

DOI: 10.37925/0039-713X-2024-8-19-22

УДК 631.95

Качество и безопасность ферментированных комбикормов для свиней с использованием отходов сельскохозяйственного производства

Х.А. АМЕРХАНОВ, академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: h.amerhanov@yandex.ru, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», О.А. МИРОНОВА, кандидат биол. наук, заведующая базовой кафедрой фитосанитарной биологии и безопасности экосистем института экологии, e-mail: m2889888@mail.ru, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»

Статья посвящена анализу показателей качества и безопасности ферментированных с использованием закваски Леснова комбикормов для свиней из отходов сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. В сравнительном аспекте изучены ферментированные комбикорма, изготовленные по следующей рецептуре:

– рецепт №1: пивная дробина – 40%; пшеничные отруби – 20%; жмых подсолнечника – 20%; грибной субстрат – 20%;

– рецепт №2: пивная дробина – 40 %; пшеничные отруби – 10%; жмых подсолнечника – 10%; грибной субстрат – 40%.

С учетом показателя обменной энергии, физико-химических параметров рекомендуется применять для кормления свиней ферментированный комбикорм, изготовленный по рецепту №1.

Ключевые слова: свиньи, комбикорма, отходы сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, микробиологическое ферментирование, физико-химические показатели качества, биологическая безопасность, химическая безопасность, ГМО.

Quality and safety of fermented feed for pigs using agricultural waste

Kh.A. AMERKHANOV, academician of the RAS, doctor of agricultural sciences, professor, e-mail: h.amerhanov@yandex.ru, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, O.A. MIRONOVA, candidate of biological sciences, head of the basic department of phytosanitary biology and ecosystem safety of the Institute of Ecology, e-mail: m2889888@mail.ru, RUDN University, All-Russian Plant Quarantine Center

The article is devoted to the study of quality and safety indicators of feed for pigs fermented using Lesnov's starter culture, made from agricultural waste and processing industry. In a comparative aspect, fermented feedstuffs made according to the following recipe were studied. Recipe №1: brewer's grains – 40%; wheat bran – 20%; sunflower cake – 20%; mushroom substrate – 20%. Recipe №2: beer grains – 40%; wheat bran – 10%; sunflower cake – 10%; mushroom substrate – 40%.

Taking into account the indicator of metabolic energy, physical and chemical indicators, it is recommended to use fermented compound feed for feeding pigs, made according to recipe №1.

Key words: pigs, feed, agricultural and processing industry waste, microbiological fermentation, physicochemical quality indicators, biological safety, chemical safety, GMOs.

Введение

С ростом населения Земли все больше обостряется проблема его питания. При увеличении производства продуктов питания повышается и количество отходов, загрязняющих окружающую среду. Больше всего отходов генерирует агропромышленный

комплекс [6]. Ученые всего мира ищут способы переработки отходов для вторичного использования, в том числе для скормливания животным [9].

Одним из эффективных направлений утилизации отходов является микробиологическая переработка вторичного сырья [6, 10]. Доказан-

ная научными исследованиями и внедренная в широкое производство биоконверсия отходов позволит расширить кормовую базу и увеличить в рационах долю дешевых кормов, что является одной из задач животноводства в современных условиях хозяйствования [8, 12].

Многими исследователями доказано, что микробиологическое ферментирование значительно улучшает физико-химические свойства различных малоценных отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности [5, 7, 14]. П.А. Леснов предложил препарат, который назвал закваской, включающий биологически активные вещества, мицелии микроскопических грибов, макро- и микроэлементы, повышающие питательность грубых кормов на 80–100%, крахмалистых и сахаристых – на 15–20%, витамины В, D, РР, К, Е, Н, а также ароматические вещества. Закваска Леснова изучена на таких субстратах, как рожь, отруби, молочная сыворотка, пивная дробина. Продукты, полученные после ферментации закваской Леснова, испытаны при кормлении свиней, птицы, жвачных животных [11].

Поскольку процесс биоферментации закваской Леснова осуществляется при влажности сырья 45–55% и температуре 50–55°C в течение 12–42 часов, то есть в условиях, подходящих для развития плесневых грибов и дрожжей, необходимо изучить полученный продукт на показатели биологической безопасности – микотоксины, плесневые грибы и дрожжи [2, 13].

Большинство целлюлозосодержащих отходов генерируется при выращивании, хранении и переработке растительной продукции, высокие урожаи которой невозможно получить без применения химических препаратов – гербицидов, стимуляторов роста, пестицидов, что представляет опасность при употреблении кормов животными [1, 3, 4]. Исходя из сказанного, широкое использование ферментированных отходов сельского хозяйства для кормления животных можно рекомендовать, лишь убедившись в их безопасности.

Целью исследований было изучение показателей качества и безопасности ферментированных с использованием закваски Леснова комбикормов, составленных из отходов сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, с перспективой применения для кормления свиней. Рецепт №1: пивная дробина – 40%; пшеничные отруби – 20%; жмых подсолнечника – 20%; грибной субстрат – 20%. Рецепт №2: пивная дробина – 40%; пшеничные отруби – 10%; жмых подсолнечника – 10%; грибной субстрат – 40%.

Задачи исследования заключались в изучении физико-химических параметров качества, показателей биологической и химической безопасности.

■ **Материалы и методы**

Исследования ферментированных комбикормов проводили в 2023–2024 году в ООО «ИНБИОТЕХ-К» (Москва). Комбикорма готовили и ферментировали с использованием закваски Леснова по предложенной авторами методике: на одну часть сырья вносили 0,000005 части закваски Леснова при влажности сырья 45–55%, температуре 50–55°C в течение 24 часов.

Объектами исследований были 20 проб комбикормов, изготовленных по приведенным выше рецептурам, по 10 проб каждого рецепта.

Физико-химические показатели качества, содержание микотоксинов – афлатоксина В1, дезоксиниваленола, зеараленона, охратоксина А, Т-2-токсина, пестицидов, нитратов и нитритов, токсичных элементов и ГМО исследовали в Испытательной лаборатории ФГБУ «Центр оценки качества зерна» по Москве и Московской области.

Микробиологические показатели – плесневые грибы и дрожжи – в Воронежском филиале ФГБУ «Центр оценки качества зерна» согласно действующей нормативной документации (НД) с использованием методов и методик лабораторных исследований испытуемых субстратов: качественного и количественного химического анализа, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), газовой хроматографии (ГХ), атомно-абсорбционной спектроскопии и др.

Лабораторные методы исследований качества соответствовали действующей нормативной документации: 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. По химическим элементам – ГОСТ 32343-2013. По безопасности кормов – микотоксинам – ГОСТ 30711-2001; ГОСТ EN 15851-2013; ГОСТ 31691-2012; МУК 4.1 2204-07; инструкция Р43/В. По пестицидам – DIN EN 15662 2018. По нитратам – ГОСТ 13496 19-2015. По нитритах – ГОСТ 13496 19-2015. По токсичным элементам – ГОСТ Р 53100-2008; ГОСТ 31650-2012. По ГМО – ГОСТ Р 53214-2008.

■ **Результаты исследований**

Результаты опыта по сравнению физико-химических показателей комбикорма по рецепту №1 (пивная дробина – 40%; пшеничные отруби – 20,0%; жмых подсолнечника – 20%; грибной субстрат – 20%) и комбикорма по рецепту №2 (пивная дробина – 40%; пшеничные отруби – 10%; жмых подсолнечника – 10%; грибной субстрат – 40%) под влиянием микробиологической биоферментации с использованием закваски Леснова приведены в **таблице 1**.

Анализируя **таблицу 1**, можно сделать вывод о том, что массовая доля сырого жира в пересчете на сухое вещество после ферментации комбикорма №1 была выше в сравнении с ферментированным комбикормом №2 на 72,5% (P<0,001).

Таблица 1. Сравнение физико-химических свойств ферментированных комбикормов, изготовленных по рецептам №1 и №2

Показатель	Комбикорм (n=10)	
	рецепт №1	рецепт №2
Массовая доля влаги, %	7,4±0,28	7,2±0,22
Массовая доля сырого жира в пересчете на сухое вещество (не менее), %	6,9±0,36***	4,0±0,14
Массовая доля сырого протеина в пересчете на сухое вещество (не менее), %	17,76±0,55**	13,2±0,42
Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество (не более), %	5,8±0,3	5,8±0,3
Массовая доля сырой клетчатки в пересчете на сухое вещество (не более), %	26,0±2,2**	35,7±2,7
Массовая доля растворимых углеводов, %	2,8±0,3***	4,8±0,6
Содержание крахмала в пересчете на сухое вещество, г/кг	90,0±6,6***	58,0±4,6
%	9,0	5,8
pH	5,3±0,2	5,0±0,2
Обменная энергия, МДж/кг	10,5***	2,6

Здесь и далее: *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001.

Содержание сырого протеина в комбикорме №1 в сравнении с комбикормом №2 после ферментации было больше на 34,6% ($P<0,001$). Содержание растворимых углеводов в ферментированном комбикорме №2 было выше, чем в комбикорме №1, в 1,7 раза ($P<0,001$). Уровень крахмала вырос в ферментированном комбикорме №1 и был больше в 1,6 раза в сравнении с ферментированным комбикормом №2 ($P<0,001$).

В ферментированном комбикорме №1 процентное содержание сырой клетчатки было ниже в сравнении с ферментированным комбикормом №2 на 37,3% ($P<0,01$). Показатели массовой доли влаги и сырой золы в комбикормах №1 и №2 после ферментации были близки.

pH комбикорма №1 после ферментации был ближе к нейтральному на 0,3 ед. (6,0%) в сравнении с уровнем pH ферментированного комбикорма, изготовленного по рецепту №2.

Уровень обменной энергии для свиней в ферментированном комбикорме, изготовленном по рецепту №1, был в 4,0 раза выше в сравнении с таковым в комбикорме, изготовленном по рецепту №2.

Таким образом, в ферментированном комбикорме по рецепту №1 в сравнении с ферментированным комбикормом по рецепту №2 массовая доля жира, сырого протеина, крахмала, уровень обменной энергии достоверно были выше в пересчете на сухое вещество. Достоверно ниже была массовая доля сырой клетчатки, растворимых углеводов. Значения показателей массовой доли влаги и сырой золы в комбикормах №1 и №2 после ферментации были близки. pH комбикорма №1 после ферментации был ближе к нейтральному на 0,3 ед. pH (6,0 %).

В комбикормах, ферментированных с использованием закваски Леснова, изучили содержание аминокислот и витаминов (табл. 2).

В ферментированном комбикорме №1 в сравнении с комбикормом №2 процентное содержание всех аминокислот было больше: от минимального – 11,1% (глицин) до максимального – 63,6% (лейцин); витаминов В₁, В₂, В₆ – на 4,0%, 16,3%, 48,4% соответственно.

Поскольку в состав комбикормов включены отходы различных производств и процесс биоферментации с использованием закваски

Таблица 2. Сравнение содержания аминокислот и витаминов в комбикормах, изготовленных по рецептам №1 и №2

Показатель	Комбикорм (n=10)	
	рецепт №1	рецепт №2
Аминокислоты		
Аспарагиновая кислота, %	0,28±0,03	0,28±0,03
Треонин, %	0,42±0,04	0,32±0,04
Серин, %	0,46±0,04	0,22±0,03
Глутаминовая кислота, %	0,33±0,03	0,16±0,03
Глицин, %	0,26±0,03	0,18±0,02
Аланин, %	0,20±0,02	0,22±0,02
Валин, %	0,26±0,02	0,19±0,02
Изолейцин, %	0,27±0,02	0,13±0,01
Лейцин, %	0,19±0,02	0,11±0,02
Тирозин, %	0,18±0,02	0,12±0,01
Фенилаланин, %	0,17±0,02	0,11±0,01
Лизин, %	0,15±0,01	0,10±0,01
Аргинин, %	0,15±0,01	0,15±0,01
Пролин, %	0,19±0,02	0,18±0,02
Метионин, %	0,24±0,03	0,09±0,01
Витамины		
В ₁ , мг/кг	9,44±0,72	9,08±0,81
В ₂ , мг/кг	2,35±0,11	2,02±0,02
В ₆ , мг/кг	0,46±0,04	0,31±0,04

Примечание: методы испытаний по ГОСТ 32195-201, МИ-ВЛ-1-01-2016 и ГОСТ 32 343-2013.

Таблица 3. Сравнение содержания плесневых грибов и микотоксинов в комбикормах, изготовленных по рецептам №1 и №2

Показатель	Комбикорм (n=10)		
	ПДК, МДУ	рецепт №1	рецепт №2
Микробиологические показатели			
Плесневые грибы (не более), КОЕ/г	5,0х10 ²	3,0х10 ²	7,2х10 ¹
Дрожжи (не более), КОЕ/г	5,0х10 ²	3,3х10 ²	6,9х10 ¹
Микотоксины			
Афлатоксин В1, мг/кг	<0,1	<0,003	<0,003
Дезоксиниваленол, мг/кг	<1,0	<0,058	<0,058
Зеараленон, мг/кг	<1,0	<0,1	<0,1
Охратоксин А, мг/кг	<0,05	<0,0005	<0,0005
Т-2-токсин, мг/кг	<0,1	<0,05	<0,05
ГМО			
Качественное определение регуляторных последовательностей в геноме ГМ-растений	Промотор P-35S T-NOS P-FMV Не обнаружены	Промотор P-35S T-NOS P-FMV Не обнаружены	Промотор P-35S T-NOS P-FMV Не обнаружены

Примечание: методы испытаний по ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 34108-2017 и ГОСТ Р 53214-2008.

Леснова осуществляется при влажности сырья 45–55%, температуре 50–55°С в течение 24 часов – условиях, подходящих для развития плесневых грибов и дрожжей, были изучены показатели биологической безопасности – наличие плесневых грибов, дрожжей и микотоксинов в полученных ферментированных комбикормах.

Установлено, что количество микробных клеток плесневых грибов и дрожжевых клеток после ферментации оставалось в пределах нормативных значений. Согласно данным таблицы 3, содержание аф-

латоксина В1, дезоксиниваленола, Т-2-токсина, зеараленона, охратоксина А в исследованных образцах комбикормов после ферментации не выходило за пределы МДУ.

Скрининговым методом «Качественное определение регуляторных последовательностей в геноме ГМ-растений (P-35S, T-NOS, P-FMV)» промотор 35S, терминатор NOS, промотор FMV не обнаружены.

Так как технология выращивания, переработки и хранения растительной продукции, входящей в состав комбикормов, предполагает обязательное применение химических

Таблица 4. Исследование комбикормов, изготовленных по рецептам №1 и №2 методом биоферментации с использованием закваски Леснова, на показатели химической безопасности (мг/кг)

Показатель	Субстрат (n=10)		
	ПДК, МДУ	рецепт №1	рецепт №2
Пестициды			
Малатион	<0,02 (DIN EN 15662 2018; ВЭЖХ)	<0,01	<0,01
Пиримифос-метил	<0,01 (DIN EN 15662 2018; ГХ)	<0,01	<0,01
Циперметрин	<0,2 (DIN EN 15662 2018; ГХ)	<0,01	<0,01
Дифлубензурон	<0,01 (DIN EN 15662 2018; ГХ)	<0,01	<0,01
Нитраты и нитриты			
Нитраты	200,0 (ГОСТ 13496 19-2015)	169,0±22,0	180,0±24,0
Нитриты	10,0 (ГОСТ 13496 19-2015)	4,66	3,44
Токсичные элементы			
Свинец	<0,5 (ГОСТ Р 53100-2008)	<0,5	<0,5
Мышьяк	<0,5(ГОСТ Р 53100-2008)	<0,1	<0,1
Кадмий	<0,1(ГОСТ Р 53100-2008)	<0,05	<0,05
Ртуть	<0,02 ГОСТ 31650-2012)	<0,02	<0,02

Примечание: в скобках указана НД для методов испытаний.

препаратов, необходимо исследовать корма для животных на наличие химически опасных веществ, к которым относятся прежде всего пестициды, токсичные элементы, нитраты и нитриты. Были изучены полученные микробиологическим ферментированием с использованием закваски Леснова продукты на показатели химической безопасности – пестициды, токсические элементы, нитраты и нитриты.

Согласно данным **таблицы 4**, содержание пестицидов (малатион, пиримифос-метил, циперметрин, дифлубензурон), применяемых при выращивании сельскохозяйственных растений, в комбикорме №1 и №2 после ферментации с использованием закваски Леснова оставалось ниже ПДК.

Нитраты и нитриты являются нормируемыми показателями безопасности кормов. При исследовании ферментированных образцов комбикормов, изготовленных по рецептам №1 и №2, их количество не превышало установленных норм.

При исследовании токсичных элементов в ферментированных образцах комбикормов различий в содержании свинца, мышьяка, кадмия и ртути не установлено. Так, содержание свинца и ртути было на уровне ПДК, мышьяка – ниже в пять раз, кадмия – меньше в два раза.

Таким образом, содержание пестицидов, токсичных элементов, нитратов и нитритов в ферментированных комбикормах, изготовленных по рецептам №1 и №2, не превышали установленных законодательством норм ПДК.

Литература

1. Агафонов Е.В. Применение минеральных удобрений и биопрепаратов по подсолнечнику на черноземе обыкновенном/Е.В. Агафонов, А.В. Ващенко//Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: Материалы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 3–7.

2. Ахмадышин Р.А. Микотоксины-контаминанты кормов/Р.А. Ахмадышин, А.В. Канарский, З.А. Канарская. Вестник Казанского технологического университета, 2007. Вып. 2. С. 88–103.

3. Бородин С.Г. Грибные болезни подсолнечника/С.Г. Бородин, В.Т. Пивень, И.А. Котлярова, И.И. Шуляк. Защита и карантин растений, 2006. №5. С. 20–23.

4. Гаршин М.В. Оценка эффективности фунгицидов при химической защите подсолнечника/М.В. Гаршин. Синергия наук, 2017. №14. С. 906–910.

5. Колпакчи А.П. Вторичные материальные ресурсы пивоварения/А.П. Колпакчи, Н.В. Голикова, О.В. Андреева. М.: Агропромпиздат, 1986. 159 с.

6. 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.

7. Лазаревич А.Н. Технология производства и применения кормового продукта и концентрата на основе пивной дробины/А.Н. Лазаревич, А.П. Леснов, О.В. Иванова. Красноярский НИИЖ. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 55 с.

8. Лазаревич А.Н. Солома в рационах сельскохозяйственных животных/А.Н. Лазаревич, А.П. Леснов//Рекомендации. Красноярск, 2016. 83с.

9. Леонтьев С.В. Актуальность переработки отходов растительного происхождения/С.В. Леонтьев, А.П. Леснов. Эффективное животноводство, 2011. №9. С. 32–33.

10. Леснов П.А. Универсальная биологическая закваска/П.А. Леснов. Универсальная биологическая закваска//Комбикормовая промышленность. №6. М.: Минсельхозпрод, 1995. С. 21.

Выводы

В процессе сравнительных лабораторных исследований ферментированных с использованием закваски Леснова комбикормов, изготовленных по рецепту №1 и №2, установлено:

- в комбикорме по рецепту №1 в сравнении с комбикормом по рецепту №2 достоверно выше содержание (в пересчете на сухое вещество) массовой доли жира, сырого протеина, крахмала, уровня обменной энергии;
- достоверно ниже массовая доля сырой клетчатки, растворимых углеводов. Значения показателей массовой доли влаги и сырой золы были близки;
- рН комбикормов был слабокислым, но комбикорм №1 был ближе к нейтральному на 0,3 ед. (6,0%);
- в комбикорме №1 в сравнении с комбикормом №2 процентное содержание всех аминокислот было выше: от минимального – 11,1% (глицин) до максимального – 63,6% (лейцин). Витаминов В₁, В₂, В₆ – на 4,0%, 16,3%, 48,4% соответственно;
- количество микробных клеток плесневых грибов и дрожжевых клеток в обоих комбикормах оставалось в пределах нормативных значений. Содержание афлатоксина В1, дезоксиниваленола, Т-2-токсина, зеараленона, охратоксина А, пестицидов, токсичных элементов, нитратов и нитритов не выходило за пределы МДУ. ГМО не обнаружены;
- с учетом показателя обменной энергии, физико-химических параметров качества рекомендуется применять для кормления свиней ферментированный комбикорм, изготовленный по рецепту №1.

11. Леснов П.А. Способ использования закваски в кормосмеси. Закваска Леснова для приготовления кормов/П.А. Леснов. Патент RU 2122330 С1. Российское агентство по патентам и товарным знакам. Опубликовано 27.11.1998.

12. Миронова О.А. Горизонты биотехнологии в животноводстве России/О.А. Миронова, А.П. Леснов. Вестник РУДН. Экология и безопасность жизнедеятельности, 2024. Т. 32. №1. С. 77–86.

13. Монастырский О.А. Микотоксины – глобальная проблема безопасности продуктов/О.А. Монастырский, М.Я. Искандеров. Агрохимия, 2016. №6. С. 67–71.

14. Патент 2370532 РФ. МПКС1N1/20, A23L1/105, A61K35/7. Способ ферментации растительного материала и культивирования бактерий, экстракт ферментированного растительного материала, порошок экстракта, ферментированного растительного материала и их применение/С. Ген-Итиро, К. Тие, И. Хиroyuki, Н. Такаси, Т. Юкинори. Заявлено 10.11.2007. Опубликовано 20.10.2009.