

УТИЛИЗАЦИЯ СТЕРЖНЕЙ КУКУРУЗНЫХ ПОЧАТКОВ МЕТОДОМ БИОФЕРМЕНТАЦИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМА

Резюме. Стержни кукурузных початков — побочный продукт первичной переработки кукурузы. В настоящее время их относят к малоиспользуемым природным ресурсам, а также к источникам загрязнения окружающей среды. В то же время они богаты целлюлозой и гемицеллюлозой, и поэтому потенциально могут быть ценным источником грубого корма для жвачных животных, однако имеют низкую питательность и характеризуются плохой поедаемостью. Эффективным методом утилизации целлюлозосодержащего вторичного сырья сельскохозяйственного производства с перспективой его использования в кормлении животных является биоферментация с применением микробиологической закваски Леснова.

Результатами лабораторных исследований ферментированных стержней кукурузных початков доказано, что независимо от времени микробиологического ферментирования достоверно уменьшились массовая доля влаги, сырой клетчатки и растворимых углеводов; увеличилось содержание сырого протеина, массовая доля сырой золы, содержание крахмала. Через 24 часа ферментации достоверно выросло содержание сырого жира. Концентрация обменной энергии для всех видов животных имела тенденцию к повышению при недостоверной разнице. При ферментации произошел сдвиг pH в кислую сторону соответственно на 4,1 и на 6,6%. Полученный продукт отвечает требованиям биологической и химической безопасности, предъявляемым к кормам для животных.

Ключевые слова: утилизация, целлюлозосодержащие отходы сельского хозяйства, стержни кукурузных початков, микробиологическое ферментирование, физико-химические показатели качества, биологическая безопасность, химическая безопасность, ГМО.

DISPOSAL OF CORN COBS BY THE BIOFERMENTATION METHOD FOR USE AS FEED

Abstract. Corn cobs are a by-product of maize grown all over the world. Currently, they are considered an underutilized natural resource and a source of environmental pollution. They are rich in cellulose and hemicellulose, so they can be a potentially valuable source of roughage for ruminants, but they are poorly palatable and have low nutritional value. An effective method for utilizing cellulose-containing secondary raw materials of agricultural production with the prospect of using the obtained products for animal feed is biofermentation with microorganisms using Lesnov's microbiological starter. The results of laboratory studies of corn cobs have proven that regardless of the time of microbiological fermentation, the mass fraction of moisture, crude fiber, soluble carbohydrates significantly decreased; the content of crude protein; the mass fraction of crude ash, the starch content increased; after 24 hours of fermentation, the content of crude fat increased significantly; the level of metabolic energy for all animal species tended to increase with an insignificant difference; during fermentation, the pH shifted to the acidic side by 4.1% and 6.6%, respectively. The resulting fermented product meets the biological and chemical safety requirements for animal feed.

Key words: utilization, cellulose-containing waste of the agro-industrial complex, corn cobs, microbiological fermentation, physicochemical quality indicators, biological safety, chemical safety, GMO.

УДК 631.95

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2025-02-3-234

ОЛЬГА АНАТОЛЬЕВНА МИРОНОВА^{1, 2},

кандидат биологических наук, заведующая базовой кафедрой фитосанитарной биологии и безопасности экосистем Института экологии

ORCID: 0000-0002-3263-8100

SPIN-код: 5108-1323

AuthorID (ПИНЦ): 1162836

E-mail: m2889888@mail.ru

ХАРОН АДИБЕВИЧ АМЕРХАНОВ³,

академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ORCID: 0000-0003-3626-7316

Scopus: 57194944122

AuthorID (ПИНЦ): 259201

E-mail: h.amerhanov@yandex.ru

¹ФГАУ «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

²ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»

140150, Россия, Московская область, г. Раменское, р. п. Быково

³ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К.А. Тимирязева

127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

Поступила в редакцию:

03.02.2025

Одобрена после рецензирования:

04.02.2025

Принята в публикацию:

05.02.2025

UDC 631.95

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2025-02-3-234

OLGA A. MIRONOVA^{1, 2},

Candidate of Biological Sciences, Head of the Basic Department of Phytosanitary Biology and Ecosystem Safety at the Institute of Ecology

ORCID: 0000-0002-3263-8100

SPIN-код: 5108-1323

AuthorID (RSCI): 1162836

E-mail: m2889888@mail.ru

KHARON A. AMERKHANOV³,

Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

ORCID: 0000-0003-3626-7316

Scopus: 57194944122

AuthorID (ПИНЦ): 259201

E-mail: h.amerhanov@yandex.ru

¹Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

117198, Moscow, st. Miklouho-Maklaya, 6

²FSBI «All-Russian Center plant quarantine»

140150, Russia, Moscow region, Ramenskoye, R. Bykovo village

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian

University – Moscow Agricultural Academy

named after K.A. Timiryazev

127550, Moscow, Timiryazevskaya st., 49

Received by editor office:

02.03.2025

Approved in revised:

02.04.2025

Accepted for publication:

02.05.2025



ВВЕДЕНИЕ

Из кукурузы с помощью определенных технологических способов изготавливают корма для крупного рогатого скота: зеленый корм, силос, силаж, зерно плющенное, корнаж [5]. При ее уборке на зерно остаются стержни початков. Поскольку соотношение между зерном кукурузы и початками может достигать 100:18, то получается большое количество этого побочного продукта, который в настоящее время относится к малоиспользуемым природным ресурсам, а также к источникам загрязнения окружающей среды. В некоторых странах уже предпринимаются правовые шаги по запрету сжигания кукурузных початков, поэтому актуальным является вопрос их утилизации и вторичного использования. С учетом того, что початки богаты целлюлозой и гемицеллюлозой, они являются потенциально ценным источником грубого корма для жвачных животных [1, 3].

Во всем мире ученые пытаются решить задачу, как наиболее эффективно использовать ресурсы этой культуры в кормлении крупного рогатого скота. Так, группа китайских исследователей изучила влияние измельченных кукурузных початков в качестве единственного источника клетчатки на потребление корма, надой и состав молока у тропических лактирующих помесных голштинских коров, в сравнении с рисовой соломой. Результаты исследований показали, что значительно повысились потребление питательных веществ и надой молока. При этом оговаривается, что помесные молочные коровы, выращиваемые в тропиках, обычно питаются грубыми кормами низкого качества, в основном остатками сельскохозяйственных культур, такими как рисовая солома, имеющими низкую питательную ценность из-за малого содержания белка (2–5% от сухого вещества по массе), высокого содержания клетчатки и слабой усвояемости сухого вещества — менее 50% [2, 4]. Из-за низкого содержания питательных веществ корм из стержней кукурузных початков мало привлекателен для животных. Это обстоятельство побуждает научное сообщество в области кормления животных искать способы повышения питательности кукурузных початков и улучшения их поедаемости, применять различные технологии по изменению их свойств и обогащению различными добавками [3, 11].

Эффективным методом утилизации вторичного сырья сельскохозяйственного производства является биоферментация с помощью микроорганизмов, которое используется также в технологии кормления животных [6, 9]. При этом широкое применение получили так называемые закваски, состоящие из специально подобранных ассоциаций микроорганизмов [7, 8]. Закваска Леснова, представляющая собой группу целлюлозолитических микроорганизмов, испытана на многих субстратах, в том числе на пшеничной и ржаной соломе, отходах выращивания грибов вешенка, отрубях, с положительным результатом [9, 10].

В доступной нам литературе мы не нашли информацию о влиянии микробиологического ферментирования на показатели качества и безопасности стержней кукурузных початков. В связи была поставлена цель изучить это влияние.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2023–2024 гг. на базе ИП глава К(Ф)Х Ломатченко Ю.А. в Ростовской области. Объектами исследований являлись малоценные отходы первичной переработки кукурузы — измельченные стержни кукурузных початков: нативные и подвергнутые микробиологической ферментации (18 образцов). Субстраты ферментировали с использованием закваски Леснова по предложенной авторами методике в течение 12 и 24 часов.

Методы исследований. Физико-химические показатели качества, содержание микотоксинов (афлатоксина В1, дезоксиниваленола, зеараленона, охратоксина А, Т-2 токсина), пестицидов, нитратов и нитритов, токсичных элементов и ГМО определяли в испытательной лаборатории ФГБУ «Центр оценки качества зерна» по г. Москве и Московской области с использованием методов и методик лабораторных исследований испытуемых субстратов: качественного и количественного химического анализа; высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); газовой хроматографии (ГХ); атомно-абсорбционной спектрометрии и др. Согласно действующей нормативной документации применялись следующие лабораторные методы исследований: химического состава — ГОСТ Р 54951-2012; ГОСТ 27979-88; ГОСТ 13496.4-2019 п.8; ГОСТ 32905-14; ГОСТ 31675-2012 п.7; ГОСТ 26226-95 п.1; ГОСТ 26176-2019 п.9; ГОСТ Р 54078-2010 приложение А; ГОСТ ISO 6493-2015; ГОСТ 26483; ГОСТ 32343-2013; безопасности — ГОСТ 30711-2001; ГОСТ EN 15851-2013; ГОСТ 31691-2012; ГОСТМУК 4.1 2204-07; инструкция Р43/В; DIN EN 15662 2018; ГОСТ 13496 19-2015; ГОСТ 13496 19-2015; ГОСТ Р 53100-2008; ГОСТ 31650-2012; ГОСТ Р 53214-2008.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Утилизация стержней кукурузных початков с возможностью вторичного использования полученного продукта в кормлении животных в экологическом и экономическом аспекте, несомненно, интересна. Однако применение в рационах новых продуктов, получаемых методом биоферментации, предполагает проведение комплексного анализа зоотехнических показателей и показателей безопасности согласно требованиям законодательства, предъявляемым к кормам.

После микробиологической ферментации измельченных стержней кукурузных початков в течение 12 часов массовая доля влаги уменьшилась в 2,9 раза, после ферментации в течение 24 часов — в 2 раза (табл. 1). В то

Таблица 1. Влияние продолжительности биоферментации на физико-химические показатели

Показатель	Образец ($n = 6$)		
	до ферментации	после ферментации	
		12 часов	24 часа
Массовая доля влаги, %	6,1 ± 0,32	2,1 ± 0,23*	3,10 ± 0,24*
Массовая доля сырого жира, в пересчете на сухое вещество, %	1,20 ± 0,24	1,30 ± 0,18	1,80 ± 0,16*
Массовая доля сырого протеина в пересчете на сухое вещество, %	2,56 ± 0,12	9,48 ± 0,32*	10,25 ± 0,34*
Массовая доля сырой золы, в пересчете на сухое вещество, %	1,66 ± 0,11	3,64 ± 0,19*	3,20 ± 0,17*
Массовая доля сырой клетчатки в пересчете на сухое вещество, %	39,3 ± 2,9	29,4 ± 2,4*	25,2 ± 2,2*
Обменная энергия, МДж/кг			
КРС	11,7	12,0	11,9
свиньи	15,4	15,9	15,8
птица	13,4	13,6	13,5
овцы	12,3	12,6	12,5
Массовая доля растворимых углеводов, %	6,9 ± 0,4	5,5 ± 0,5*	5,7 ± 0,6*
Содержание крахмала в пересчете на сухое вещество, г/кг	11,0 ± 1,8	88,0 ± 1,5*	107,0 ± 1,4*
pH	6,36 ± 0,13	6,10 ± 0,12	5,94 ± 0,12

* $P < 0,05$ относительно «до ферментации».

же время увеличилась, в сравнении с исходным уровнем, массовая доля сырого жира в сухом веществе — на 8,3 и на 50%, соответственно времени обработки; сырого протеина — в 3,7 и в 4 раза; золы — в 2,2 и 1,9 раза. Массовая доля сырой клетчатки после 12 часов снизилась в 1,4 раза, после 24 часов — в 1,6 раза, растворимых углеводов — на 20,3 и на 17,4%. Содержание крахмала при этом выросло соответственно в 8 и 9,7 раза в сравнении с исходным субстратом. После 12 часов ферментации стержней кукурузных початков pH сдвинулся в кислую сторону на 4,1%, через 24 часа — на 6,6%.

Обменная энергия после микробиологического ферментирования стержней кукурузных имела тенденцию к повышению: при 12-часовой обработке — на 2,6% для крупного рогатого скота, на 3,3% для свиней, на 1,5% для сельскохозяйственной птицы, на 2,4% для овец; при 24-часовой — соответственно на 1,7%, 2,6%, 0,8% и на 1,6% (разница во всех случаях не была достоверной, после 24 часов ферментации — в 1,9 раза).

Таким образом, независимо от продолжительности ферментирования стержней кукурузных початков достоверно уменьшились массовая доля влаги, сырой клетчатки, растворимых углеводов; увеличилось содержание сырого протеина, сырой золы и крахмала. Уровень обменной

энергии для всех видов животных имел тенденцию к повышению при недостоверной разнице. При ферментации произошел сдвиг pH в кислую сторону.

Как свидетельствуют данные таблицы 2, все исследуемые микотоксины в нативных образцах измельченных стержней кукурузных початков содержались в количествах ниже МДУ: афлатоксин В1 — в 8,3 раза, дезоксиниваленол — в 12,9 раза, зеараленон — в 10 раз, охратоксин А — в 100 раз, Т-2 токсин — в 2 раза. После биоферментирования продукта в течение 12 и 24 часов их концентрация осталась в пределах МДУ.

Как показано в таблице 3, содержание исследованных пестицидов, часто используемых при выращивании кукурузы, как в исходном сырье до ферментации, так и после 12 и 24 часов ферментации оставалось ниже ПДК (ниже нижнего предела обнаружения методом ВЭЖХ в соответствии с действующим НД). Концентрация нитратов и нитритов как в нативных образцах стержней кукурузных початков, так и в ферментированных не превышала предельно допустимых уровней. Различий в содержании токсичных элементов в образцах до ферментации и после нее не установлено, оно было ниже ПДК: для свинца — в 10 раз, мышьяка — в 5 раз, кадмия — в 6 раз, ртути — в 4 раза. Таким образом, по перечисленным показателям

Таблица 2. Влияние продолжительности биоферментации на содержание микотоксинов

Показатель	Образец ($n = 6$)		
	до ферментации	после ферментации	
		12 часов	24 часа
Афлатоксин В1, мг/кг (МДУ не более 0,1 мг/кг)	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Дезоксиниваленол, мг/кг (МДУ не более 1,0 мг/кг)	< 0,058	< 0,058	< 0,058
Зеараленон, мг/кг (МДУ не более 1,0 мг/кг)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Охратоксин А, мг/кг (МДУ не более 0,05 мг/кг)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Т-2 токсин, мг/кг (МДУ не более 0,1 мг/кг)	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Таблица 3. Влияние продолжительности биоферментации на показатели химической безопасности

Показатель (ПДК, НД)	Образец ($n = 6$)		
	до ферментации	после ферментации	
		22 мм	24 часа
<i>Пестициды</i>			
Малатион, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг; DIN EN 15662:2018, ВЭЖХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Пиримитофос-метил, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг; DIN EN 15662:2018, ГХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Циперметрин, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг; DIN EN 15662:2018, ГХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Дифлубензурон, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг; DIN EN 15662:2018, ВЭЖХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<i>Нитраты и нитриты</i>			
Нитраты, мг/кг (ПДК 200,0 мг/кг; ГОСТ 13496.19-2015)	99,0 ± 0,25	132,0 ± 0,33	174,0 ± 0,44
Нитриты, мг/кг (ПДК 10,0 мг/кг; ГОСТ 13496.19-2015)	1,881 ± 0,094	1,25 ± 0,63	1,8 ± 0,16
<i>Токсичные элементы</i>			
Свинец, мг/кг (ПДК < 5,0 мг/кг; ГОСТ Р 53100-2008)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Мышьяк, мг/кг (ПДК < 0,5 мг/кг; ГОСТ Р 53100-2008)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Кадмий, мг/кг (ПДК < 0,3 мг/кг; ГОСТ Р 53100-2008)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ртуть, мг/кг (ПДК < 0,1 мг/кг; ГОСТ 31650-2012)	< 0,025	< 0,025	< 0,025

безопасности в измельченных стержнях кукурузных початков (как до ферментации, так и после) превышения норм не установлено.

В образцах стержней початков кукурузы скрининговым методом «Качественное определение регуляторных последовательностей в геноме ГМ-растений (p-35S; t-NOS; p-FMV)», изложенным в ГОСТ Р 53214-2008, ГМО не обнаружены.

ВЫВОДЫ

Результатами лабораторных исследований измельченных стержней кукурузных початков доказано, что неза-

висимо от времени микробиологического ферментирования с использованием закваски Леснова достоверно уменьшились массовая доля влаги, сырой клетчатки, растворимых углеводов; увеличилось содержание сырого протеина, сырой золы, крахмала. Через 24 часа ферментации достоверно возросло содержание сырого жира. Уровень обменной энергии для всех видов животных имел тенденцию к повышению при недостоверной разнице. При ферментации произошел сдвиг pH в кислую сторону. Полученный ферментированный продукт отвечает требованиям биологической и химической безопасности, предъявляемым к кормам для животных.

Литература

- Авила-Сегура, М. Удаление питательных веществ и щелочности при уборке урожая кукурузного зерна, соломы и початков в Верхнем Среднем Западе США / М. Авила-Сегура, П. Барак, Дж. Л. Хедтке, Дж. Л. Познер // Биомасса. Биоэнергия. — 2011. — 35:1190 — С. 5.
- Ванапат, М. Источники питания и их влияние на животноводство и экологическую устойчивость / М. Ванапат, А. Чердтонг, К. Пхесача, С. Канг // Animal Nutrition — 2015. — 1: 96 — С. 103.
- Ван Эйлен, Д. Кукурузные волокна, початки и солома: осахаривание с помощью ферментов и коферментация после предварительной обработки разбавленной кислотой / Д. Ван Эйлен, Ф. Ван Донген, М. Кабель, Дж. де Бонт // Биоресурс Техно. — 2011. — 102:5995 — С. 6004.
- Вачирапакорн, Ч. Влияние молотых кукурузных початков как источника клетчатки в общем смешанном рационе на потребление корма, надой и состав молока у тропических лактирующих помесных голштинских коров / Ч. Вачирапакорн, А. Чердтонг, К. Пилачай, М. Ванапат // статья с открытым доступом по лицензии CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)
- Дуборезов, В. Корма из кукурузы / В. Дуборезов, И. Андреев, И. Дуборезов // Животноводство России. — Март, 2020. — С. 63–64.
- Кузнецова, Н. А. Вторичная переработка отходов как фактор устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий / Н. А. Кузнецова, Л. В. Зинич // Фундаментальные исследования — 2021 — № 11. — С. 120–124.
- Леснов, П. А. Универсальная биологическая закваска / П. А. Леснов // Комбикормовая промышленность. — № 6. — М. — Минсельхозпрод. — 1995. — С. 21.
- Леснов, П. А. Способ использования закваски в кормосмеси. Закваска Леснова для приготовления кормов / П. А. Леснов. Способ использования закваски в кормосмеси. Закваска Леснова для приготовления кормов / Патент RU 2 122 330 С1 Российское Агентство по патентам и товарным знакам. Опубл. 27.11.1998. — Бюл.
- Миронова, О. А. Перспективы использования технологических отходов промышленного производства грибов вешенки после ферментирования закваской Леснова в качестве корма для крупного рогатого скота / О. А. Миронова, А. П. Леснов, Л. П. Миронова, А. А. Миронова, М. И. Егоров // Вестник Донского государственного аграрного университета — 2023. — 1 (47). — С. 117–124.
- Миронова, О. А. Показатели безопасности грибного субстрата при ферментации закваской Леснова / О. А. Миронова, В. Н. Василенко, Л. П. Миронова, А. П. Кармазин, А. А. Миронова, А. П. Леснов // Комбикорма. — 2023. — № 9. — С. 55–57.
- Мосолов, А. А. Стержни початков в рационе КРС / А. А. Мосолов // Кормопроизводство. — № 3 (30). — Июль, 2020. — С. 37–39. ■