

УДК 664.724

UDC 664.724

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

4.3.1. Technologies, machines, and equipment for the agro-industrial complex

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПЛАСТИКОВЫХ
МЕШКАХ НА ХРАНЕНИЕ ЗЕРНОВЫХ**

**THE EFFECT OF CARBON DIOXIDE
CONCENTRATION IN PLASTIC BAGS ON
GRAIN STORAGE**

Чернышев Алексей Дмитриевич
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код= 5899-2853
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Chernyshev Alexey Dmitrievich
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code= 5899-2853
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

Костенко Михаил Юрьевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код= 2352-0690
*Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань,
Россия*

Kostenko Mikhail Yurievich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 2352-0690
*Ryazan State Agrotechnological University named
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Кiryukhin Евгений Андреевич
Аспирант
РИНЦ SPIN-код= 9708-3194
*Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань,
Россия*

Kiryukhin Evgeny Andreevich
Graduate student
RSCI SPIN-code: 9708-3194
*Ryazan State Agrotechnological University named
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Жбанов Никита Сергеевич
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код = 7241-6650
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Zhbanov Nikita Sergeevich
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code: 7241-6650
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

Чаткин Михаил Николаевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код= 3600-3720
*Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарева,
Саранск, Россия*

Chatkin Mikhail Nikolaevich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 3600-3720
*National Research Mordovian State University. N.P.
Ogareva, Saransk, Russia*

В статье кратко рассмотрен вопрос хранения зерна при формировании различных окружающих сред. Описаны лабораторные исследования хранения зерна в среде газов, углекислого и азота. Исследовано влияние концентрации углекислого газа на сохранность зернопродуктов в пластиковых мешках. Обозначен процесс контроля газовой среды при хранении зерна при помощи газоанализатора. После хранения зерна на протяжении пяти месяцев его исследовали на изменение показателей качества и образование токсинов, плесневых грибов. В результате анализа зерна сделаны выводы о том, что газовая среда в значительной степени влияет на показатели качества, при этом условия хранения влияют на изменения по-разному для каждого конкретного

The article briefly discusses the issue of grain storage in various environments. It describes laboratory studies on grain storage in the presence of gases such as gases, carbon dioxide, and nitrogen, as well as in a gas environment with the addition of water. The article also describes the process of packing grain in airtight containers, which involves setting the desired amount of gas in the container. The article determines the required amount of grain products for the study. It outlines the process of monitoring the gas-modified environment during grain storage using a gas analyzer. When the gas environment changes, certain adjustments and additional gas injections are made. When grain is stored for five months, it is packaged for research on changes in quality indicators and the formation of toxins and mold. The analysis of grain

вида зернопродукта.

has shown that the gas environment has a significant impact on quality indicators, and different storage conditions affect changes differently for each specific grain product

Ключевые слова: УПАКОВЫВАНИЕ ЗЕРНА, ХРАНЕНИЕ, ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОВ, ГАЗОВЫЕ СМЕСИ, ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ РУКАВА, УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ

Keywords: GRAIN PACKAGING, STORAGE, GAS CHARACTERISTICS, GAS MIXTURES, POLYETHYLENE SLEEVES, CARBON DIOXIDE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-214-048>

Введение

В связи с развитием животноводства необходимо обеспечить сохранность ценных свойств различных видов сырья, используемого в кормовой индустрии [1]. Зерновые являются основным кормом для птицы и свиней, обладают хорошей переваримостью (70—90%). В современных условиях компоненты кормов хранят отдельно, а процесс приготовления осуществляют или непосредственно перед скармливанием животных, что оправдано при организации крупных животноводческих предприятий или приготавливают на комбикормовых заводах с последующей фасовкой в тару, для дальнейшей транспортировки [2]. При этом хранение комбикорма в газовой среде достаточно широко описано в исследованиях последних пяти лет, а вот хранение отдельных компонентов комбикормов в газовой среде требует отдельных аналитических, лабораторных и производственных исследований.

Хранение в бескислородной герметичной среде вызывает у зерна состояние аноксигноза. Создание бескислородной среды можно реализовать тремя методами:

1 — дыхание зерна при хранении в герметичных условиях способствует снижению содержания кислорода и накоплению углекислого газа;

2 — вытеснение воздуха специальной газовой средой из межзернового пространства.

Дыхание зерна при хранении один из самых дешевых методов образования бескислородной среды. В среднем на образование 120-160 л углекислого газа расходуется около 1 кг питательных веществ зерна [3]. При образовании одного литра углекислого газа утилизируется около 1 л кислорода в условиях достаточного количества кислорода (при аэробном дыхании). При высокой влажности кормов и зерна кислород быстро расходуется, и при анаэробном дыхании образуется этиловый спирт, уксусная, масляная кислоты и другие продукты разложения питательных веществ, имеющие неприятный запах.

Вакуумирование кормов и зерна обусловлено значительными технологическими сложностями и высокими затратами на сооружение герметичных хранилищ. Вакуумирование кормов не исключает развитие патогенной микрофлоры внутри герметичных хранилищ, а отсутствие кислорода при хранении зерна ведет к специфическому анаэробному дыханию с образованием этилового спирта, уксусной, масляной кислот и других продукты разложения питательных веществ [4]. Исследования хранения семенного зерна в условиях разреженной атмосферы показали снижение физиологических процессов зерна, а также снижение активности насекомых и микроорганизмов. В тоже время для обеспечения аэробного дыхания зерна необходимо регулирование состава газовой среды [5].

Вытеснение воздуха специальной газовой средой при хранении кормов и их компонентов в герметичной упаковке возможно с помощью углекислого газа из баллонов. Также газовую смесь с высоким содержанием углекислого газа получают путем сжигания природного газа с последующей фильтрацией и охлаждением смеси. Данный способ позволяет получить газовую смесь следующего состава: 86-88% азота, 11-13% диоксида углерода 0,5-1% кислорода. В некоторых случаях используют двигатели внутреннего сгорания для получения газовой смеси. Состав газовой смеси сильно различается от вида продукции. Так для

свежих овощей и фруктов содержание кислорода составляет 3-8 %, а углекислого газа – 15-20 %. Повышение количества углекислого газа и снижение кислорода и замедляют созревание упакованной продукции. Однако низкое содержание кислорода вызывает анаэробное дыхание, в результате которого накапливает этанол и ацетальдегид, из-за которого появляется неприятный запах. В последнее время получает режим хранения влажных зерновых масс без доступа воздуха, который предусматривает ферментирование зерна химическими консервантами.

Материалы исследований

Для подготовки и описания процесса упаковывания зерна и других компонента кормов в герметичный контейнер, необходимо провести предварительные (лабораторные) исследования этого процесса. При этом необходимо обозначить, что производственные исследования будут проводиться при герметичном хранении в полиэтиленовых рукавах. Так же в рукавах будет обеспечено наличие газовой среды, формирующую среду близкой к анаэробной.

Что бы оценить, как газовая среда влияет на сохранность компонентов корма, был проведен эксперимент, который заключался в формировании анаэробной среды, а в некоторых случаях с дополнительным добавлением воды для имитации экстремальных условий. Для эксперимента взяли полиэтиленовые пакеты, которые герметично закрываются. В контейнеры упаковывали пробы компонентов корма весом около 7 кг, с последующим заполнением различными газами. Проб для отслеживания показателей качества компонентов было три. Первая проба представляла собой наполнение мягкого герметичного контейнера углекислым газом с отслеживанием его количества в верхней части пакета газоанализатором. Вторая проба обеспечена смешиванием углекислого газа и азота в пропорции один к одному. Проба номер три повторяет

эксперимент со второй пробой, только дополнительно в контейнер выливали мерку воду в объеме 70 мл (около 1%). Процесс заполнения пакета, имитирующего рукав, газами осуществляли с помощью специального пистолета, а баллоны устанавливали на весах, что позволяло отслеживать количество углекислого газа и азота, которыми наполняли пакеты. Ранними исследованиями усыновлено, какое количество углекислого газа и азота необходимо для полного заполнения пакета при его герметичном хранении.

После заполнения пакетов, они сразу герметизировались и укладывались рядом, при одинаковых условиях, температурные перепады колебались в пределах от $\pm 3^{\circ}\text{C}$, а температура окружающей среды поддерживалась на отметке 25°C . Влажность окружающей среды при этом не учитывалась. Процесс хранения проб показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Процесс хранения проб при лабораторном эксперименте

Так как пробы с зернопродуктами хранились на протяжении длительного времени, а именно 5 месяцев, необходимо было обеспечивать

контроль состояния газовой среды внутри пакетов с пробами. Такой контроль осуществлялся на всем протяжении хранения с интервалов в 1 месяц (рисунок 2). При этом если наблюдались отклонения от первоначальных значений газовых сред при первоначальной закладке, обеспечивалась их корректировка, при которой газовая среда приводилась в норму, путем дополнительной закачки газа. Для контроля состава газовой среды и процентного соотношения газов применяли газоанализатор.



Рисунок 2 – Анализ состояния газовой среды в контейнере

Такая методика позволяет прогнозировать процесс упаковки зерна в герметичном контейнере – рукаве и обеспечить контроль газовой среды.

После хранения проб на протяжении 5 месяцев их пересыпали в пакеты для передачи для исследований показателей качества в Рязанской ветеринарной лаборатории, при этом в каждом пакете была бирка с названием продукта исследования, как показано на рисунке 3.



Рисунок 3 - пробы для анализа в лаборатории

При закладке на длительное хранение, для повышения качества хранения кормов и их компонентов в рукавах возможны следующие мероприятия, которые кратко описывают процесс лабораторных исследований и формулируются следующим образом:

1. Заполнение рукавов с зерном низкой влажности углекислым газом до 2-3% концентрации кислорода.
2. Мониторинг давления газовой среды в рукавах на основе сравнения давления в нескольких рукавах, либо сравнения с температурными условиями атмосферы.
3. Контроль состояния газовой среды в случае обнаружения аномалий мониторинга.
4. Поддержание необходимого состава газовой среды в рукаве.

Результаты исследования

Поле исследований проб в ГБУ РО «Рязанская областная ветеринарная лаборатория» на показатели качества, физико-химические показатели, микробиологические показатели, показатели безопасности они

были сведены в единую таблицу 1. В пробы входили следующие продукты: пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник.

Анализируя таблицу 1 можно сделать определенные выводы. Пробы которые хранились при повышенной влажности (с добавлением 70 мл воды – около 1-2%) показали снижение кислорода с образованием незначительного содержания спирта, при этом концентрация углекислого газа, а при хранении пшеницы достигла пикового значения. Визуально было заметно, что именно при таком хранении снизился объем газовой среды. Значительное увеличение процентного содержания углекислого газа при этом не оказала существенного влияния на состав продуктов, в тоже время увеличилось кислотное и перекисное число жиров, находящихся в продуктах. Увеличение перекисного и кислотного числа приводит к ухудшению качественных показателей, неприятному запаху и вкусу, при значительном снижении срока годности.

Перекисное число является показателем степени окисления липидов, то есть наличия в них продуктов перекисного окисления. Повышение перекисного числа может свидетельствовать о наличии свободных радикалов, которые могут быть вредными для организма и приводить к развитию различных заболеваний. Кроме того, высокий уровень окисления может ухудшить вкус, запах и цвет продукта, а также снизить его питательную ценность [6].

Таблица 1 – Показатели проб продуктов после хранения

Наименование	Дата проведения анализа	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Содержание CO ₂	Содержание O ₂	Содержание паров спирта	Кислотное число	Перекисное число	Общая токсичность, %	
									Выживаемость на ацетоновом экстракте	Выживаемость на водном экстракте
пшеница CO ₂	10.03-20.03.2025	10,03	1,63	10,2	16,9	0,1	18,36	0,05	100 (не токсично)	100 (не токсично)
пшеница N ₂ +CO ₂	10.03-20.03.2025	10,24	1,68	11,2	20,6	0	17,99	0,04	100 (не токсично)	100 (не токсично)
пшеница N ₂ +CO ₂ +H ₂ O	10.03-20.03.2025	10,17	1,65	11,1	5	0,1	18,24	0,05	100 (не токсично)	100 (не токсично)
ячмень CO ₂	10.03-20.03.2025	9,78	1,52	2,8	19,9	0,1	30,52	0,08	91 (не токсично)	100 (не токсично)
ячмень N ₂ +CO ₂	10.03-20.03.2025	10,02	1,56	10,8	5,9	0,1	28,69	0,11	91 (не токсично)	100 (не токсично)
ячмень N ₂ +CO ₂ +H ₂ O	10.03-20.03.2025	9,96	1,57	10,5	12,8	0,1	29,1	0,16	94 (не токсично)	100 (не токсично)
кукуруза CO ₂	10.03-20.03.2025	8,2	3,34	11,1	12,5	0	21,32	0,09	83 (не токсично)	100 (не токсично)
кукуруза N ₂ +CO ₂	10.03-20.03.2025	8,34	3,3	11,1	4,1	0	20,64	0,12	80 (не токсично)	100 (не токсично)
кукуруза N ₂ +CO ₂ +H ₂ O	10.03-20.03.2025	8,26	3,31	11,1	16,7	0	20,08	0,07	79 (не токсично)	100 (не токсично)
подсолнечник CO ₂	10.03-20.03.2025	не определяется	47,18	11,1	12	0	3,32	0,08	не определяется	не определяется
подсолнечник N ₂ +CO ₂	10.03-20.03.2025	не определяется	47,26	11,1	1,4	0	2,2	0,06	не определяется	не определяется
подсолнечник N ₂ +CO ₂ +H ₂ O	10.03-20.03.2025	не определяется	47,32	10,7	10,8	1,6	2,06	0,08	не определяется	не определяется

При закладке на хранение кормов и их компонентов важно оценить исходное качество продукции (предварительный контроль качества продукции), чаще всего оценку производят путем взятия проб и анализа их в лаборатории (ГОСТ Р ИСО 24333-2011 «Зерно и продукты его переработки. Отбор проб» и ГОСТ 13586.3-83 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб»). Исследования качества и питательности кормов [7] позволяют оценить возможность и способы хранения кормов и их компонентов, выбрать необходимые режимы и параметры для обеспечения их сохранности. Продукцию необходимого качества и питательности закладывают в герметичные рукава, оборудованные специальными датчиками давления, объединёнными в единую информационную сеть. Продукция высокого исходного качества обычно не требует дополнительных затрат при хранении, а система мониторинга отслеживает изменение состояния кормов и их компонентов при хранении.

Анализ результатов исследований, показал, что применение двухкомпонентной газовой среды - углекислого газа и азота способствует лучшей сохранности зерновых смесей даже в экстремальных условиях. Это обусловлено разбавлением углекислого газа, который при взаимодействии с водой образует угольную кислоту и воздействует на продукцию негативно.

Заключение

При закладке на длительное хранение зерновых в пластиковой упаковке, для повышения качества хранения зернопродуктов возможны следующие мероприятия: заполнение рукавов с зерном низкой влажности углекислым газом до 2-3% концентрации кислорода, мониторинг давления газовой среды в рукавах на основе сравнения давления в нескольких упаковках, либо сравнения с температурными условиями атмосферы, контроль состояния газовой среды в случае обнаружения аномалий

мониторинга, поддержание необходимого состава газовой среды в упаковке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The effect of alcohol on the preservation of the nutritional value of the haylage when it is packed in agrostretch film / A. D. Chernyshev, M. Y. Kostenko, N. A. Antonenko [et al.] // E3s web of conferences : IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, 26 октября – 03 2023 года. – EDP Sciences - Web of Conferences: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. – P. 01009. – DOI 10.1051/e3sconf/202448601009. – EDN EIXMOV.

2. Чернышев, А. Д. Газовая среда как способ упаковки кормов / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносок // Инновационные решения для АПК, Рязань, 16 февраля 2023 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА» СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ ФГБОУ ВО РГАТУ СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 188-192. – EDN HICYSW.

3. Чернышев, А. Д. Особенности формирования газовой среды при хранения сенажа в агрострейч пленке / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 228-237. – DOI 10.21515/1990-4665-191-032. – EDN ENJGRU.

4. Чернышев, А. Д. Анализ основных режимов хранения зернопродуктов / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, А. С. Асаев // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития : Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 209-213. – EDN DEYGMH.

5. Чернышев, А. Д. Обоснование способа хранения зерна в полиэтиленовых рукавах / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко // Инновационные инженерные решения для АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 166-171. – EDN GCCERB.

6. Чернышев, А. Д. Обоснование параметров герметичного вкладыша мягкого контейнера при хранении комбикорма в среде углекислого газа / А. Д. Чернышев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 128-135. – DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.018. – EDN EFKIOB.

7. Чернышев, А. Д. Совершенствование упаковки комбикорма для хранения : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Чернышев Алексей Дмитриевич. – Рязань, 2023. – 156 с. – EDN PRVRQZ.

LIST OF LITERATURE

1. The effect of alcohol on the preservation of the nutritional value of the haylage when it is packed in agrostretch film / A. D. Chernyshev, M. Y. Kostenko, N. A. Antonenko [et al.] // E3s web of conferences : IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, 26 oktyabrja – 03 2023 goda. – EDP Sciences - Web of Conferences: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. – P. 01009. – DOI 10.1051/e3sconf/202448601009. – EDN EIXMOV.
2. Chernyshev, A. D. Gazovaja sreda kak sposob upakovki kormov / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko, R. V. Beznosjuk // Innovacionnye reshenija dlja APK, Rjazan', 16 fevralja 2023 goda / MINISTERSTVO SEL'SKOGO HOZJAJSTVA ROSSIJSKOJ FEDERACII FEDERAL'NOE GOSUDARSTVENNOE BJuDZhETNOE OBRAZOVATEL'NOE UChREZhDENIE VYSSHEGO OBRAZOVANIJa «RJaZANSKIJ GOSUDARSTVENNYJ AGROTEHNOLOGICHESKIJ UNIVERSITET IMENI P.A. KOSTYChEVA» SOVET MOLODYH UChJoNYH FGBOU VO RGATU SOVET MOLODYH UChJoNYH I SPECIALISTOV RJaZANSKOJ OBLASTI. – Rjazan': Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2023. – S. 188-192. – EDN HICYCW.
3. Chernyshev, A. D. Osobennosti formirovanija gazovoj sredy pri hranenija senazha v agrostrech plenke / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko, G. K. Rembalovich // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 191. – S. 228-237. – DOI 10.21515/1990-4665-191-032. – EDN EHJGRU.
4. Chernyshev, A. D. Analiz osnovnyh rezhimov hranenija zernoproduktov / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko, A. S. Asaev // Nauchno-innovacionnye aspekty agrarnogo proizvodstva: perspektivy razvitija : Materialy II Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj pamjati doktora tehn. nauk, professora N.V. Byshova, Rjazan', 24 nojabrja 2022 goda. – Rjazan': Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2022. – S. 209-213. – EDN DEYGMH.
5. Chernyshev, A. D. Obosnovanie sposoba hranenija zerna v polijetilenovyh rukavah / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko // Innovacionnye inzhenernye reshenija dlja APK : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Rjazan', 28 marta 2024 goda. – Rjazan': RGATU, 2024. – S. 166-171. – EDN GCCERB.
6. Chernyshev, A. D. Obosnovanie parametrov germetichnogo vkladysa mjakogo kontejnera pri hranenii kombikorma v srede uglekislogo gaza / A. D. Chernyshev // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2021. – T. 13, № 2. – S. 128-135. – DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.018. – EDN EFKIOB.
7. Chernyshev, A. D. Sovershenstvovanie upakovki kombikorma dlja hranenija : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk / Chernyshev Aleksej Dmitrievich. – Rjazan', 2023. – 156 s. – EDN PRVRQZ.