

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНООТХОДОВ ИЗ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Резюме. В исследовании оценивали влияние микробиологической ферментации разной продолжительности на качество пшеничных зерноотходов с использованием закваски Леснова в течение 6; 12; 24 и 36 ч. Через 6 ч достоверно увеличилось только содержание крахмала, через 12 ч к нему добавились витамины B_1 , B_2 , B_6 и снизился уровень сырой клетчатки. При 24- и 36-часовой ферментации наблюдалось достоверное повышение влажности, массовой доли сырой клетчатки, сырого жира, растворимых углеводов, крахмала и содержания витаминов B_1 , B_2 , B_6 ; при этом значения, полученные в эти периоды времени, были близкими. Авторы с учетом качества и энергозатрат оптимальным считают 24-часовой режим.

Ключевые слова: пшеничные зерноотходы, продолжительность микробиологической ферментации, закваска Леснова, показатели качества.

DYNAMICS OF QUALITY INDICATORS OF GRAIN WASTE FROM WHEAT WITH DIFFERENT DURATION OF MICROBIOLOGICAL FERMENTATION

Abstract. The authors of the study studied the dynamic effect of microbiological fermentation of different durations on the quality of wheat waste, as a result of which it was found that after fermentation for 6 hours there was no significant change in most quality indicators, only the starch content increased significantly in relation to the native substrate; after fermentation of wheat waste for 12 hours, it significantly increased the amount of starch, vitamins B_1 , B_2 and B_6 , and the content of crude fiber decreased relative to the native substrate; after fermentation of wheat waste for 24 and 36 hours, significant changes in quality indicators occurred: moisture content, crude fiber, crude fat, soluble carbohydrates, starch, vitamins B_1 , B_2 and B_6 in relation to the native substrate; but similar in quantitative values of these indicators among themselves; optimal microbiological regime From the point of view of quality and energy saving, the authors consider the fermentation of grain waste from wheat to be a twenty-four-hour regime.

Key words: grain waste from wheat, duration of microbiological fermentation, Lesnov starter culture, quality indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Зерновые отходы, образующиеся при подработке (сепарировании) зерновых культур и содержащие мелкое, щуплое и битое зерно, обладают высоким кормовым потенциалом. Но одна только механическая очистка, без предварительной подготовки данных продуктов к скармливанию, не способствует нормальному пищеварению у моногастрических животных. Сырая клетчатка и другие некрахмалистые полисахариды почти не гидролизуются пищеварительными ферментами, блокируют их доступ к нутриентам внутри растительной клетки, препятствуя контакту «субстрат–фермент» [1]. Исследования А.А. Белова [2] показали, что около 70% безазотистых экстрактивных веществ зерна плохо усваивается моногастрическими животными, поэтому его подготовка к скармливанию имеет большое значение. Фуражное зерно обычно измельчают

УДК 636.4.082

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-01-3-260

**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 (РИНЦ): 1162836
E-mail: mironova_olan@pfur.ru

**ХАРОН АДИЕВИЧ
АМЕРХАНОВ³,**

академик РАН,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

ORCID: 0000-0003-3626-7316
SPIN-код: 1671-3699
AuthorID (РИНЦ): 259201
E-mail: h.amerhanov@yandex.ru

**ОЛЬГА ЮРЬЕВНА
СЛОВАРЕВА¹,**

кандидат биологических наук,
доцент базовой кафедры фитосанитарной
биологии и безопасности экосистем
Института экологии

ORCID: 0000-0001-6022-5955
SPIN-код: 4396-9436
AuthorID (РИНЦ): 975027
E-mail: slovareva_oyu@pfur.ru

**АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ
ПЕРЕВЕДЕНЦЕВ¹,**

магистр

ORCID: 0009-0004-8502-0066
SPIN-код: 9091-2474
AuthorID (РИНЦ): 1298710
E-mail: sasha6641@yandex.ru

¹Российский университет дружбы народов
117198, Российская Федерация, г. Москва,
ул. Миклухо-Маклая, д. 6

²ФГБУ «Всероссийский центр карантина
растений» (ФГБУ «ВНИИКР»)

140150, Российская Федерация,
Московская область, м.о. Раменский,
пгт. Быково, ул. Пограничная, д. 32

³Российский государственный
аграрный университет —
МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Поступила в редакцию:

09.12.2025

Одобрена после рецензирования:

12.12.2025

Принята в публикацию:

15.12.2025

Статья подготовлена в рамках выполнения
государственного задания по теме
№ 080524-1-074 «Рециклинг отходов сельского
хозяйства, пищевой и перерабатывающей
промышленности с целью использования для
кормления сельскохозяйственных животных».

UDC 636.4.082

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-01-3-260

OLGA A. MIRONOVA^{1,2},

Candidate of Biological Sciences,
Head of the Department of Phytosanitary
Biology and Ecosystem Safety of Institute
of Environmental Engineering

ORCID: 0000-0002-3263-8100

SPIN: 5108-1323

AuthorID: 1162836

E-mail: mironova_olan@pfur.ru

KHARON A. AMERKHANOV³,

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

ORCID: 0000-0003-3626-7316

SPIN: 1671-3699

AuthorID: 259201

E-mail: h.amerhanov@yandex.ru

OLGA Y. SLOVAREVA¹,

Candidate of Biological Sciences, Associate
Professor of the Department
of Phytosanitary Biology and Ecosystem
Safety of Institute of Environmental
Engineering

ORCID: 0000-0001-6022-5955

SPIN: 4396-9436

AuthorID: 975027

E-mail: slovareva_oyu@pfur.ru

ALEKSANDER V. PEREVEDENTSEV¹,

Master

ORCID: 0009-0004-8502-0066

SPIN: 9091-2474

AuthorID: 1298710

E-mail: sasha6641@yandex.ru

¹RUDN University117198, Russia, Moscow,
Miklouho-Maclay, 6²The Federal State Budgetary Institution
«All-Russian Plant Quarantine Center»
(FGBU «VNIIKR»)140150, Russia, Moscow Oblast,
Ramensky Municipal District,
Bykovo, Pogranichnaya, 32³Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education Russian
State Agrarian University —
Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev127550, Russia, Moscow,
Timiryazevskaya st., 49

Received by editor office:

2.09.2025

Approved in revised:

12.12.2025

Accepted for publication:

12.15.2025

*The article was prepared as part of the state
assignment on topic No. 080524-1-074
«Recycling of agricultural, food and processing
industry waste for use in feeding farm animals».*

в дробилке, реже применяют замачивание, проращивание, плющение и т.д. Традиционные технологии опираются на многолетний производственный опыт, тогда как современные базируются на научных достижениях, проверенных экспериментально и на производстве.

Для модернизации животноводства, повышения его эффективности актуальны также интенсивные технологии обработки растительного сырья: кавитирование, экструдирование, биоконверсия [4, 10]. Однако экструдирование, наряду с положительным воздействием — денатурацией белков и частичным превращением крахмала в легкоусвояемые углеводы, может при высоких температурах разрушать витамины, ферменты и другие биологически активные вещества (БАВ) [4]. Среди перспективных направлений — биоконверсия с использованием микробных культур [3, 13]. Экспериментально подтверждено, что при такой обработке целлюлозосодержащих отходов разрушается лигнин-целлюлозный комплекс, что улучшает доступность питательных веществ [11, 12, 14]. К задаче подготовки кормов к скармливанию относятся повышение поедаемости и переваримости, обогащение недостающими БАВ, обеззаривание. На основе положительных результатов биоферментации других сельскохозяйственных отходов [5, 8] мы решили испытать закваску Леснова на пшеничных зерноотходах. Подобные исследования ранее не проводились. Закваска Леснова — это ассоциация полезных микроорганизмов, активных при влажности 45–55% и температуре сырья 50–55°C в течение 6–42 ч [6].

Цель исследования — изучить динамику показателей качества пшеничных зерноотходов при разной продолжительности микробиологической ферmentationи и на этой основе предложить оптимальный временной режим.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2025 г. Объектами служили 30 проб зерноотходов, из них 6 проб — контрольные, а 24 были подвержены твердофазной микробиологической ферментации в течение 6; 12; 24 и 36 ч с применением закваски Леснова по разработанной методике: вносимая доля закваски — 0,000005 частей в расчете на 1 часть сырья при влажности 45–55% и температуре 50–55°C. Физико-химические показатели качества определяли в Испытательной лаборатории ФГБУ «Центр оценки качества зерна» по г. Москве и Московской области по действующим нормативным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После ферментации в зерноотходах наблюдались изменения показателей качества по сравнению с нативными образцами (таблица; рисунки 1 и 2).

Через 6 ч увеличились: влажность на 3,1%, массовая доля сырого протеина на 3,3%, растворимых углеводов на 4,4%, содержание железа на 4,5%, витаминов В₁, В₂ и В₆ соответственно на 2,1; 12,1 и 5,0%, разница по всем показателям статистически незначима; массовая доля крахмала выросла достоверно на 20,0%, сырой клетчатки, наоборот, снизилась на 7,5% (разница недостоверна). Количество сырого жира, сырой золы, обменной энергии для всех видов животных и pH остались на исходном уровне.

Через 12 ч ферментации фиксировались следующие изменения: содержание крахмала увеличилось на 33,3%, а сырой клетчатки снизилось на 24,5% (изменения достоверны), также повысилась концентрация витаминов В₁, В₂ и В₆ соответственно на 25,4; 18,5 и 20,0% (все достоверно). Изменения следующих параметров не достигли уровня статистической значимости: влажность снизилась на 6,3%, при этом повысились значения сырого протеина на 7,7%, сырой золы на 5,8%, растворимых углеводов на 13,0%. Уровень pH снизился на 3,2% (сдвиг в кислую сторону), железа на 8,8%. Увеличилось количество обменной энергии: для КРС и овец на 0,8%, для свиней и птицы на 1,5%.



Через 24 ч влажность снизилась на 21,9%, массовая доля сырой клетчатки на 34,0%, повысилось содержание растворимых углеводов на 30,4%, крахмала на 84,7%, сырого жира на 26,6% (все изменения достоверны); а также сырого протеина на 7,7%, сырой золы на 11,4%, уровень pH сдвинулся в кислую сторону на 4,8%, количество железа увеличилось на 10,0% (разница недостоверна); витаминов В₁ на 49,3%, В₂ на 63,6%, В₆ на 25,0% (все достоверно). Обменная энергия возросла: для КРС на 1,6%, для свиней на 2,9%, для птицы на 5,3%, для овец

на 2,5%, по отношению к нативным образцам (различия недостоверны).

Через 36 ч ферментации влажность и сырая клетчатка снизились соответственно на 26,6% и 38,1%, растворимых углеводов стало больше на 34,8%, крахмала в 2 раза, сырого жира на 22,7% (различия достоверны), массовая доля сырого протеина увеличилась на 8,0%, сырой золы на 10,6%, железа на 9,3%, pH сдвинулся в кислую сторону на 5,2%, (разница по всем показателям недостоверна), содержание витаминов В₁, В₂ и В₆ повысилось соответственно

Динамика показателей качества пшеничных зерноотходов в зависимости от продолжительности ферментации ($M \pm m$)

Показатель	До ферментации	Продолжительность ферментации, ч			
		6	12	24	36
Влажность, %	12,8 ± 0,32	13,2 ± 0,36	12,0 ± 0,34	10,0 ± 0,28'	9,40 ± 0,26'
pH, ед.	5,80 ± 0,08	5,76 ± 0,08	5,62 ± 0,09	5,52 ± 0,08	5,50 ± 0,08
Массовая доля на а.с.в., %					
сырого протеина	12,94 ± 0,40	13,04 ± 0,42	13,94 ± 0,28	13,94 ± 0,28	13,98 ± 0,26
сырого жира	5,75 ± 0,28	5,64 ± 0,31	5,42 ± 0,28	7,28 ± 0,26'	7,06 ± 0,28'
сырой клетчатки	29,4 ± 2,4	27,2 ± 2,6	22,2 ± 1,9'	19,4 ± 2,8'	18,2 ± 3,2'
сырой золы	5,2 ± 0,4	5,3 ± 0,3	5,5 ± 0,4	5,7 ± 0,5	5,75 ± 0,45
растворимых углеводов	4,6 ± 0,6	4,8 ± 0,6	5,2 ± 0,5	6,0 ± 0,6'	6,2 ± 0,5'
крахмала	30,0 ± 0,5	36,0 ± 0,6	40,0 ± 1,6'	55,4 ± 6,6''	60,4 ± 7,0'''
Железо, мг/кг	1842,0 ± 212,0	1924,0 ± 218,0	2004,0 ± 282,0	2024,0 ± 196,0	2014,0 ± 190,0
Витамины, мг/кг					
B ₁	4,34 ± 0,30	4,43 ± 0,32	5,44 ± 0,28'	6,48 ± 0,26''	6,54 ± 0,16''
B ₂	1,32 ± 0,11	1,48 ± 0,13	1,56 ± 0,12'	2,16 ± 0,22''	2,32 ± 0,20''
B ₆	0,40 ± 0,03	0,42 ± 0,12	0,48 ± 0,04'	0,50 ± 0,05'	0,55 ± 0,08'
Обменная энергия, МДж/кг					
КРС	12,2 ± 0,1	12,2 ± 0,1	12,3 ± 0,1	12,4 ± 0,1	12,4 ± 0,1
свиньи	13,8 ± 0,1	13,8 ± 0,1	14,0 ± 0,1	14,2 ± 0,1	14,3 ± 0,1
птица	13,1 ± 0,1	13,1 ± 0,1	13,3 ± 0,1	13,8 ± 0,1	13,8 ± 0,1
овцы	12,2 ± 0,1	12,2 ± 0,1	12,3 ± 0,1	12,5 ± 0,1	12,6 ± 0,1

' $P < 0,05$; '' $P < 0,01$; ''' $P < 0,001$, в сравнении с нативными образцами.

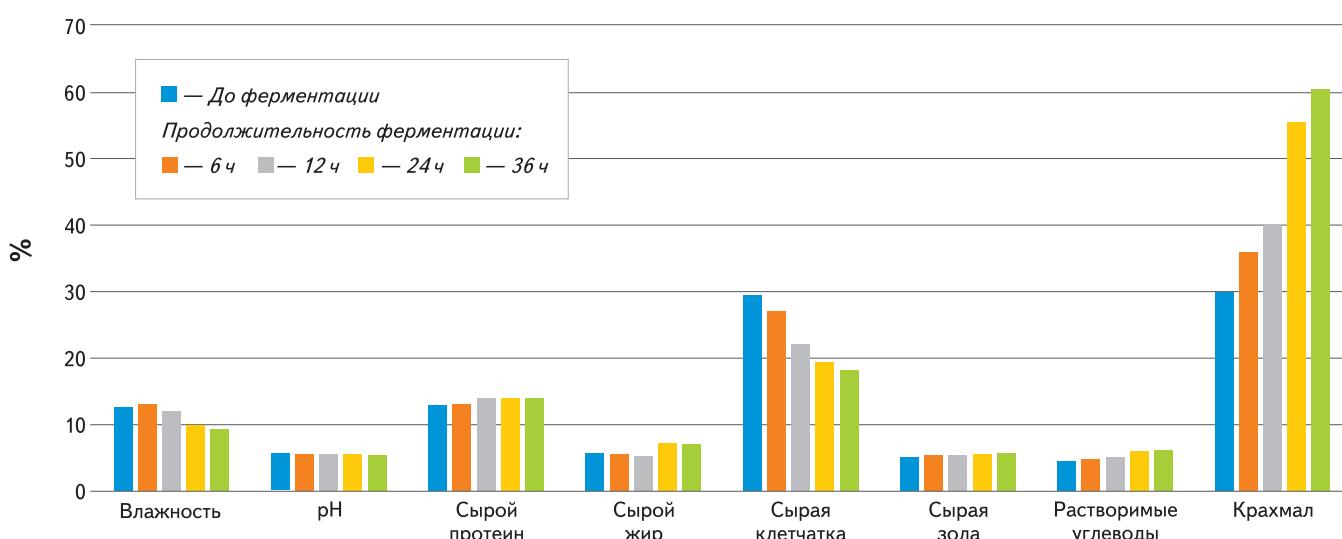


Рис. 1. Динамика показателей качества пшеничных зерноотходов в зависимости от времени ферментации

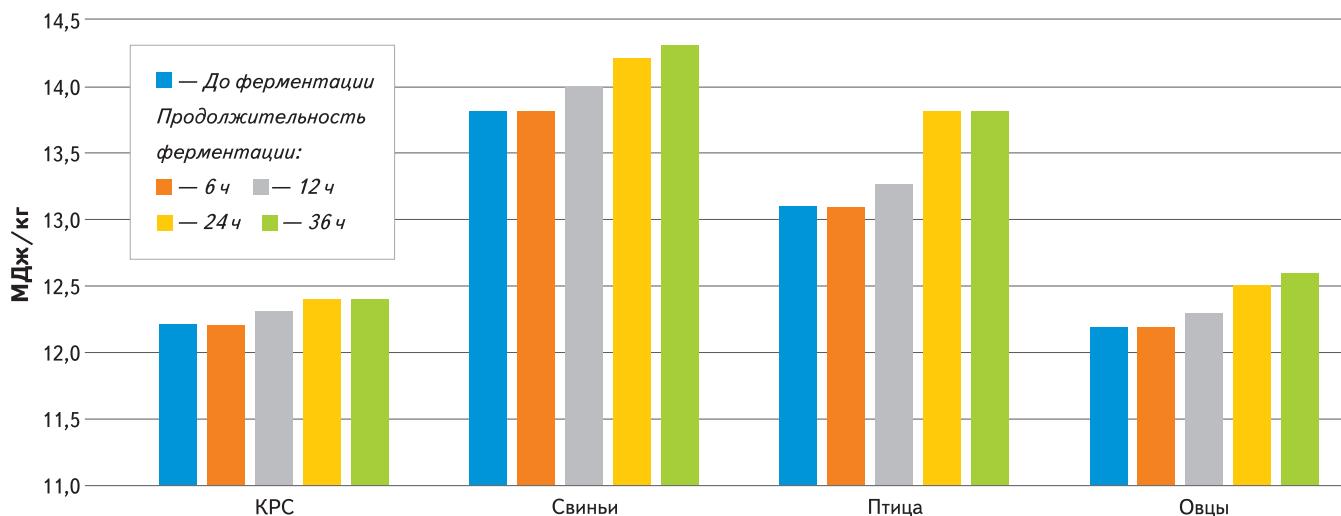


Рис. 2. Динамика обменной энергии пшеничных зерноотходов в зависимости от времени ферментации

на 50,7; 75,8 и 37,5% (разница достоверна). Уровень обменной энергии по сравнению с нативным продуктом вырос: для КРС на 1,6%, свиней на 3,6%, для птицы на 5,3%, овец на 3,3% (различия недостоверны).

Таким образом, ферментация пшеничных зерноотходов в течение 24 и 36 ч привела к достоверным изменениям следующих показателей (по сравнению с контрольными образцами): влажности, сырой клетчатки, сырого жира, растворимых углеводов, крахмала, витаминов B_1 , B_2 и B_6 ; величины этих показателей при 24 и 36 ч близки.

ВЫВОДЫ

При 6-часовой ферментации пшеничных зерноотходов существенных изменений не отмечено, кроме достоверного роста крахмала. При 12-часовой достоверно увеличилось количество крахмала, витаминов B_1 , B_2 , B_6 и уменьшилась массовая доля сырой клетчатки. При ферментации закваской Леснова в течение 24 и 36 ч наблюдаются достоверные улучшения перечисленных показателей. С учетом качества и энергозатрат оптимальный режим микробиологической ферментации пшеничных зерноотходов составляет 24 ч.

Литература/Literature

- Алексеева, З. Н. Активированные корма из отходов зернового производства / З. Н. Алексеева, В. А. Реймер, И. Ю. Клемешова // Новосиб. гос. аграр. ун-т. — Новосибирск. — 2009. — 134 с.
- Белов, А. А. Микрон затор фуражного сырья: монография / А. А. Белов // Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА. — 2014. — 90 с.
- Галиев, Б. Х. Инновационные подходы при подготовке кормовых средств с применением кавитации / Б. Х. Галиев [и др.] // Вестник мясного скотоводства. — 2015. — № 4 (№ 92). — С. 153–155.
- Каплун, В. Экструдирование зернового сырья с карбамидом / В. Каплун, Н. Павлов, В. Мазур // Комбикорма. — 2001. — № 3. — С. 24.
- Леснов, А. П. Малоценное растительное сырье в биотехнологиях кормопроизводства / А. П. Леснов, С. В. Леонтьев, А. Н. Ковалев // АПК ЮГ. — 2011. — № 5. — С. 40–43.
- Леснов, А. П. Способ использования закваски в кормосмеси. Закваска Леснова для приготовления кормов / А. П. Леснов // Способ использования закваски в кормосмеси. Закваска Леснова для приготовления кормов / Патент RU 2 122 330 C1 Российское Агентство по патентам и товарным знакам. Опубл. 27.11.1998.
- Лысенко, Е. Г. О развитии нанотехнологий в системе фундаментальных исследований аграрной науки / Е. Г. Лысенко, В. А. Быков, И. А. Тихонович // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2008. — № 2. — С. 6–10.
- 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 [и др.] // Вестник Донского государственного аграрного университета. — 2023. — № 1 (47). — С. 117–124.
- Натынчик, Т. М. Новые технологии в кормлении крупного рогатого скота / Т. М. Натынчик, В. О. Лемешевский // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых наукаў. — 2014. — № 1. — С. 34–37.
- Фенченко, Н. Г. Зерно ячменя ярового в экструдированном, дробленом и плющеном виде. Сравнение эффективности в кормопроизводстве / Н. Г. Фенченко [и др.] // Современный фермер. — 2017. — № 10. — С. 42–45.
- Шамцян, М. М. Биотехнологическая переработка отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности / М. М. Шамцян [и др.] // Российский химический журнал. — 2011. — Т. LV, № 1. — С. 17–25.
- Chadd, S. A. Practical production of protein for food animals / S. A. Chadd, W. P. Davies, J. M. Koivisto // Protein sources for the animal feed industry. Expert Consultation and Workshop Bangkok, 29 April – 3 May 2002. — 2004. — № 1. — p. 77–125.
- Cortés R. N. F. Effects of Some Extrusion Variables on Physicochemical Characteristics of Extruded Corn Starch-passion Fruit Pulp (*Passiflora edulis*) Snacks / R. N. F. Cortés, I. V. Guzmán, F. Martínez-Bustos // Plant Foods for Human Nutrition. — 2014. — Dec. 69 (4). — P. 365–371.
- Leng, R. A. Requirements for protein meals for ruminant meat production in developing countries / R. A. Leng // Protein sources for the animal feed industry. Expert Consultation and Workshop Bangkok, 29 April–3 May 2002. — 2004. — № 1. — P. 225–255. ■