Этот уровень концентрации кислорода при нормальной температуре массы и её влажности около 24 % достигается за 2-3 дня. Оптимальной для заготовки консервированного плющеного зерна считается влажность 25-40 % (Коновалова Н.Ю. и Коновалова С.С., 2018). При повышенной влажности зерна (выше 40 %) потери при комбайнировании увеличиваются до 20 %.

При понижении влажности до 18 % минимальная концентрация кислорода в зерновой массе устанавливается лишь через 9-10 недель. Кроме того, стоит учитывать: чем суше зерно (более 70 % СВ), тем хуже оно заквашивается (рН=5,3-5,8) (Попов В.В., 2018). С экономической точки зрения нецелесообразно консервировать зерно с влажностью 20 % и менее (Симонов Г.А. и др., 2023). Для этого требуется значительное увеличение дозировки консерванта и дополнительное увлажнение, что приводит к повышению себестоимости корма. Кроме того, ужесточаются требования к герметизации хранилища. В таком физиологическом состоянии зерновая масса плохо трамбуется, что приводит к наличию «воздушных мешков», создающих очаги плесени и гниения.

Химические консерванты хорошо угнетают патогенную микрофлору и жизнеспособность зерна (Rinne M et al., 2022). Консервированный корм может храниться достаточно долго при условии качественной трамбовки и наличии герметичных условий (Sun L et al., 2021). В противном случае наблюдается повышение температуры в массе, развитие плесени и гнили, появляется буроватый цвет и снижается питательность зерна (Федак Н. и др., 2020). Как правило, основу химического консервирования составляют органические кислоты, которые являются составной частью обмена веществ животных – пропионовая, муравьиная и уксусная кислоты (Цыкунова О.В. и Кодчилова Н.А., 2020). Они обладают хорошими фунги- и бактерицидными свойствами. Их использование позволяет снизить отрицательное влияние вторичной ферментации, возникающей после открытия хранилища. Однако их применение является достаточно дорогостоящим.

Применение бактериальных препаратов экономичнее и менее агрессивное химических (Моисеева М.О. и др., 2021). Проведённые исследования (Федак Н. и др., 2020) отмечают положительный эффект от использования бактериальных препаратов при консервировании влажного плющеного зерна. Закваски оказывают положительный эффект, населяя зерновую массу гомоферментативной молочнокислой микрофлорой, что сокращает сроки образования молочной кислоты. Однако на её продуцирование требуется время. Поэтому на первом этапе консервирования необходимо обеспечить бактерицидное воздействие, чтобы сдержать параллельное развитие эпифитной патогенной микрофлоры. Кроме того, у них небольшой срок хранения (от 1 до 2 лет). Содержание сухого вещества и протеина в образцах, заготовленных с химическим консервантом, выше, чем с бактериальными препаратами. Содержание грибов и дрожжей при химическом консервировании зерна в 2 раза ниже, что делает его более аэробно стабильным.

#### **Цель исследования.**

Определить качество процессов брожения при консервировании плющеного сырого зерна ячменя с химическим и бактериальными препаратами и их комбинациями в различных соотношениях.

#### **Материалы и методы исследования.**

**Объект исследования.** Процессы брожения при консервировании плющеного влажного ячменя под влиянием химического и бактериального препаратов и их различных соотношений.

**Схема эксперимента.** Лабораторные исследования по консервированию плющеного зерна ячменя проведены на базе Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. Ранее эффективность двухфазного способа консервирования доказана нами при силосовании козлятника восточного (Патент RU 2614799) (Kosolapova E et al., 2021). Влажное плющенное зерно ячменя со средней влажностью 26,1 % заготовлено в 2020 году в сельскохозяйственной организации ООО «ВПМ» Кстовского района Нижегородской области.

Химический состав ячменя, заложенного на хранение по схеме эксперимента, представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав исходной массы, % от абс. СВ  
Table 1. Chemical composition of the initial mass, % of abs. SW

Наименование сырья / Raw material	Сухое вещество / Dry matter	Сырые питательные вещества / Raw nutrients				БЭВ / NFE	Углеводы / Carbohydrates	
		протеин / Protein	клетчатка / Cellulose	жир / fat	зола / ash		сахар / sugar	крахмал / starch
Ячмень / Barley	73,90	12,10	5,11	1,58	2,75	78,5	5,13	40,26

Сырое зерно содержало оптимальное для проведения консервирования количество сухого вещества (СВ). Основные показатели химического состава в основном соответствовали средним справочным показателям стандартного ячменя. Некоторые отклонения в содержании крахмала и сахара связаны с уборкой зерна в фазу неполной спелости.

Плющение зерна в хозяйстве проводили на вальцовой мельнице (плющилке) ПВЗ-10 (Белоруссия). Толщина хлопьев находилась в пределах, предусмотренных для скармливания КРС (1,0-1,8 мм). Готовая зерновая масса в лабораторных условиях раскладывалась тонким слоем и обрабатывалась консервантами в соответствии с установленной схемой их внесения (табл. 2).

Для обработки зерна использованы химический и биологический консервирующие препараты. Химический консервант Текацид (ООО «ТекноФид», Россия) в своём составе содержит муравьиную кислоту (52 %), формиат натрия (7 %), пропионовую кислоту (18 %) и воду (23 %). Рекомендуемая доза внесения – 5 л/т.

Бактериальный препарат Биосил НН (ООО «НОРМА-НН», Россия) представляет собой жидкость жёлто-коричневатого цвета, включающую микробную биомассу гомоферментативных осмоферментативных молочнокислых микроорганизмов, состоящих из *Lactococcus lactis* (L. Lactis) и *Lactobacillus casei* (L. Casei) в соотношении 1:1. Рекомендуемая норма внесения – 1 л/40 т.

Схема опыта, состав и концентрация применяемых растворов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Состав и доза консервирующих растворов  
Table 2. Composition and dose of preservative solutions

Вариант / Option	Состав растворов / Composition of solutions	Дозы, мл / Doses, ml	Расход растворов мл/кг / Consumption of solutions ml/kg
К <sub>0</sub>	Без препаратов / Without drugs	0	0
К <sub>1</sub>	Вода+Биосил НН / Water+Biosil NN	400+1	10
К <sub>2</sub>	Вода+Текацид / Water+Tekacid	5+5	10
О <sub>1</sub>	Вода+Текацид+Биосил НН* / Water+Tekacid+ Biosil NN*	5+5+5*	15
О <sub>2</sub>	Вода+Текацид+Биосил НН* / Water+Tekacid+ Biosil NN*	7+3+ 5*	15
О <sub>3</sub>	Вода+Текацид+Биосил НН* / Water+Tekacid+ Biosil NN*	8,5+1,5+5*	15

Примечание: \* – Доза Биосила НН, 5 мл берётся от разведённого водой в соотношении 1:400 препарата. К<sub>0</sub> – контрольный вариант ячменя без внесения консервантов. К<sub>1</sub> – вариант зерна, заготовленный с бактериальным препаратом, К<sub>2</sub> – вариант зерна, заготовленный с химическим консервантом Текацид, варианты О<sub>1</sub>-О<sub>3</sub> – образцы зерна, заготовленные путём комбинирования бактериального и химического препаратов в установленных пропорциях.

Note: \* –The dose of Biosil NN, 5 ml is taken from the drug diluted with water in a ratio of 1:400. К<sub>0</sub> is a control variant of barley without the addition of preservatives. К<sub>1</sub> - grain variant prepared with a bacterial preparation, К<sub>2</sub> - grain variant prepared with the chemical preservative Tekacid, options О<sub>1</sub>-О<sub>3</sub> - grain samples prepared by combining bacterial and chemical preparations in established proportions.

Рабочие растворы готовились непосредственно перед их использованием. Образцы в трёхкратной повторности закладывались в лабораторные ёмкости (стеклянные банки) объёмом 1 литр и герметично закрывались. После шести месяцев хранения ёмкости вскрывались для проведения лабораторных исследований.

**Оборудование и технические средства.** Лабораторные исследования по количественному определению активной кислотности и органических кислот в опытных образцах корма проведены в Федеральном Центре агрохимической службы «Нижегородский» (г. Нижний Новгород). Значение рН определяли по ГОСТ 26180-84 «Корма. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности (рН)». Количество органических кислот – молочной, уксусной и масляной – основных продуктов брожения, по которым можно судить о качестве корма, находили по методике ГОСТ Р 56373-2015 «Корма и кормовые добавки. Определение массовой доли органических кислот методом капиллярного электрофореза». Определение качества готового консервированного зерна ячменя осуществляли в соответствии с ГОСТ 58425-2019 «Зерно плющенное консервированное. Технические условия». Повторность всех анализов – трёхкратная.

**Статистическая обработка.** Обработка полученных данных проводилась на основании методов вариационной статистики – дисперсионного и регрессионного анализа. Достоверность результатов устанавливали с использованием t-критерия Стьюдента. Достоверными считали результаты при  $P \leq 0,05$ . Расчёты осуществляли с использованием офисного программного обеспечения «Microsoft Excel 2019» («Microsoft», США). Корреляционный анализ нахождения взаимосвязи между содержанием сухого вещества и продуктами брожения проводили по Пирсону.

#### **Результаты исследований.**

Качество брожения при консервировании влажного плющеного зерна обусловлено воздействием вносимых препаратов, которые позволяют корректировать активную кислотность за счёт накопления органических кислот в ходе химических и микробиологических процессов, протекающих в зерновой массе. При этом важны не только массовая доля органических кислот – молочной, уксусной и масляной, но и их процентное соотношение.

Согласно ГОСТ 58425-2019 «Зерно плющенное консервированное. Технические условия» определение класса качества плющеного зерна предполагает определение рН и доли масляной кислоты, которые не должны превышать 4,6; 4,8; 5 и 0,05; 0,10; 0,20 для 1, 2 и 3 классов соответственно. При этом наличие в силосе масляной кислоты крайне нежелательно, так как при её образовании масса приобретает неприятный запах, снижается поедаемость корма животными.

Полученные и математически обработанные результаты исследований основных показателей опытных образцов, характеризующих качество брожения, представлены в таблице 3.

В процессе консервирования и хранения в зерне увеличивалось содержание сухого вещества в среднем на 2,3 % по сравнению с исходным значением (табл. 1). Наивысшего значения содержание сухого вещества достигло в зерне с химическим консервантом Текацид (табл. 3). По отношению к исходному оно повысилось на 3,8 % (или 29 г/кг). Примерно на том же уровне оно оказалось в контрольном варианте, а также в вариантах с биопрепаратом Биосил НН и комбинированным составом препарата, в который химический консервант включили в максимальной дозе. Можно предположить, что в этих вариантах опыта микробиологические и биохимические реакции в процессе консервирования протекали с поглощением наибольшего количества воды, т. е. более активно.

Превосходство зерна данных вариантов опыта по содержанию сухого вещества над зерном, законсервированным комбинированным внесением биологического и химического препаратов при дозе Текацида 3 и 1,5 л/т, составило от 4 до 13 г/кг. Наибольшие отклонения содержания сухого вещества от среднего значения отмечены в контрольном варианте, поэтому по сравнению с другими вариантами опыта разница средних значений у этого варианта статистически недостоверна (табл. 3).

Таблица 3. Содержание сухого вещества, кислотность и продукты брожения в консервированном плющеном зерне  
Table 3. Dry matter content, acidity and fermentation products in preserved rolled grains

Вариант опыта / <i>Experience Variant</i>	Сухое вещество (СВ), % / <i>Dry matter (DM), %</i>	рН	Органические кислоты, г/кг СВ / <i>Organic acids, g/kg DM</i>			
			всего / <i>Total</i>	в том числе / <i>including</i>		
				молочная / <i>dairy</i>	уксусная / <i>acetic</i>	масляная / <i>oily</i>
К <sub>0</sub>	76,7±0,47	5,8±0,00	3,2±0,2	1,8±0,2	0,0±0,0	1,4±0,1
К <sub>1</sub>	76,4±0,34	5,5±0,07*	4,5±1,5	2,1±0,2	1,6±0,3*	0,8±0,1*
К <sub>2</sub>	76,8±0,03	5,2±0,03*	2,9±0,1	1,0±0,2*	1,0±0,1*	0,9±0,1*
О <sub>1</sub>	76,1±0,06	5,0±0,03*	4,1±0,0*	1,7±0,1	1,4±0,2*	1,0±0,2
О <sub>2</sub>	75,7±0,12	5,2±0,00*	3,6±0,4	1,9±0,3	1,0±0,1*	0,7±0,1*
О <sub>3</sub>	75,5±0,33	5,1±0,20*	4,5±0,3*	2,5±0,2*	1,4±0,6	0,6±0,2*
<b>Среднее / <i>Average</i></b>	<b>76,2±0,52</b>	<b>5,3±0,30</b>	<b>3,8±0,68</b>	<b>1,8±0,50</b>	<b>1,1±0,58</b>	<b>0,9±0,28</b>

Примечание: \* – P≤0,05

Note: \* – P≤0.05

Сохранность консервированного сырого зерна напрямую зависит от степени подкисления. Лучше остальных подкислённым оказалось зерно в варианте с двухфазным внесением консервантов с максимальной дозой Текацида (доза 1). По этому показателю оно соответствовало 3 классу качества. Сохранность сырого зерна в остальных вариантах опыта целиком и полностью зависела от консервирующего средства, применяемого при закладке на хранение. Достаточно близкими к предыдущему варианту значениями рН отмечено также зерно, обработанное Текацидом и остальными его смесями с Биосилом НН. Зерно остальных вариантов опыта, особенно контрольного, по этому показателю было за пределами требований к классным кормам (табл. 3). При этом низкая эффективность молочнокислой закваски Биосил НН по влиянию на степень подкисления обусловлена высоким содержанием сухого вещества в зерне, при котором даже осмоферментные штаммы теряют свою активность.

Подкисление любого консервируемого сырья зависит от общего и относительного содержания органических кислот. Наибольшее равное количество органических кислот в нашем опыте было определено в варианте консервирования зерна комбинированным препаратом с дозой Текацида 1,5 л/т и молочнокислой закваской. Это может быть связано с более бурными процессами брожения при консервировании. Другие составы смешанного препарата также накапливали значительное количество органических кислот, занимая промежуточное положение по этому показателю. Ограниченное кислотообразование отмечено при самоконсервировании зерна или закладки его на хранение без обработки. В наибольшей мере кислотообразование, в том числе и молочнокислое брожение, тормозилось применением химического консерванта (табл. 3). Это подтверждается данными относительно содержания молочной кислоты.

Молочная кислота отличается наибольшей подкисляющей способностью среди кислот брожения. Высокий уровень молочной кислоты гарантирует хорошую сохранность корма. Её низкое содержание означает недостаток сахаров в массе или же указывает на то, что в массу проникает кислород. Самое высокое содержание молочной кислоты установлено в образце с двухфазным внесением препаратов с минимальной дозой Текацида. По этому показателю оно достоверно превосходит как контрольный вариант, так и вариант с Биосил НН, что подтверждает наше предположение об эффективности комбинированного применения бактериального и химического препаратов.

Когда анаэробно хранящиеся корма разгерметизируются для скармливания, создаются предпосылки для их порчи. Чтобы зерновая масса не разогрелась, необходима её аэробная ста-

бильность. Такой стабильностью обладают консервированные корма, в состав продуктов брожения которых входят, прежде всего, пропионовая и уксусная кислоты. Пропионовая кислота образуется при брожении в очень незначительных количествах, тогда как уксусная кислота может занимать в них существенную долю. Однако когда её слишком много, корм будет плохо поедаться животными.

Наиболее высокое содержание уксусной кислоты отмечено в зерне с биопрепаратом. Вероятно, это обусловлено тем, что один из компонентов этой добавки (*L. casei*) относится к факультативным гомоферментативным бактериям и в определённых условиях может осуществлять гетероферментативное молочнокислое брожение. Не исключено также наличие гетероферментативных видов молочнокислых бактерий в составе эпифитной микрофлоры. Значительное количество уксусной кислоты обнаружено также в зерне с первой и третьей смесями химического и биологического препаратов (табл. 3).

Качество консервированных методом брожения кормов в значительной мере определяется содержанием масляной кислоты. Её наличие в корме крайне нежелательно из-за приобретения им неприятного запаха и снижения поедаемости животными. В классном плющеном консервированном зерне, согласно требованиям ГОСТа 58425-2019, её не должно быть более 2 г/кг сухого вещества. В нашем случае всё зерно по этому показателю оказалось классным. Однако близкими к требованиям 1 класса качества было только лишь зерно со 2 и 3 составами смесей. При этом в зерне без добавок содержание масляной кислоты было достоверно выше, чем в большинстве вариантов с добавками (табл. 3).

Качественную характеристику процессов брожения зримо передаёт информация о соотношении в составе продуктов брожения органических кислот, поскольку в хорошем корме молочной кислоты должно быть не просто много, а она должна преобладать над другими кислотами, а доля масляной кислоты должна быть сведена к минимуму, а лучше полностью отсутствовать. Как можно наглядно убедиться (рис. 1), более 50 % в составе кислот брожения молочная кислота занимала в зерне контрольного варианта и со 2 и 3 составами смесей.

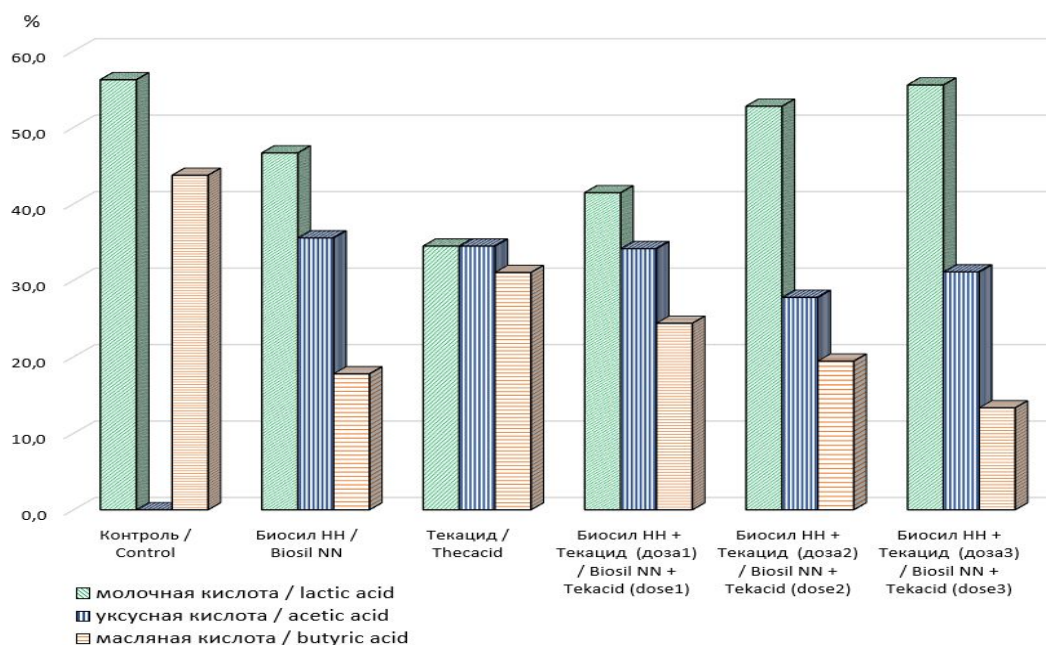


Рис. 1 – Процентное соотношение органических кислот, образовавшихся в процессе брожения зерновой массы во всех опытных образцах

Figure 1 - The percentage of organic acids formed during the fermentation of the grain mass in all experimental samples

Однако в контрольном варианте оставшиеся 44 % составляла масляная кислота, что говорит о значительном присутствии в этом варианте нежелательных типов брожения. В зерне со смесями её доля колебалась от 13 до 19 %, а 28-31 % составляла уксусная кислота. Это предполагает наличие надёжного препятствия для аэробной порчи кормов.

Примерно равными долями распределились кислоты брожения в зерне с химическим консервантом Текацид. Вероятно, это связано с торможением процессов брожения и с дополнительным внесением органических кислот в составе препарата. Сходная картина наблюдалась и при использовании смеси консервантов с максимальной дозой Текацида.

Корреляционный анализ по Пирсону, проведённый по результатам исследований, показал характерные взаимосвязи между содержанием сухого вещества и продуктами брожения. Так, установлена обратная достоверная взаимосвязь между содержанием сухого вещества и размером общего кислотообразования ( $r=-0,52$ ;  $P\leq 0,02$ ), тогда как синтез масляной кислоты при этом достоверно увеличивался ( $r=0,50$ ;  $P\leq 0,05$ ). Отмечена прямая взаимосвязь между размером образования молочной кислоты с общим кислотообразованием ( $r=0,53$ ;  $P\leq 0,02$ ) и его торможением при активизации маслянокислого брожения ( $r=-0,45$ ;  $P\leq 0,05$ ). Уксусная кислота, благодаря её значительной доле в составе кислот брожения, высоко достоверно и положительно влияла на степень подкисления сырого зерна ( $r=-0,92$ ;  $P\leq 0,01$ ), тогда как увеличение размеров образования масляной кислоты имело обратное действие ( $r=0,61$ ;  $P\leq 0,01$ ), что обусловило обратную взаимосвязь между размерами содержания этих кислот ( $r=-0,72$ ;  $P\leq 0,01$ ).

#### **Обсуждение полученных результатов.**

Качество консервирования определяется накоплением органических кислот, образующихся в процессе молочнокислого брожения, и их соотношением. Поскольку состав и свойства зерновой массы существенно отличаются от вегетативной массы растений, велика вероятность того, что биохимические и микробиологические процессы, происходящие при его консервировании, имеют определённые особенности. На правомерность такого предположения отчасти указывают и результаты нашего исследования. Сходство этих процессов с силосованием, по результатам корреляционного анализа показателей процессов брожения, заключается в том, что повышение содержания сухого вещества в консервируемом материале приводило к снижению кислотообразования (Frasco M et al., 2022), а следовательно, и содержания молочной кислоты в готовом корме. Отличием является то, что одновременно с этим происходит увеличение синтеза масляной кислоты, поскольку клостридии менее осмотолерантны по сравнению с молочнокислыми бактериями. Вероятно, в отличие от растений на ранних стадиях развития в сыром зерне имеются лучшие условия для их роста и развития. Другим сходством микробиологических процессов при консервировании зелёной массы и сырого зерна была определяющая зависимость общего кислотообразования от размеров синтеза молочной кислоты. Увеличение содержания молочной кислоты в составе кислот брожения сопровождалось ростом общего кислотообразования, тогда как маслянокислое брожение тормозило эти процессы.

В образцах с бактериальными заквасками содержание молочной кислоты и её относительное содержание выше, чем в образцах с химическим препаратом, поскольку дополнительное внесение молочнокислых бактерий создаёт их численное превосходство и инициирует продуцирование молочной кислоты в более короткие сроки. Аналогичные результаты приводятся и другими авторами (Федак Н. и др., 2020).

Анализ состава продуктов брожения показывает, что при консервировании сырого зерна с высоким содержанием сухого вещества процессы гетероферментативного молочнокислого брожения преобладали над гомоферментативным. Об этом говорит значительный выход уксусной кислоты, которая оказывает определяющее влияние на подкисление консервируемого зерна: чем больше



в его составе накапливалось уксусной кислоты, тем лучше оно было подкислённым. И, напротив, чем выше было в зерне содержание масляной кислоты, тем хуже оно было подкислённым. В этом также заключается отличие от консервирования зелёной массы с высоким содержанием сухого вещества, у которых, по данным Победнова Ю.А. и Мамаева А.А. (2019), степень гомоферментативности молочнокислого брожения повышается при росте уровня содержания сухого вещества, а основным продуктом брожения и фактором подкисления является молочная кислота. Такой ход микробиологических процессов повышает бактерио- и фунгицидные свойства продуктов брожения, о чём свидетельствует высоко достоверная обратная корреляционная взаимосвязь между содержанием уксусной и масляной кислот.

Влияние отдельных препаратов и их смесей на качество брожения консервируемого сырого фуражного зерна оказалось различным. Лучшие результаты были получены от применения смеси препаратов бактериального Биосил НН с минимальной дозой химического консерванта Текацид.

Положительное влияние комбинации бактериального препарата с химическими консервантами на качество брожения при силосовании козлятника восточного нами было доказано ранее (Kosolarova E et al., 2021). Сходные результаты получены и другими авторами (Пиллюк Н.В. и др., 2018; Позднякова В.Ф. и др., 2020). В данном исследовании в консервированном подобными препаратами зерне синтезировалось максимальное количество молочной кислоты и минимальное – масляной, т. е. улучшалось качество брожения.

#### **Заключение.**

Проведённые исследования показали, что наиболее благоприятное влияние на качество брожения при консервировании сырого плющеного зерна ячменя оказало использование для его обработки смеси химического консерванта Текацид в дозе 1,5 л/т с молочнокислой закваской Биосил НН. С увеличением дозы химического консерванта и его использовании в чистом виде степень подкисления зерна и содержание в нём сухого вещества повышались.

#### **Список источников**

1. Емельянова Е.В. Кучин Н.Н. Степень подкисления сырого фуражного зерна ячменя в зависимости от условий консервирования // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 49-57. [Emelyanova EV, Kuchin NN. Degree of acidification of raw fodder grain depending on preservation conditions. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2020;5:49-57. (*In Russ.*)]. doi: 10.26897/0021-342X-2020-5-49-57
2. Коновалова Н.Ю., Коновалова С.С. Влияние сроков уборки зерновых культур на продуктивность и качество полученного зернофуража в условиях Европейского Севера России // Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 1(29). С. 46-56. [Konovalova NYu, Konovalova SS. Influence of harvesting time of cereal crops on the productivity and the quality of the forage in the conditions of the European North of Russia. Dairy Farming Journal. 2018;1(29):46-56. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/2225-4269-2018-00005
3. Определение влажности фуражного зерна при его производстве / Г.А. Симонов, В.Е. Никифоров, А.В. Маклахов, З.Н. Хализова, А.Г. Симонов // Эффективное животноводство. 2023. № 4(186). С. 92-94. [Simonov GA, Nikiforov VE, Maklakhov AV, Khalizova ZN, Simonov AG. Opredelenie vlazhnosti furazhnogo zerna pri ego proizvodstve. Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2023;4(186):92-94. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/cl-33489-2023-4-92-94
4. Питательность злаково-бобовых силосов с использованием биолого-химических консервантов / Н.В. Пиллюк, Е.П. Ходаренок, А.С. Вансович, А.А. Курепин, Т.В. Апанович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. в двух частях. 2018. Вып. 21. Ч. 1. С. 201-207. [Pilyuk NV, Khodarenok EP, Vansovich AS, Kurepin AA, Apanovich TV. Pitatel'nost' zlako-

vo-bobovykh silosov s ispol'zovaniem biologo-khimicheskikh konservantov. Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sb. nauch. tr. v dvukh chastyakh. 2018;21(1):201-207. *(In Russ.)*.

5. Победнов Ю.А., Мамаев А.А. Интенсивность спиртового брожения в зависимости от степени подсушивания травы, наличия сахара, а также его роль в возникновении аэробной порчи силоса и сенажа // *Адаптивное кормопроизводство*. 2019. № 1(37). С. 55-67. [Pobedinov YuA, Mamaev AA. Intensity of alcoholic fermentation, depending on the degree of grass drying, the availability of sugar, as well as its role in the occurrence of aerobic spoilage of silage and haylage. *Adaptive Fodder Production*. 2019;1(37):55-67. *(In Russ.)*. doi: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2019-1-56-68>

6. Позднякова В.Ф., Латышева О.В., Иванов А.В. Сокращение экономических потерь с помощью применения консервантов Фермасил и Витасил в условиях современного промышленного молочного комплекса // *Эффективное животноводство*. 2020. № 4(161). С. 52-54. [Pozdnyakova VF, Latysheva OV, Ivanov AV. Sokrashchenie ekonomicheskikh poter' s pomoshch'yu primeneniya konservantov Fermasil i Vitasil v usloviyakh sovremennogo promyshlennogo molochnogo kompleksa. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2020;4(161):52-54. *(In Russ.)*. doi: 10.24411/9999-007A-2020-10022

7. Попов В.В. Зерно плющенное консервированное: технология, качество, эффективность // *Адаптивное кормопроизводство*. 2018. № 3. С. 63-82. [Popov VV. Rolled preserved grain: technology, quality, efficacy. *Adaptive Fodder Production*. 2018;3:63-82. *(In Russ.)*.

8. Способ консервирования зеленой массы: патент 2614799 Рос. Федерация / Кучин Н.Н., Косолапова Е.В., Косолапов В.В. Заявл. 24.06.15; опубл. 10.01.17, Бюл. № 1. [Kuchin NN, Kosolapova E.V., Kosolapov V.V. Sposob konservirovaniya zelenoi massy: patent 2614799 Ros. Federatsiya. Zayavl. 24.06.15; opubl. 10.01.17, Byul. № 1. *(In Russ.)*.

9. Цыкунова О.В., Кодочилова Н.А. Эффективность применения химических и биологического препаратов для консервирования плющеного зерна ячменя в условиях Нижегородской области // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020. Т. 63. № 6(378). С. 83-85. [Tsykunova OV, Kodochilova NA. Efficiency of the application chemical and biological preparations for canning of flattened grain of barley in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *International Agricultural Journal*. 2020;63(6)(378):83-85. *(In Russ.)*] doi: 10.24411/2587-6740-2020-16121

10. Чухина О.В., Демидова А.И. Влияние добавки отавы многолетних трав к плющеному зерну ярового ячменя для хранения его в герметичных условиях // *Молочнохозяйственный вестник*. 2019. № 1(33). С. 59-69. [Chukhina OV, Demidova AI. The effect of adding perennial grasses of the second moving to the flattened spring barley grain for its storage in air-tight conditions. *Dairy Farming Journal*. 2019;1(33):59-69. *(In Russ.)*. doi: 10.24411/2225-4269-2019-00006

11. Эффективность использования биологических консервантов при силосовании влажного плющеного зерна кукурузы и провяленного клевера / М.О. Моисеева, Т.М. Шлома, Н.Н. Зенькова и др. // *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2021. Т. 57. № 1. С. 103-108. [Moiseeva MO, Shloma TM, Zenkova NN et al. Efficiency of the use of biological preservatives in ensilement of wet crimped corn and air-dried clover. *Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*. 2021;57(1):103-108. *(In Russ.)*. doi: 10.52368/2078-0109-2021-57-1-103-108

12. Эффективность применения пробиотиков при консервировании зернофуража повышенной влажности / Н. Федак, С. Чумаченко, Л. Дармограй, Н. Кравченко // *Știința Agricolă*. 2020. № 1. С. 167-172. [Fedak N, Chumachenko S, Darmogray L, Kravchenko N. Effectiveness of probiotics use in the preservation of fodder grain of high-humidity. *Știința Agricolă*. 2020;1:167-172. *(In Russ.)*. doi 10.5281/zenodo.3911647

13. Bikel D et al. Nutritive value for high-yielding lactating cows of barley silage and hay as a substitute for wheat silage and hay in low-roughage diets. *Animal Feed Science and Technology*. 2020;265:114498. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114498

14. Franco M, Tapio I, Rinne M. Preservation characteristics and bacterial communities of crimped ensiled barley grains modulated by moisture content and additive application. *Front Microbiol*. 2022;13:1092062. doi: 10.3389/fmicb.2022.1092062

15. Huuskonen A, Rinne M, Manni K. Effects of different barley grain preservation techniques on intake, growth and carcass traits of finishing dairy bulls fed grass silage-based rations. *J Agric Sci.* 2021;158(8-9):748-755. doi: 10.1017/S0021859621000022
16. Kosolapova E, Kuchin N, Kosolapov V et al. Energy-saving technology of high-protein silage preservation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. Voronezh, 26-29 February 2020.* 2021;640:032038. doi: 10.1088/1755-1315/640/3/032038
17. Rinne M et al. Effects of grass silage additive type and barley grain preservation method on rumen fermentation, microbial community and milk production of dairy cows. *Agriculture.* 2022;12(2):266. doi: 10.3390/agriculture12020266
18. Sun L, Na N, Li X, Li Z, Wang C, Wu X, Xiao Y, Yin G, Liu S, Liu Z, Xue Y, Yang F. Impact of packing density on the bacterial community, fermentation, and in vitro digestibility of whole-crop barley silage. *Agriculture.* 2021;11(7):672. doi: 10.3390/agriculture11070672
19. Sutherland BD, Johnson JA, McKinnon JJ, McAllister TA, Penner GB. Use of barley silage or corn silage with dry-rolled barley, corn, or a blend of barley and corn on predicted nutrient total tract digestibility and growth performance of backgrounding steers. *Canadian Journal of Animal Science.* 2020;101(1):62-70. doi: 10.1139/cjas-2019-0198

### References

1. Emelyanova EV, Kuchin NN. Degree of acidification of raw fodder grain depending on preservation conditions. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2020;5:49-57. doi: 10.26897/0021-342X-2020-5-49-57
2. Konovalova NYu, Konovalova SS. Influence of harvesting time of cereal crops on the productivity and the quality of the forage in the conditions of the European North of Russia. *Dairy Farming Journal.* 2018;1(29):46-56. doi: 10.24411/2225-4269-2018-00005
3. Simonov GA, Nikiforov VE, Maklakhov AV, Khalizova ZN, Simonov AG. Determination of the moisture content of fodder grain during its production. *Effective Animal Husbandry.* 2023;4(186):92-94. doi: 10.24412/cl-33489-2023-4-92-94
4. Pilyuk NV, Khodarenok EP, Vansovich AS, Kurepin AA, Apanovich TV. Nutritional value of cereal and legume silos using biological and chemical preservatives. *Actual Problems of Intensive Development of Animal Husbandry: Collection of Works in Two Parts.* 2018;21(1):201-207.
5. Pobedinov YuA, Mamaev AA. Intensity of alcoholic fermentation, depending on the degree of grass drying, the availability of sugar, as well as its role in the occurrence of aerobic spoilage of silage and haylage. *Adaptive Fodder Production.* 2019;1(37):55-67. doi: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2019-1-56-68>
6. Pozdnyakova VF, Latysheva OV, Ivanov AV. Reducing economic losses through the use of Fermasil and Vitasil preservatives in a modern industrial dairy complex. *Effective Animal Husbandry.* 2020;4(161):52-54. doi: 10.24411/9999-007A-2020-10022
7. Popov VV. Rolled preserved grain: technology, quality, efficacy. *Adaptive Fodder Production.* 2018;3:63-82.
8. Kuchin NN, Kosolapova EV, Kosolapov VV. Green mass preservation method: patent 2614799 Rus. Federation. Appl. 06/24/15; opubl. 01/10/17, Bull. No. 10.
9. Tsykunova OV, Kodochilova NA. Efficiency of the application chemical and biological preparations for canning of flattened grain of barley in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *International Agricultural Journal.* 2020;63(6)(378):83-85. doi: 10.24411/2587-6740-2020-16121
10. Chukhina OV, Demidova AI. The effect of adding perennial grasses of the second moving to the flattened spring barley grain for its storage in air-tight conditions. *Dairy Farming Journal.* 2019;1(33):59-69. doi: 10.24411/2225-4269-2019-00006

11. Moiseeva MO, Shloma TM, Zenkova NN et al. Efficiency of the use of biological preservatives in ensiling of wet crimped corn and air-dried clover. Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine". 2021;57(1):103-108. doi: 10.52368/2078-0109-2021-57-1-103-108
12. Fedak N, Chumachenko S, Darmogray L, Kravchenko N. Effectiveness of probiotics use in the preservation of fodder grain of high-humidity. *Știința Agricolă*. 2020;1:167-172. doi: 10.5281/zenodo.3911647
13. Bikel D et al. Nutritive value for high-yielding lactating cows of barley silage and hay as a substitute for wheat silage and hay in low-roughage diets. *Animal Feed Science and Technology*. 2020;265:114498. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114498
14. Franco M, Tapio I, Rinne M. Preservation characteristics and bacterial communities of crimped ensiled barley grains modulated by moisture content and additive application. *Front Microbiol*. 2022;13:1092062. doi: 10.3389/fmicb.2022.1092062
15. Huuskonen A, Rinne M, Manni K. Effects of different barley grain preservation techniques on intake, growth and carcass traits of finishing dairy bulls fed grass silage-based rations. *J Agric Sci*. 2021;158(8-9):748-755. doi: 10.1017/S0021859621000022
16. Kosolapova E, Kuchin N, Kosolapov V et al. Energy-saving technology of high-protein silage preservation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. Voronezh, 26-29 February 2020. 2021;640:032038. doi: 10.1088/1755-1315/640/3/032038
17. Rinne M et al. Effects of grass silage additive type and barley grain preservation method on rumen fermentation, microbial community and milk production of dairy cows. *Agriculture*. 2022;12(2):266. doi: 10.3390/agriculture12020266
18. Sun L, Na N, Li X, Li Z, Wang C, Wu X, Xiao Y, Yin G, Liu S, Liu Z, Xue Y, Yang F. Impact of packing density on the bacterial community, fermentation, and in vitro digestibility of whole-crop barley silage. *Agriculture*. 2021;11(7):672. doi: 10.3390/agriculture11070672
19. Sutherland BD, Johnson JA, McKinnon JJ, McAllister TA, Penner GB. Use of barley silage or corn silage with dry-rolled barley, corn, or a blend of barley and corn on predicted nutrient total tract digestibility and growth performance of backgrounding steers. *Canadian Journal of Animal Science*. 2020;101(1):62-70. doi: 10.1139/cjas-2019-0198

**Информация об авторах:**

**Елена Валентиновна Косолапова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы и технологии», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 606340, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а; тел.: 89101385897.

**Николай Николаевич Кучин**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 606340, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а.

**Information about the authors:**

**Elena V Kosolapova**, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 22a October St., Knyaginino, 606340; tel.: 89101385897.

**Nikolai N Kuchin**, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Professor of the Department of Technical Service, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 22a October St., Knyaginino, 606340.

Статья поступила в редакцию 24.07.2023; одобрена после рецензирования 14.08.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was submitted 24.07.2023; approved after reviewing 14.08.2023; accepted for publication 11.09.2023.