

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ

Резюме. Пшеничные отруби, являющиеся основным побочным продуктом мукомольного производства, рассматриваются как высокопотенциальный крахмалцеллюлозный ресурс биомассы для промышленного производства многих биопродуктов, в том числе кормов для животных. Цель исследований — изучение влияния продолжительности микробиологического ферментирования на показатели качества и безопасности пшеничных отрубей.

Установлено, что после ферментации в течение 24 часов массовая доля сырого протеина, растворимых углеводов, содержание крахмала достоверно выросли; произошел сдвиг pH в кислую сторону. При 36-часовой ферментации, в сравнении с 24-часовой, массовая доля влаги повысилась на 20%, жира — на 29,6%, содержание крахмала — на 102,5%. Наибольшее увеличение уровня обменной энергии для крупного и мелкого рогатого скота, свиней, птицы наблюдалось при 36-часовой микробиологической ферментации. В нативных образцах пшеничных отрубей количество нитратов превышало в 2,8 раза ПДК, в субстратах, ферментированных в течение 12, 24 и 36 часов, уровень нитратов снизился соответственно в 1,2; 1,3 и 1,8 раза.

Ключевые слова: пшеничные отруби, микробиологическое ферментирование, продолжительность ферментирования 12, 24 и 36 часов, физико-химические показатели качества, биологическая безопасность, химическая безопасность.

THE EFFECT OF MICROBIOLOGICAL FERMENTATION DURATION ON QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF WHEAT BRAN

Abstract. Wheat bran, main by-product of the grain milling, is considered a promising starch and cellulose containing resource biomass for subsequent use in the technologies of different bio-products including animal feeds. The aim of the study presented was to investigate the effects of the duration of microbial fermentation of wheat bran on its quality and safety as a feed ingredient. It was found that fermentation for 24 hrs resulted in the significant increases in the concentrations of crude protein, soluble carbohydrates and starch and in the reduction of pH in compare to the native product. Fermentation for 36 hrs, as compared to 24-hr fermentation, resulted in the increases in moisture content by 20.0%, fat content by 29.6%, starch content by 102.5%. The 36-hr fermentation resulted in the highest increase in the content of metabolizable energy for large and small cattle, swine, and poultry. The content of nitrates in the native wheat bran was 2.8-fold higher in compare to the maximal permissible level; after 12-hr, 24-hr and 36-hr fermentation the content of nitrates decreased 1.2-; 1.3- and 1.8-fold, respectively.

Key words: wheat bran, microbiological fermentation, fermentation duration of 12, 24 and 36 hours, physicochemical quality indicators, biological safety, chemical safety.

УДК 631.95

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2025-03-3-235

ХАРОН АДиевИч АМЕРХАнов¹,

академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ORCID: 0000-0003-3626-7316

Scopus: 57194944122

AuthorID (РИНЦ): 259201

E-mail: h.amerhanov@yandex.ru

Ольга Анатольевна Миронова^{2, 3},

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: m2889888@mail.ru

¹ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

²ФГАУ «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

³ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» 140150, Россия, Московская область, г. Раменское, р. п. Быково

Поступила в редакцию: 17.02.2025

Одобрена после рецензирования: 17.02.2025

Принята в публикацию: 18.02.2025

UDC 631.95

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2025-03-3-235

Kharon A. Amerkhanov¹,

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

ORCID: 0000-0003-3626-7316

Scopus: 57194944122

AuthorID (РИНЦ): 259201

E-mail: h.amerhanov@yandex.ru

Olga A. Mironova^{2, 3},

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

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev 127550, Moscow, Timiryazevskaya st., 49

²Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba 117198, Moscow, st. Miklouho-Maklaya, 6

³FSBI «All-Russian Center plant quarantine» 140150, Russia, Moscow region, Ramenskoye, R. Bykovo village

Received by editor office: 02.17.2025

Approved in revised: 02.17.2025

Accepted for publication: 02.18.2025

ВВЕДЕНИЕ

Доля пшеницы в мировом производстве зерна составляет 27%. При этом пшеничные отруби занимают первое место среди побочных продуктов мукомольной отрасли [9, 16]. Они содержат много клетчатки (93,4%) и пентозанов (80,5%), а также минеральные вещества (74,2%), липиды (62,3%) и белок (27,8%). Таким образом, пшеничные отруби имеют питательную/пищевую ценность и являются высокопотенциальным крахмалцеллюлозным ресурсом для промышленного производства биопродуктов, таких как биотопливо, дрожжевая биомасса, корма для животных и др. [9, 16, 10]. Во многих исследовательских работах отруби используют в качестве субстрата для культивирования лакто- и бифидобактерий [4]. В нативном виде их вводят в комбикорма для сельскохозяйственных животных.

Также могут скармливаться животным в сухом виде или слегка увлажненными во избежание распыления и раздражения носоглоточных и дыхательных путей [9, 16].

Эффективной конверсии биомассы пшеничных отрубей препятствуют их структурные особенности и химическая устойчивость к дегидратации и деградации полимеров углеводной природы. Низкая способность к трансформации лигнинцеллюлозной фракции обусловлена кристаллической структурой и степенью полимеризации крахмала и целлюлозы, а также количеством гемицеллюлозы и лигнина растительного сырья [5]. В связи с этим отруби подвергают предварительной обработке, направленной на активацию полимеров биомассы, а именно их структурных разрушений различными методами: физическими

Литература/Literature

1. Владимиров, В. А. Использование микробиальной целлюлозолитической закваски Леснова в рационах норок / В. А. Владимиров // Автореферат к. д. — 2004. — 24 с.
2. Ильяшник, А. В. Некоторые особенности развития микрофлоры в отрубях / А. В. Ильяшник, Т. В. Ваницкая, Е. В. Соловьева, А. В. Козинiec // Известия вузов. — 2011. — Пищевая технология. — № 4 (1). — С. 118–119.
3. 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.
4. Олейникова, Е. А. Адгезия консорциума молочнокислых микроорганизмов к неочищенным пищевым волокнам / Е. А. Олейникова, М. Е. Елубаева, А. А. Амангелды, М. Г. Саубенова // Евразийский союз ученых (ЕСУ). — 2019. — № 9 (66). — С. 6–8. — <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.66.310>.
5. Awasthi, M. K. Emerging trends of microbial technology for the production of oligosaccharides from biowaste and their potential application as prebiotic / M. K. Awasthi, A. Tarafdar, V. K. Gaur, K. Amulya, V. Narisetty, D. K. Yadav [et al.] // International Journal of Food Microbiology. — 2022. — P. 368. — <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109610>.
6. Bashashkina, E. V. Bioconversion of soluble coffee production waste into fodder products / E. V. Bashashkina, N. A. Souyasov, I. V. Shakir, V. I. Panfilov // Ecology and Industry of Russia. — 2011. — № 1. — pp. 18–19. — (In Russ.). [Биоконверсия отходов производства растворимого кофе в продукты кормового назначения / Е. В. Башашкина [и др.] // Экология и промышленность России. — 2011. — № 1. — С. 18–19.
7. Bhatia, R. Production of oligosaccharides and biofuels from Miscanthus using combinatorial steam explosion and ionic liquid pretreatment / R. Bhatia, J. B. Lad, M. Bosch, D. N. Bryant, D. Leak, J. P. Hallett [et al.] // Bioresource Technology. — 2021. — P. 323. — <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124625>.
8. Bušić, A. Bioethanol production from renewable raw materials and its separation and purification: A review / A. Bušić, N. Mardetko, S. Kundas, G. Morzak.
9. Clifton-Brown, J. Breeding progress and preparedness for mass-scale deployment of perennial lignocellulosic biomass crops switchgrass, miscanthus, willow and poplar / J. Clifton-Brown, A. Harfouche, M. D. Casler, H. D. Jones, W. J. Macalpine, D. Murphy-Bokern [et al.] // GCB Bioenergy. — 2018. — Vol. 11 (1). — pp. 118–151. — <https://doi.org/10.1111/gcbb.12566>.
10. Jia, M. Structural characteristics and functional properties of soluble dietary fiber from defatted rice bran obtained through *Trichoderma viride* fermentation / M. Jia, J. Chen, X. Liu, M. Xie, S. Nie, C. Yi [et al.] // Food Hydrocolloids. — 2019. — № 94. — pp. 468–474. — <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.047>.
11. Procentese, A. Deep Eutectic Solvents pretreatment of agro-industrial food waste / A. Procentese, F. Raganati, G. Olivieri, M. E. Russo, L. Rehmman, A. Marzocchella // Biotechnology for Biofuels and Bioproducts. — 2018. — № 11. — <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1034-y>.
12. Radenkovs, V. Microbiology and Safety of Bran from Latvia / V. Radenkovs, D. Klava, K. Juhnveica // International Proceedings of Chemical, Biological & Environmental Engineering (IPCBE). — 2013. — Vol. 53 (1). — pp. 87–92. — <https://doi.org/10.7763/IPCBE.2013.V53.17>.
13. Smirnova, V. D. A biotechnological way of processing of waste products of soya-protein manufacture / V. D. Smirnova, R. Yu. Kissel'eva, I. V. Shakir, V. I. Panfilov // Ecology and Industry of Russia. — 2010. — № 5. — pp. 14–16. — (In Russ.). [Биотехнологический путь переработки отходов производства соевого белка / В. Д. Смирнова [и др.] // Экология и промышленность России. — 2010. — № 5. — С. 14–16.
14. Taherzadeh, M. J. Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: a review / M. J. Taherzadeh, K. Karimi // BioResources. — 2007. — Vol. 2 (3). — pp. 472–499.
15. Vasil'ev, A. V. Acid and enzymatic hydrolysis of waste from the brewing, Chemical Technology / A. V. Vasil'ev, V. I. Panfilov, I. V. Shakir, A. V. Afanas'ev, M. A. Tsygankov // Chemical Technology. — 2007. — Vol. 8 (1). — pp. 17–21. — (In Russ.). [Кислотный и ферментативный гидролиз отходов пивоваренной промышленности / А. В. Васильев [и др.] // Химическая технология. — 2007. — Т. 8. — № 1. — С. 17–21.
16. Wang, L. Effects of acid treatment on the physicochemical and functional properties of wheat bran insoluble dietary fiber / L. Wang, Y. Tian, Y. Chen, J. Chen // Cereal Chemistry. — 2022. — Vol. 99 (2). — pp. 343–354. — <https://doi.org/10.1002/cche.10494>.
17. Wen, Y. Structural characteristics and functional properties of rice bran dietary fiber modified by enzymatic and enzyme-micronization treatments / Y. Wen, M. Niu, B. Zhang, S. Zhao, S. Xiong // LWT. — 2017. — Vol. 75. — pp. 344–351. — <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.012>.

(измельчение), химическими (кислота, щелочь и ионная жидкость), биологическими (микроорганизмы, разлагающие биомассу) или физико-химическими (горячая вода, паровой взрыв и мокрое окисление) [7, 11]. В ряде исследований определены оптимальные условия и способы обработки, а также их комбинации на примере целлюлозосодержащих побочных продуктов переработки рисовых отрубей, кофейных зерен, сои, пивной дробины и других, которые позволяют повысить в последующей стадии биотрансформации выход и скорость образования продукта [6, 13, 15, 17]. Химическую трансформацию целлюлозосодержащего сырья под действием неорганических кислот используют в производстве биоэтанола в качестве предварительной обработки кислотного гидролиза, предшествующей ферментативному гидролизу растительного сырья, а также при производстве растительных белково-углеводных кормов [1, 8, 14].

Эффективным методом повышения питательных свойств целлюлозосодержащего сырья является твердофазная микробиологическая ферментация с помощью микроорганизмов, собранных в специальные закваски, к числу которых относится закваска Леснова. При изучении азотфиксирующего действия микроорганизмов закваски на субстрат установлено, что уровень валового сырого протеина в пшеничных и ячменных отрубях возрастает соответственно на 23,4 и на 35,2% [1].

Известно, что микрофлора пшеничных отрубей представлена бактериями и грибами с преобладанием родов *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., которые вызывают порчу продукта и могут быть причиной кормовых токсикозов у сельскохозяйственных животных [2, 12]. В связи с этим при применении метода микробиологической ферментации требуется тщательное изучение получаемых новых продуктов с точки зрения нормируемых показателей безопасности кормов, в частности пшеничных отрубей, при разных режимах ферментирования [3]. В доступной нам литературе мы не нашли информации о влиянии продолжительности микробиологического фер-

ментирования на показатели качества, биологической и химической безопасности пшеничных отрубей, поэтому целью наших исследований стало изучение данного вопроса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2023—2024 гг. на базе мукомольных предприятий в Московской и Воронежской областях. Объектами исследований были 24 пробы пшеничных отрубей, из которых шесть не были обработаны и являлись контролем, а 18 образцов были опытными, они подвергались твердофазному микробиологическому ферментированию в течение 12, 24 и 36 часов по предложенной авторами методике с использованием закваски Леснова.

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 применением 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; *показателей безопасности* — ГОСТ 30711-2001; ГОСТ EN 15851-2013; ГОСТ 31691-2012; МУК 4.1 2204-07; инструкция Р43/В; DIN EN 15662 2018; ГОСТ 13496 19-2015; ГОСТ Р 53100-2008; ГОСТ 31650-2012; ГОСТ Р 53214-2008.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения физико-химических показателей качества пшеничных отрубей в зависимости от длительности биоферментации представлены в таблице 1. После 12 часов

Таблица 1. Влияние продолжительности микробиологической ферментации на физико-химические показатели

Показатель	Образец (<i>n</i> = 6)			
	до ферментации	после ферментации		
		12 часов	24 часа	36 часов
Массовая доля влаги, %	11,30 ± 0,38	8,30 ± 0,23*	8,10 ± 0,32*	9,80 ± 0,32*
Массовая доля сырого жира в пересчете на сухое вещество, %	4,20 ± 0,44	3,20 ± 0,34	2,70 ± 0,26*	3,50 ± 0,28
Массовая доля сырого протеина в пересчете на сухое вещество, %	15,40 ± 0,46	17,20 ± 0,64	19,79 ± 0,58*	19,41 ± 0,59
Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество, %	5,20 ± 0,25	5,40 ± 0,26	5,60 ± 0,27	5,60 ± 0,30
Массовая доля сырой клетчатки в пересчете на сухое вещество, %	26,2 ± 1,8	20,2 ± 1,6	10,6 ± 1,7*	10,0 ± 1,4*
Массовая доля растворимых углеводов, %	4,8 ± 0,6	5,8 ± 0,4	7,2 ± 0,7*	6,8 ± 0,1*
Содержание крахмала в пересчете на сухое вещество, %	24,2 ± 2,8	25,8 ± 2,6	27,2 ± 3,2	55,0 ± 13,2*
pH	6,35 ± 0,13	6,15 ± 0,11	5,48 ± 0,12	5,4 ± 0,2

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

произошел сдвиг исследуемых показателей (кроме содержания влаги, которое уменьшилось в 1,4 раза), но разница не была достоверной.

При 24-часовой обработке массовая доля влаги осталась на уровне 12-часовой ферментации. В сравнении с исходными значениями уменьшилась массовая доля сырой клетчатки в 2,6 раза, сырого жира — на 35,7%; увеличились: массовая доля сырого протеина на 28,5%, содержание растворимых углеводов — на 50%, крахмала — на 12,4%. Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество после 24-часовой ферментации была близка по значению к исходному субстрату. Произошел сдвиг показателя pH в кислую сторону на 13,5%.

По окончании ферментации в течение 36 часов содержание влаги в отрубях уменьшилось в сравнении с исходным образцом на 13,7%; увеличились: массовая доля сырого протеина на 26%, растворимых углеводов — в 1,4 раза, содержание крахмала — в 2,3 раза. Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество почти не изменилась. Произошел сдвиг pH в кислую сторону на 15%.

Таблица 2. Влияние продолжительности микробиологической ферментации на содержание обменной энергии для некоторых животных, МДж/кг

Вид животного	Образец ($n = 6$)			
	до ферментации	после ферментации		
		12 часов	24 часа	36 часов
КРС	12,0	12,0	12,2	13,3
Свиньи	12,0	12,1	12,2	14,0
Птица	13,2	13,6	13,8	14,4
Овцы	12,7	12,8	12,9	13,9

В таблице 2 приведены данные о влиянии продолжительности микробиологической ферментации пшеничных отрубей на обменную энергию для разных видов сельскохозяйственных животных. После биоферментации продукта в течение 12 часов содержание обменной энергии для крупного рогатого скота не изменилось, после 24 часов этот показатель вырос на 1,7%, после 36 часов — на 10,8%. Для свиней, сельскохозяйственной птицы и овец уровень обменной энергии при 12-часовой ферментации повысился соответственно на 0,8%, 3,0 и 0,8%; при 24-часовой — на 1,7%, 4,6 и на 1,6%; при 36-часовой — на 16,7%, 9,1 и на 9,5%.

Согласно данным таблицы 3, все исследуемые микотоксины в нативных (исходных) образцах пшеничных отрубей 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 ферментирования субстрата с использованием закваски Леснова в течение 12, 24 и 36 часов концентрация этих микотоксинов осталась в пределах МДУ.

При исследовании токсичных элементов в нативных и ферментированных в течение 12, 24 и 36 часов образцах пшеничных отрубей различий по содержанию свинца, мышьяка, кадмия и ртути не установлено (табл. 4). Для свинца оно было ниже уровня ПДК в 10 раз, мышьяка — в 5 раз, кадмия — в 6 раз, ртути — в 4 раза.

Концентрация нитратов в нативных образцах отрубей превышала в 2,8 раза ПДК, а в субстрате, ферментированном в течение 12, 24 и 36 часов, этот показатель снизился соответственно в 1,2; 1,3 и 1,8 раза, но продолжал оставаться выше ПДК в 2,3, 2,2 и 1,6 раза (табл. 5). Уровень нитритов как в нативных, так и в ферментированных

Таблица 3. Влияние продолжительности микробиологической ферментации на содержание микотоксинов

Показатель	Образец ($n = 6$)			
	до ферментации	после ферментации		
		12 часов	24 часа	36 часов
Афлатоксин В1, мг/кг (МДУ не более 0,1 мг/кг)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Дезоксиниваленол, мг/кг (МДУ не более 1,0 мг/кг)	< 0,058	< 0,058	< 0,058	< 0,058
Зеараленон, мг/кг (МДУ не более 1,0 мг/кг)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Охратоксин А, мг/кг (МДУ не более 0,05 мг/кг)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Т-2 токсин, мг/кг (МДУ не более 0,1 мг/кг)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Таблица 4. Влияние продолжительности микробиологической ферментации на содержание токсичных элементов

Показатель (ПДК, НД)	Образец ($n = 6$)			
	до ферментации	после ферментации		
		12 часов	24 часа	36 часов
Свинец, мг/кг (ПДК < 5,0 мг/кг; ГОСТ Р 53100-2008)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Мышьяк, мг/кг (ПДК < 0,5 мг/кг; ГОСТ Р 53100-2008)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Кадмий, мг/кг (ПДК < 0,3 мг/кг; ГОСТ Р 53100-2008)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ртуть, мг/кг (ПДК < 0,1 мг/кг; ГОСТ 31650-2012)	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025

Таблица 5. Влияние продолжительности микробиологической ферментации на содержание нитратов и нитритов

Показатель (ПДК, НД)	Образец ($n = 6$)			
	до ферментации	после ферментации		
		12 часов	24 часа	36 часов
Нитраты, мг/кг (ПДК 200,0 мг/кг; ГОСТ 13496.19-2015)	564,0 ± 141,3	456,0 ± 101,3	438,0 ± 109,7	310,0 ± 78,0
Нитриты, мг/кг (ПДК 10,0 мг/кг; ГОСТ 13496.19-2015)	1,9 ± 0,104	1,8 ± 0,112	1,8 ± 0,101	2,104 ± 0,105

образцах пшеничных отрубей, независимо от продолжительности ферментации, не выходил за границы ПДК.

Содержание пестицидов (малатион, пиримитофосметил, циперметрин, дифлубензурон), используемых при выращивании злаковых культур и при их хранении, как в исходном сырье, так и после 12-, 24- и 36-часового процесса ферментации оставалось ниже ПДК (ниже нижнего предела обнаружения методом ВЭЖХ в соответствии с действующей НД). Во всех образцах пшеничных отрубей при исследованиях скрининговым методом «Качественное определение регуляторных последовательностей в геноме ГМ-растений (p-35S; t-NOS; p-FMV)» ГМО: промотор 35S, терминатор NOS; промотор FMV не обнаружены.

Выводы

Результатами лабораторных исследований доказано, что после микробиологической ферментации пшеничных отрубей в течение 24 часов достоверно повысились

массовая доля сырого протеина, растворимых углеводов и содержание крахмала; достоверно уменьшилась массовая доля влаги, жира и сырой клетчатки; осталась на прежнем уровне массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество; произошел сдвиг pH в кислую сторону. При 36-часовой ферментации в сравнении с 24-часовой массовая доля влаги была выше на 20%, жира — на 29,6%, крахмала — на 102,5%; уровни сырого протеина, золы, клетчатки, растворимых углеводов и pH почти не изменились. Наибольший прирост уровня обменной энергии для крупного и мелкого рогатого скота, свиней, сельскохозяйственной птицы произошел при 36-часовой микробиологической ферментации. Концентрация нитратов в отрубях после ферментации снизилась, но превышала уровень ПДК. Независимо от продолжительности ферментации, содержание нитритов, микотоксинов, пестицидов, тяжелых металлов, ГМО было в количествах ниже ПДК. ■