

УДК 636. 085. 51

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2023-4-53-64>

## ПРИДАНИЕ АЭРОБНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ КУКУРУЗНОМУ СИЛОСУ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ КОНСЕРВИРОВАНИИ

**Н.Н. Кучин**, доктор сельскохозяйственных наук

*ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет  
606340, Россия, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22А  
[ngiei-126@mail.ru](mailto:ngiei-126@mail.ru)*

## GIVING AEROBIC STABILITY TO CORN SILAGE DURING CHEMICAL PRESERVATION

**N.N. Kuchin**, Doctor of Agricultural Sciences

*State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics  
606340, Russia, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Oktyabrskaya str., 22A  
[ngiei-126@mail.ru](mailto:ngiei-126@mail.ru)*

Аэробную стабильность кукурузному силосу, равно как и другим видам силоса, можно обеспечить химическим консервированием. В качестве химических консервантов в настоящее время используют главным образом органические кислоты и их соли. Наивысший консервирующий эффект обеспечивают недиссоциированные формы кислот. Диссоциация наиболее интенсивно проходит в среде по реакции, близкой к нейтральной, и существенно затормаживается в кислой среде. Для придания силосу аэробной стабильности химический консервант должен обладать фунгицидными и статическими свойствами, поскольку основными инициаторами аэробного разложения являются дрожжи. Из органических кислот такими свойствами в наивысшей мере обладает пропионовая кислота, в несколько меньшей — уксусная. Другими представителями органических кислот, по фунгицидным свойствам не уступающими пропионовой кислоте, являются бензойная, сорбиновая, акриловая и другие. Аналогичными свойствами обладают и соли этих кислот. Использование смесей кислот и солей значительно усиливает их консервирующее действие при условии синергического взаимодействия их компонентов. Помимо указанных смесей в последнее время установлено фунгицидное действие смеси моноглицеридов: монопропионата и монобутирата. В отличие от биопрепаратов, фунгицидное действие химических консервантов проявляется с первых дней применения.

**Ключевые слова:** кукурузный силос, аэробная стабильность, химические консерванты, органические кислоты, качество брожения, сохранность.

Aerobic stability of corn silage, as well as other types of silage, can be achieved by chemical preservation. Currently, mainly organic acids and their salts are used as chemical preservatives. The highest preservative effect is provided by undissociated forms of acids. Dissociation occurs most intensely in a reaction environment close to neutral and is significantly inhibited in an acidic environment. To give silage aerobic stability, the chemical preservative must have fungicidal and static properties, since the main initiators of aerobic decomposition are yeast. Of the organic acids, propionic acid has such properties to the

highest extent, and acetic acid to a somewhat lesser extent. Other representatives of organic acids with fungicidal properties not inferior to propionic acid are benzoic, sorbic, acrylic and others. Salts of these acids also have similar properties. The use of mixtures of acids and salts significantly enhances their preservative effect, provided that their components interact synergistically. In addition to these mixtures, the fungicidal effect of a mixture of monoglycerides: monopropionate and monobutyrate has recently been established. Unlike biological products, the fungicidal effect of chemical preservatives manifests itself from the first days of use.

**Keywords:** corn silage, aerobic stability, chemical preservatives, organic acids, fermentation quality, preservation.

Аэробное разложение силоса при проникновении воздуха в его толщу становится одной из основных причин значительных потерь питательной ценности и даже полной порчи корма, вследствие которой он становится непригодным к скармливанию. Поэтому при его приготовлении, особенно из легкосилосующегося сырья, к которому, прежде всего, относится кукуруза, большое значение придается созданию в нем аэробной стабильности, которая характеризуется отсутствием разогревания при нахождении его на открытом воздухе. Разогревание силоса инициируется микробиологическими процессами аэробной микрофлоры.

Аэробную порчу силоса вызывают, прежде всего, дрожжи. Для уменьшения их количества и улучшения аэробной стабильности используют добавки с фунгицидными свойствами [1]. Способностью предотвратить аэробную порчу силоса обладают химические консерванты с бактерицидными и фунгицидными свойствами. Из химических консервантов к таким препаратам в первую очередь относятся органические кислоты со слабой степенью диссоциации (уксусная, бензойная и пропионовая), которые рекомендуют использовать главным образом при силосовании высокосахаристой массы, где роль естественного подкис-

лителя выполняет активно протекающее в корме молочнокислое брожение. По данным М.Т. Таранова и А.Х. Сабирова [2], муравьиная кислота, вследствие высокой степени диссоциации, обладает слабыми фунгицидными свойствами. П. Мак Дональд [3] в своей монографии обозначил дрожжи, как наиболее устойчивые виды микроорганизмов к действию муравьиной кислоты в кормах.

По имеющимся данным [4], уксусная кислота лучше действует против дрожжей и плесени, чем против бактерий. Ее ингибирующему действию более подвержены термофильные бактерии и дрожжи [5], однако это действие слабее, чем у других консервантов. Полное подавление роста обычных дрожжей уксусной кислотой происходит при очень высокой дозе ее внесения (3,5–4%). На численность молочнокислых бактерий она не оказывает значительного влияния. Более того, при ее добавке наблюдается тенденция к усилению их развития [6].

Из всех жирных кислот пропионовая кислота — наиболее эффективный фунгицид. Жизнедеятельность дрожжей при достаточной дозе ее внесения подавляется в первые сутки созревания силоса, т. е. всего лишь после 24 часов хранения проявляется фунги- и бактерицидное действие. Полное подавление жизнедеятельности дрожжей происходит на тре-

тьи сутки силосования, тогда как при силосовании без консервантов она продолжается до 30 суток. Низкая константа диссоциации позволяет этой кислоте, в отличие от молочной и муравьиной, проявлять антимикробное действие и в слабокислых продуктах. Наряду с торможением роста и размножения основной массы силосной микрофлоры, пропионовая кислота почти не оказывает влияния на молочнокислые бактерии [7]. Подавление развития дрожжей этой кислотой сберегает сахар, который, однако, практически полностью сбраживается молочнокислыми бактериями благодаря интенсивному их развитию. Кроме того, в готовом силосе с этим консервантом содержалось больше белкового азота, органических кислот и каротина [6]. Следует также отметить, что пропионовая кислота частично сохраняется в силосе вплоть до начала его скармливания и затормаживает процесс аэробного разложения [8].

Вместе с тем спектр влияния пропионовой кислоты на микрофлору из-за неспецифического механизма действия не поддается строгому ограничению. Рядом микроорганизмов, например дрожжами вида *Torula*, она включается в метаболические процессы [9]. Многие виды дрожжей способны дышать в присутствии пропионовой кислоты, плесени видов *Penicillium* беспрепятственно растут на питательных средах, содержащих более 5% пропионовой кислоты и т. д. [10].

С целью придания аэробной стабильности силосу из кукурузы применялись также ароматические органические кислоты: бензойная и ее производные — салициловая (оксибензойная), антрани-

ловая (аминобензойная). Действие бензойной кислоты и ее производных направлено, в основном, против дрожжей и плесеней, в том числе образующих афлатоксин [3]. В.В. Щеглов и Л.Г. Боярский [11] подобное действие предполагали и в отношении клостридий и бактерий группы кишечной палочки. Однако по другим данным [12], эти бактерии подавляются только частично, а против молочнокислых бактерий и клостридий бензойная кислота малоэффективна. Использование бензойной кислоты и бензоатов в качестве добавок к силосу показало хорошие результаты. При использовании бензойной кислоты для консервирования зеленой массы тормозились бродильные процессы, снижалось содержание аммиака, т. е. уменьшался гидролиз белка, и повышалась сохранность сухого вещества, сахара и протеина в готовом силосе [13].

Продукты переработки бензойной кислоты — салициловая и антраниловая кислоты — редко используются на практике, поскольку по стоимости дороже, а по консервирующей эффективности не превосходят ее.

Сорбиновая кислота, относящаяся к природным консервантам, сильно подавляет рост плесеней, дрожжей и аэробных бактерий, т. е. наиболее полно отвечает решению проблемы создания аэробной стабильности силоса [14]. По консервирующей способности она превосходит летучие жирные кислоты. Одна молекула сорбиновой кислоты может нейтрализовать сразу три молекулы фермента и для консервирования одинакового сырья ее требуется в 2–3 раза меньше, чем уксусной, пропионовой и других кислот [2]. Из-за низкой констан-

ты диссоциации сорбиновая кислота, как и пропионовая, может использоваться для консервирования слабокислых продуктов с высоким значением рН [15]. В нейтральной среде оказывает слабое воздействие на молочнокислые бактерии [16] и еще более слабое — на клостридии [17]. Исследования, проведенные в нашей стране [6], показали, что сорбиновая кислота при обработке зеленых кормов в дозе 0,2–0,3% имеет такую же или чуть большую консервирующую способность, что и пропионовая кислота. При этом потери сухого вещества снижались с 12–15 до 4–5%, легкогидролизуемых углеводов — с 80–90 до 53–58 и каротина — с 31–40 до 6–12%. Однако скармливание такого силоса ухудшало азотный, белковый, липидный и углеводный обмены.

Аэробную стабильность силоса обеспечивает акриловая кислота — простейший представитель одноосновных непредельных карбоновых кислот. По данным П. Мак Дональда [3], она также может считаться потенциальной стабилизирующей добавкой к силосу, поскольку подавляет все группы бактерий, особенно грамотрицательные и спорообразующие при рН = 5,0–6,0. Ее активность примерно в 10 раз больше, чем у муравьиной кислоты. При структурной близости к пропионовой кислоте она имеет большую консервирующую силу. При обработке акриловой кислотой в силосе было меньше молочной и уксусной кислот и больше растворимых углеводов. В качестве ингибитора брожения акрилат натрия лишь немного уступает акриловой кислоте.

Наибольший фунги- и бактерицидный эффект органические кислоты про-

являют в недиссоциированной форме. Действие недиссоциированных муравьиной и пропионовой кислот на грибы и дрожжи обусловлено проникновением в клетки путем диффузии. В такой форме они, свободно распространяясь по полупроницаемой поверхности микроорганизмов, проникают через мембрану клетки в цитоплазму. Распадаясь на водород и кислотный остаток, они снижают внутренний уровень рН клетки (в норме он  $\approx 7$ ). Образующийся водород выводится из дезактивированной клетки путем активного транспорта с расходом энергии. Тем самым подавляется работа клеточных ферментов, блокируется перенос питательных элементов, нарушается обмен веществ, и микроорганизмы погибают [18].

Недиссоциированные слабые органические кислоты (уксусная, бензойная и пропионовая) проявляют сильные бактерицидные и фунгицидные свойства только при достаточно низком значении рН ( $\leq 4,0$ ). Следовательно, перечисленные химические консерванты с фунгистатическими и фунгицидными свойствами предпочтительнее использовать при силосовании легкообрабатываемого сырья, для которого характерно интенсивное молочнокислое брожение, т. к. важнейшим фактором, обеспечивающим эффективность слабых органических кислот, является продолжающееся в массе молочнокислое брожение. Этим обеспечивается быстрое подкисление корма до рН  $< 4,2$ , гарантируя его надежную сохранность при анаэробном хранении. Именно благодаря этому значительная часть внесенной слабой органической кислоты, оставаясь в недиссоциированной форме, обеспечивает стабильность корма при

его выемке из хранилищ [19–21].

Каждый из применяемых для консервирования зеленой массы химических веществ имеет свои специфические особенности, определяющие направление их использования. Для расширения сферы действия консервантов целесообразно создавать консервирующие смеси. Даже при минимальном наборе они имеют бóльшую бактери- и фунгицидную активность, чем каждый из компонентов в отдельности. При создании смесей, как минимум, рассчитывают:

- усилить консервирующее действие за счет синергического эффекта;
- кроме консервирующего эффекта обогатить корм элементами питания;
- получить более удобную в применении физическую форму препарата;
- снизить стоимость консерванта [7].

Подобным действием смеси органических кислот обладают только при отличии спектра активности их отдельных компонентов, что случается не особенно часто. Рациональное смешивание органических кислот, по данным ряда исследователей [22], повышает их консервирующее действие и на 20% сокращает дозу их внесения.

Консервирующие смеси целесообразно формировать из слабых и сильных кислот. К примеру, вносить слабую уксусную с сильной муравьиной кислотой [12], увеличивая тем самым долю недиссоциированной уксусной кислоты. Это усилит ее фунгицидные свойства, что особенно важно при консервировании сахаристых растений. Одновременно быстро будет создана необходимая кислотность для стабильного хранения корма [23]. Аналогичного эффекта, по мнению М.С. Дудкина [6], можно дос-

тичь при смешивании муравьиной кислоты с пропионовой или с формальдегидом. Такая смесь способна ингибировать дрожжевые клетки более экономичным способом. Комбинация сорбиновой и бензойной кислот некоторые бактерии ингибирует лучше, чем эти кислоты в отдельности [24]. Имеются и другие примеры получения синергического эффекта от смешивания разных химических консервантов.

Поиск наиболее эффективных форм химических консервантов, предотвращающих аэробную порчу силоса, проводится до настоящего времени. В числе последних разработок — химические консерванты финской фирмы Кемира, которая производит такие препараты (АИВ 2 Плюс, АИВ 3 Плюс и АИВ 2000 Плюс) на основе органических кислот. В их состав входит от 42,5 до 76,0% муравьиной кислоты, от 5,5 до 30,3% формиата аммония и от 14 до 18,5% воды. Поскольку АИВ 2000 Плюс рекомендуется использовать при приготовлении силоса из легкосилосуемых трав, подверженного аэробной порче, вызываемой дрожжами, в его состав дополнительно включают 10,2% пропионовой и 2,2% бензойной кислоты [25]. Потери питательных веществ при производстве силоса с этим препаратом не превышают 3–6%. Снижается содержание вредных веществ (аммиака, аминов), увеличивается сохранность витаминов (особенно каротина и витамина Е) [26]. Препарат «Промир», также состоящий из органических кислот, изготавливается шведским концерном PerstorpGroup. В состав препарата входит 43–48% муравьиной кислоты, 18–23% пропионовой кислоты и 4–8% формиата аммония. В России в на-

чале 21-го века фирма ООО «ТекноФид» возобновила выпуск химических консервантов производством препарата «Текацид», включающим 52% муравьиной, 18 пропионовой кислоты и 7% формиата натрия. Остальную долю в его составе занимает вода.

Представляется перспективным при силосовании кукурузы с початками с содержанием сухого вещества 40% использовать смеси моноглицеридов: монопропионата и монобутирата в дозах 0,5, 1,0 и 1,5% от массы сырья [27]. Увеличение дозы внесения смеси повышало аэробную стабильность силоса за счет увеличения содержания пропионовой кислоты, тормозящей развитие дрожжей и снижающей потери сухого вещества. Повышение температуры хранения снижало аэробную устойчивость силоса.

С целью обеспечения аэробной стабильности кукурузу с початками, содержащую 282 г/кг сухого вещества, обрабатывали двумя смесями консервирующих добавок — смесь 1: бензоат натрия и сорбат калия (2 л/т); смесь 2: муравьиная кислота, формиат натрия, пропионовая кислота и бензоат натрия (3 л/т) — и сравнивали с силосованием без добавок (контрольный силос). Даже при длительном воздействии воздуха во время кормления наилучшие результаты по качеству силоса и по потреблению корма были при использовании химических добавок на основе бензоата натрия и сорбата калия, которые и рекомендовано использовать для обеспечения высокого качества силосованного корма [28].

Влияние на аэробную стабильность силоса из кукурузы с содержанием 33% сухого вещества внесения химического консерванта LuproMix NA (38% пропио-

новая кислота, 34 — муравьиная кислота и 8% натрия) в дозе 0,4% сравнивали с обработкой сырья микробной комбинацией LactoSilo® Gold (*L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. buchneri*, *L. acidilactici*, *E. faecium* и *L. lactis*) в четырех разных дозах. Более эффективно аэробную устойчивость силоса из кукурузы с початками после 120 дней силосования повышала комбинация химических добавок [29]. Повышение аэробной стабильности силоса было обусловлено ингибирующим действием муравьиной и пропионовой кислот на рост грибов и дрожжей [30]. В таком силосе до 85% активности грибковой микрофлоры, по данным Selwet [31], может подавляться пропионовой кислотой.

На аэробную стабильность кукурузного силоса влияет физический барьер, создаваемый различными способами укрытия. Был проведен анализ влияния такого барьера из жмыха сахарного тростника толщиной 10 см, укрытого черной полиэтиленовой пленкой поверх белой 200 мкм, или созданного путем нанесения бензоата натрия на поверхность силосуемой массы кукурузы с содержанием сухого вещества 35% (150 мм), укрытой таким же способом [32]. Анализ проб силосов с верхнего и среднего участков среза после 343 дней хранения показал, что силосы верхней части среза имели худшее качество брожения, чем силосы из средней части из-за меньшего содержания молочной кислоты и худшего подкисления. В них также оказались меньшими концентрации уксусной кислоты, 1,2-пропандиола и этанола. Содержание масляной кислоты также было больше в верхнем слое, и способ укрытия не повлиял на ее концентрацию.

Из-за нехватки кормов часто возникает необходимость скармливать силос вскоре после его закладки на хранение. В этом случае кратковременное воздействие кислот брожения и парциального давления  $\text{CO}_2$  не ингибирует активность микробов порчи. Вскрытие силосохранилищ обеспечивает контакт силоса с воздухом, что может вызвать рост дрожжей и/или уксуснокислых бактерий, которые инициируют порчу. К еще большей порче приводит окисление этими микроорганизмами молочной и/или уксусной кислот, что повышает рН силоса и способствует росту аэробных бактерий и/или плесени [33]. Для борьбы с вызывающими порчу микроорганизмами после короткого срока брожения в дополнение к вырабатываемой эпифитной микрофлорой уксусной кислоте используют закваски на основе гетероферментативных молочнокислых бактерий или химические консерванты [34]. Микробные препараты должны иметь время для развития микроорганизмов, поэтому эффективное количество уксусной кислоты образуется ими не сразу [35].

Использование химических консервантов с фунгицидными свойствами является наиболее надежным средством предотвращения аэробной порчи при коротком сроке хранения силоса, т. к. эти свойства они начинают проявлять сразу же после внесения. Доказательством этого служит сравнение влияния на аэробную стабильность обработки свежескошенных измельченных растений кукурузы с содержанием 29% сухого вещества гетероферментативными молочнокислыми бактериями *Lactobacillus buchneri* в дозе  $1 \times 10^5$  КОЕ/г свежего материала и добавкой на основе бензоата

и пропионата натрия в дозе 4 л/т после 14 и 60 дней брожения. В результате через 14 дней хранения в контроле и в силосе с биопрепаратом были обнаружены самые высокие средние количества дрожжей, а при обработке химическим консервантом они почти исчезли. Однако даже при обработке химическим консервантом все еще присутствуют критическое количество и активность дрожжей. После нескольких часов поступления воздуха аэробная стабильность силоса может снизиться. Поэтому раннее скармливание (после 14 дней) связано с высоким риском порчи и нагревания кукурузного силоса [36].

В другом опыте [37] сравнивали влияние обработки одной тонны сырья тремя штаммами молочнокислых бактерий (*Lactobacillus diolivorans*, *Lactobacillus buchneri* и *Lactobacillus rhamnosus*, 1 г/1,0 л воды) и 400 г сорбата калия, разведенного в 1 л воды, на аэробную стабильность кукурузного силоса, хранившегося в течение двух или семи недель. Обработка сорбатом калия уменьшала количество дрожжей в силосе, как через две, так и через семь недель хранения, а следовательно, и его аэробную стабильность, что подтверждается и другими данными [38].

Для оценки влияния химических консервантов на аэробную стабильность свежескошенной кукурузы с содержанием 39% сухого вещества при коротком сроке силосования ее обрабатывали в дозе 2 л/т добавкой, состоящей из 20% бензоата натрия, 10 сорбата калия и 5% нитрита натрия. Фунгистатическое и фунгицидное действие определяли по снижению численности семейства *Acetobacteriaceae*, штаммы микроорга-

низмов которого, обычно одновременно с дрожжами, потребляющими молочную кислоту, являются инициаторами аэробной порчи кукурузного силоса. После одного и четырех дней силосования добавка оказывала фунгистатическое действие, а фунгицидное — проявляла при более длительном воздействии (46 дней силосования) [39].

Продолжением этого опыта было испытание действия этой добавки в дозах 2 и 3 л/т при приготовлении традиционного силоса и с использованием воздушного стресса. Для создания воздушного стресса в ведрах объемом 7,5 л проделывали три отверстия диаметром 1,60 см (два — на 5 см выше дна под углом 180° друг к другу и одно — на крышке). Эти отверстия открывали на два часа в неделю в течение 63 дней хранения [40]. По окончании срока хранения силосы с добавкой были лучше подкислены. В них, в т. ч. и в условиях воздушного стресса, синтезировалось меньше спирта. Сделано предположение, что силосы с добавкой преодолевали негативное воздействие воздуха за счет ингибирования аэробных микроорганизмов, таких как *Pichia* и *Acetobacteriaceae*. Меньше всего дрожжей было в силосе с большей дозой консерванта. Аэробная стабильность кукурузного силоса с низкой дозой добавки не являлась следствием уменьшения

общего количества дрожжей. Ее обеспечивало снижение относительной численности дрожжей рода *Candida*. За время хранения силос без добавок потерял около 13% сухого вещества, силос с меньшей дозой добавки — 5 %, с большей дозой — 3%.

Таким образом, создание аэробной стабильности в кукурузном силосе, как и в других видах силосов из легко силосуемого сырья, заключается в ингибировании микрофлоры порчи, в первую очередь дрожжей. Такой способностью обладают химические консерванты с фунгицидными свойствами. Из органических кислот такая способность присуща в первую очередь пропионовой, бензойной, сорбиновой, акриловой и другим кислотам и их солям. Такие свойства присущи и уксусной кислоте. Наибольшую фунгицидную активность кислоты проявляют в недиссоциированном состоянии, которое в наивысшей степени проявляется в кислой среде. Синергизм смесей органических кислот усиливает их консервирующее действие и расширяет спектр влияния на сохранность и качество корма. Консервирующие свойства химических консервантов, в отличие от биопрепаратов, проявляются сразу же после их внесения, что имеет большое значение при ранних сроках скармливания силоса.

## Литература

1. Бжеумыхов В.С., Токбаев М.М., Кобозев И.В. Заготовка и хранение грубых кормов из люцерны с использованием консервантов // Кормопроизводство. — 2006. — № 10. — С. 30–32.
2. Таранов М.Т., Сабиров А.Х. Биохимия кормов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 222 с.
3. Мак Дональд П. Биохимия силоса / Пер. с англ. Н.М. Спичкина. — М.: Агропромиздат, 1985. — 272 с.
4. Yamamoto Y., Higashi K., Yoshii H. Inhibitory activity of acetic acid on yeasts (Studies on growth inhibition of food spoilage microorganisms for low salt foods. Part III) // Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. — 1984. — V. 31. — P. 772–776.

5. Britt A.G. Effect organic acids and non-protein nitrogen of fungal growth and refermentation of silage // *Dissertation Abstr. Internationale.* – 1974. – Vol. 5(12). – P. 13–20.
6. Дудкин М.С. Химические методы повышения качества кормов и комбикормов. – М. : Агропромиздат, 1986. – 350 с.
7. Таранов М.Т. Химическое консервирование кормов. – М. : Колос, 1982. – 143 с.
8. Нэш М.Дж. Консервирование и хранение сельскохозяйственных продуктов. Справочная книга / Пер. с англ. М.Дж. Нэш. – М. : Колос, 1981. – 311 с.
9. Lang K. Das Cyclophorase-System // *Angew. Chem.* – 1953. – Bd. 65. – S. 409–415.
10. Heseltine W.W. Sodium propionate and its derivatives as bacteriostatics and fungistatics // *J. Pharm. Pharmacol.* – 1952. – Bd. 4. – S. 577–581.
11. Щеглов В.В., Боярский Л.Г. Корма: приготовление, хранение, использование: справочник. – М. : Агропромиздат, 1990. – С. 48–53.
12. Lück E. *Chemische Lebensmittelkonservierung.* – Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985. – 225 s.
13. Яковчик Н.С. Кормопроизводство: современные технологии. – Барановичи : Барановичская укрупненная типография, 2004. – 278 с.
14. Liewen M.B., Marth E.H. Growth and inhibition of microorganisms in the presence of sorbic acid: A review // *J. Food Protect.* – 1985. – V. 48. – P. 364–375.
15. Rehm H.-J., Lukas E.-M. Zur Kenntnis der antimikrobiellen Wirkung der Sorbinsäure. 1. Mitteilung. Die Wirkung der undissoziierten und dissoziierten Anteile der Sorbin-säure auf Mikroorganismen // *Zbl. Bakteriol., Parasitenkunde, Infektionskrankh., Hyg., II. Abt.* – 1963. – Bd. 117. – S. 306–318.
16. Зафрен С.Я. Как приготовить хороший силос. – М., 1970. – 78 с.
17. York G.K., Vaughn R.H. Resistance of *Clostridium parbotulinum* to sorbic acid // *Food Res.* – 1955. – V. 20. – P. 60–65.
18. Lambert R.J., Stratford M. Weak acid preservatives: modeling microbial inhibition and response // *Journal of Applied Microbiology, Oxford.* – 1999. – V. 86. – P. 157–164.
19. Ingram M.A., Ottaway F.J.H., Coppock J.B.M. The preservative action of acid substances in food // *Chern. Ind. (London).* – 1956. – P. 1154–1163.
20. Levine A.S., Fellers C.R. Action of acetic acid on food spoilage microorganisms // *J. Bacteriol.* – 1940. – V. 39. – P. 499–514.
21. Reynolds A.E. The mode of action of acetic acid on bacteria // *Diss. Abstr. B.* – 1975. – V. 35. – P. 4935–4936.
22. Зафрен С.Я. Технология приготовления кормов. Справочное пособие. – М. : Колос, 1977. – 240 с.
23. Победнов Ю.А. Антимикробные вещества злаковых трав и их значение при силосовании // *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сборник научных трудов, выпуск 6 (54).* – М. : Угрешская типография, 2015. – С. 231–240.
24. Rehm H.-J., Stahl U. Untersuchungen zur Wirkung von Konservierungsmittelkombinationen. III. Die Wirkung einfacher Konservierungsmittelkombinationen auf *Aspergillus niger* und *Saccharomyces cerevisiae* // *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* – 1960. – No. 113. – S. 34–47.
25. Отрошко С.А., Ахламов Ю.Д., Шевцов А.В. О внесении консервантов в силосуемую массу многолетних бобовых трав // *Кормопроизводство.* – 2008. – № 9. – С. 28–29.
26. Нефедов Г.Г. Нужны ли консерванты кукурузе // *Сельскохозяйственные вести.* – 2003. – № 3. – С. 24.
27. Borreani G., Ferrero F., Tabacco E. An evaluation of monopropionine as chemical additive to improve aerobic stability of corn silage // *In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 218–219.*

28. Brüning D., Gerlach K., Weiß K., Südekum K.-H. Effect of chemical additives on silage composition, aerobic stability and feed intake of maize silage depending on aerobic storage // In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 234–235.
29. Arthur B.A.V., Sousa D.O., Santos W.P., Salvati G.G.S., Francetto G.H., Silveira J.M., Fioravanti M.A.O., Gritti V.C., Oliveira K.S., Nussio L.G. Combination of chemical additives or microbial inoculants affects aerobic stability of whole corn silage differently // In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 226–227.
30. Selwet M. Effect of propionic and formic acid mixtures on the fermentation, fungi development and aerobic stability of maize silage // Polish Journal of Agronomy. – 2009. – No 1. – P. 37–42.
31. Selwet M. Effect of organic acids on numbers of yeasts and mould fungi and aerobic stability in the silage of corn // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 2008. – No 11. – P. 119–123.
32. Oliveira K.S., Winckler J.P.P., Sousa D.O., Gritti V.C., Silveira J.M., Santos W.P., Daniel J.L.P., Nussio L.G. Effect of sealing strategies and sampling site on fermentation profile of corn silage // In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 246–247.
33. da Silva E.B., Savage R.M., Polukis S.A., Smith M.L., Mester R.N., Kung Jr. L. Effects of a chemical additive on the microbial community composition and aerobic stability of short-term ensiled corn silage // In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 256–257.
34. Pflaum J., Honig H., Pahlow G., Staudacher W. A comparison of the aerobic stability of maize silage produced in laboratory and farm silos // In: Gechie L., Thomas C. (eds.) Proceedings of the XIII International Silage Conference, Auchincruive, Scotland, 2002, pp. 11–13.
35. Driehuis F., van Wikselaar P.G., Oude Elferink S.J.W.H. *Lactobacillus buchneri* improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows // 9th International Conference forage conservation. Nitra, Slovakia, 1999, pp. 120–121.
36. Milimonka A., Glenz G., Römer G., Ohlmann T., Richardt W. Effect of early feed out and additive treatment onto maize silage // In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 480–481.
37. Driehuis F., Oude Elferink S.J.W.H., Spoelstra S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability // Journal of Applied Microbiology. – 1999. – Bd. 87. – No 4. – Pp. 583–594.
38. Kung L., Stokes M.R., Lin C.J. Silage Additives // In: Silage Science and Technology (editors: Buxton D.R., Muck R.E., Harrison J.H.); American Society of Agronomy, Inc., 2003. – 340 p.
39. Spoelstra S.F., Courtin M.G., van Beers J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage // Journal of Agricultural Science, Cambridge. – 1988. – V. 111. – Pp. 127–132.
40. da Silva E.B., Savage R.M., Polukis S.A., Smith M.L., Mester R.N., Kung Jr. L. Effects of a chemical additive on the microbial community composition, fermentation, and aerobic stability of corn silage stored with or without air stress // In: XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany, pp. 258–259.

## References

1. Bzheumykhov V.S., Tokbaev M.M., Kobozev I.V. Zagotovka i khraneniye grubykh kormov iz lyutserny s ispol'zovaniyem konservantov [Preparation and storage of roughage from alfalfa using preservatives]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2006, no. 10, pp. 30–32.
2. Taranov M.T., Sabirov A.Kh. Biokhimiya kormov [Biochemistry of feed]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, 222 p.
3. Mac Donald P. Biokhimiya silosa [Biochemistry of silage]. Transl. from English N.M. Spichkin. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 272 p.

4. Yamamoto Y., Higashi K., Yoshii H. Inhibitory activity of acetic acid on yeasts (Studies on growth inhibition of food spoilage microorganisms for low salt foods. Part III). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 1984, v. 31, pp. 772–776.
5. Britt A.G. Effect organic acids and non-protein nitrogen of fungal growth and refermentation of silage. *Dissertation Abstr. Internationale*, 1974, v. 5(12), pp. 13–20.
6. Dudkin M.S. Khimicheskiye metody povysheniya kachestva kormov i kombikormov [Chemical methods for improving the quality of feed and mixed feed]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 350 p.
7. Taranov M.T. Khimicheskoye konservirovaniye kormov [Chemical preservation of feed]. Moscow, Kolos Publ., 1982, 143 p.
8. Nash M.J. Konservirovaniye i khraneniye sel'skokhozyaystvennykh produktov. Spravochnaya kniga [Canning and storage of agricultural products. Reference book]. Transl. from English M.J. Nash. Moscow, Kolos Publ., 1981, 311 p.
9. Lang K. Das Cyclophorase-System. *Angew. Chem.* 1953. Bd. 65. S. 409–415.
10. Heseltine W.W. Sodium propionate and its derivatives as bacteriostatics and fungistatics. *J. Pharm. Pharmacol.* 1952. Bd. 4. S. 577–581.
11. Shcheglov V.V., Boyarsky L.G. Korma: prigotovleniye, khraneniye, ispol'zovaniye: spravochnik [Feed: preparation, storage, use: handbook]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 48–53.
12. Lück E. Chemische Lebensmittelkonservierung [Chemical food preservation]. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985, 225 p.
13. Yakovchik N.S. Kormoproizvodstvo: sovremennyye tekhnologii [Feed production: modern technologies]. Baranovichi, Baranovichskaya ukрупnennaya tipografiya Publ., 2004, 278 p.
14. Liewen M.B., Marth E.H. Growth and inhibition of microorganisms in the presence of sorbic acid: A review. *J. Food Protect.* 1985, v. 48, pp. 364–375.
15. Rehm H.-J., Lukas E.-M. Zur Kenntnis der antimikrobiellen Wirkung der Sorbinsäure. 1. Mitteilung. Die Wirkung der undissoziierten und dissoziierten Anteile der Sorbin-säure auf Mikroorganismen. *Zbl. Bakteriol., Parasitenkunde, Infektionskrankh., Hyg., II. Dept.* 1963, v. 117, pp. 306–318.
16. Zafren S.Ya. Kak prigotovit' khoroshiy silos [How to make good silage]. Moscow, 1970, 78 p.
17. York G.K., Vaughn R.H. Resistance of *Clostridium parbotulinum* to sorbic acid. *Food Res.* 1955, v. 20, pp. 60–65.
18. Lambert R.J., Stratford M. Weak acid preservatives: modeling microbial inhibition and response. *Journal of Applied Microbiology*, Oxford, 1999, v. 86, pp. 157–164.
19. Ingram M.A., Ottaway F.J.H., Coppock J.B.M. The preservative action of acid substances in food. *Chern. Ind.* (London). 1956, pp. 1154–1163.
20. Levine A.S., Fellers C.R. Action of acetic acid on food spoilage microorganisms. *J. Bacteriol.* 1940, v. 39, pp. 499–514.
21. Reynolds A.E. The mode of action of acetic acid on bacteria. *Diss. Abstr. B.* 1975, v. 35, pp. 4935–4936.
22. Zafren S.Ya. Tekhnologiya prigotovleniya kormov. Spravochnoye posobiye [Technology of feed preparation. Reference manual]. Moscow, Kolos Publ., 1977, 240 p.
23. Pobednov Yu.A. Antimikrobnyye veshchestva zlakovykh trav i ikh znacheniye pri silosovanii [Antimicrobial substances of cereal grasses and their importance for ensiling]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo: Sbornik nauchnykh trudov [Multifunctional adaptive feed production: Collection of scientific papers]*, vol. 6 (54). Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2015, pp. 231–240.
24. Rehm H.-J., Stahl U. Untersuchungen zur Wirkung von Konservierungsmittelkombinationen. III. Die Wirkung einfacher Konservierungsmittelkombinationen auf *Aspergillus niger* und *Saccharomyces cerevisiae* [Studies on the effect of preservative combinations. III. The effect of simple preservative combinations on *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*]. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 1960, no. 113, s. 34–47.

25. Otroshko S.A., Akhlamov Yu.D., Shevtsov A.V. O vnesenii konservantov v silosuyemuyu massu mnogoletnikh bobovykh trav [On the introduction of preservatives into the silage mass of perennial leguminous grasses]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2008, no. 9, pp. 28–29.
26. Nefedov G.G. Nuzhny li konservanty kukuruze [Do corn need preservatives?]. *Sel'skokhozyaystvennyye vesti* [Agricultural news], 2003, no. 3, pp. 24.
27. Borreani G., Ferrero F., Tabacco E. An evaluation of monopropionine as chemical additive to improve aerobic stability of corn silage. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 218–219.
28. Brüning D., Gerlach K., Weiß K., Südekum K.-H. Effect of chemical additives on silage composition, aerobic stability and feed intake of maize silage depending on aerobic storage. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 234–235.
29. Arthur B.A.V., Sousa D.O., Santos W.P., Salvati G.G.S., Francetto G.H., Silveira J.M., Fioravanti M.A.O., Gritti V.C., Oliveira K.S., Nussio L.G. Combination of chemical additives or microbial inoculants affects aerobic stability of whole corn silage differently. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 226–227.
30. Selwet M. Effect of propionic and formic acid mixtures on the fermentation, fungi development and aerobic stability of maize silage. *Polish Journal of Agronomy*. 2009, no. 1, pp. 37–42.
31. Selwet M. Effect of organic acids on numbers of yeasts and mould fungi and aerobic stability in the silage of corn. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2008, no. 11, pp. 119–123.
32. Oliveira K.S., Winckler J.P.P., Sousa D.O., Gritti V.C., Silveira J.M., Santos W.P., Daniel J.L.P., Nussio L.G. Effect of sealing strategies and sampling site on fermentation profile of corn silage. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 246–247.
33. da Silva E.B., Savage R.M., Polukis S.A., Smith M.L., Mester R.N., Kung Jr. L. Effects of a chemical additive on the microbial community composition and aerobic stability of short-term ensiled corn silage. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 256–257.
34. Pflaum J., Honig H., Pahlow G., Staudacher W. A comparison of the aerobic stability of maize silage produced in laboratory and farm silos. In: Gechie L., Thomas C. (eds.) *Proceedings of the XIII International Silage Conference, Auchincruive, Scotland, 2002*, pp. 11–13.
35. Driehuis, F., van Wikselaar P.G., Oude Elferink S.J.W.H. *Lactobacillus buchneri* improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows. *9th International Conference forage conservation*. Nitra, Slovakia, 1999, pp. 120–121.
36. Milimonka A., Glenz G., Römer G., Ohlmann T., Richardt W. Effect of early feed out and additive treatment onto maize silage. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 480–481.
37. Driehuis F., Oude Elferink S.J.W.H., Spoelstra S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of Applied Microbiology*. 1999, bd. 87, no. 4, pp. 583–594.
38. Kung, L., Stokes M.R., Lin C.J. Silage Additives. In: *Silage Science and Technology* (editors: Buxton D.R., Muck R.E., Harrison J.H.); American Society of Agronomy, Inc., 2003, 340 p.
39. Spoelstra S.F., Courtin M.G., van Beers J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 1988, v. 111, pp. 127–132.
40. da Silva E.B., Savage R.M., Polukis S.A., Smith M.L., Mester R.N., Kung Jr. L. Effects of a chemical additive on the microbial community composition, fermentation, and aerobic stability of corn silage stored with or without air stress. In: *XVIII International Silage Conference, July 24–26, 2018, Bonn, Germany*, pp. 258–259.