

Научная статья
 УДК 636.085.67
 doi:10.35694/YARCX.2023.61.1.002

ВЛИЯНИЕ МИКРОНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Федор Александрович Киприянов¹, Петр Алексеевич Савиных²

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
 Вологда-Молочное, Россия

²Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,
 Киров, Россия

¹kipriyanovfa@bk.ru, ORCID 0000-0001-5974-4934

²peter.savinyh@mail.ru, ORCID 0000-0002-5668-8479

Реферат. Микронизация является одним из способов воздействия на фуражное зерно с целью повышения его усвояемости и увеличения доступности обменной энергии. Селекционные достижения и развитие технических средств делают исследование процесса микронизации актуальным. Исследования по воздействию инфракрасного излучения на фуражное зерно проводилось в течение 2020–2022 гг. Работа выполнялась в ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА при научно-консультационной поддержке ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Исследованию подвергались сорта, возделываемые в условиях Вологодской и Кировской областей, используемые на корм крупному рогатому скоту, такие как сорт озимой ржи Волхова и сорт ярового ячменя Эколог. Источником инфракрасного излучения являлся галогеновый излучатель RxM мощностью 1500 Вт. Термографическое исследование проводилось с использованием тепловизора Testo с программным обеспечением IRSoft. Усилие разрушения зерна после микронизации определялось с помощью динамометра МЕГЕОН 04500. В качестве основного критерия оценки эффективности микронизации использовалось количество крахмала в зерне до и после микронизации при дополнительном определении усилия разрушения зерновок и количества антипитательных веществ в зерне ржи. В результате исследований установлено, что расстояние от поверхности обрабатываемого зерна до используемого источника инфракрасного излучения составляет 13 мм, что позволяет обеспечить эффективное воздействие на зерно в интервале от 20 до 40 секунд, в зависимости от вида зерна. Оптимальное время облучения зерна ржи – 30 секунд, позволяет максимально увеличить количество крахмала – на 4%, при этом снижается количество пентозанов на 0,56% и с вероятностью 95% снижается усилие разрушения зерна ржи на 9%. Оптимальное время обработки ячменя в условиях эксперимента – 40 секунд, в результате количество крахмала увеличивается на 4,4% при снижении усилия разрушения на 34%.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, фуражное зерно, ячмень, озимая рожь, усилие разрушения, обменная энергия

THE INFLUENCE OF MICRONIZATION ON THE FEEDING GRAIN PROPERTIES

Fedor A. Kipriyanov¹, Petr A. Savinykh²

¹Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin,
 Vologda-Molochnoe, Russia

²Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitskiy,
 Kirov, Russia

¹kipriyanovfa@bk.ru, ORCID 0000-0001-5974-4934

²peter.savinyh@mail.ru, ORCID 0000-0002-5668-8479

Abstract. Micronization is one of the ways to effect feeding grains in order to increase their digestibility and increase the availability of exchange energy. Selection achievements and the development of technical means make the study of the micronization process relevant. Studies on the impact of infrared radiation on feeding grains were carried out during 2020–2022. The work was carried out at the FSBEI HE Vologda SDFA with scientific and consulting support from the FSBSI FARC of the North-East. The study involved varieties cultivated in the conditions of the Vologda and Kirov regions used for cattle feed, such as winter rye variety Volkhova and spring barley variety Ecolog. The source of infrared radiation was a 1500 W RxM halogen

emitter. The thermographic study was conducted using a Testo thermal imager with IRSoft software. The grain destruction force after micronization was determined using a MEGEON 04500 dynamometer. The primary criterion for evaluating micronization efficiency was the amount of starch in the grain before and after micronization in the additional determination of the grain destruction force of caryopses and the amount of anti-nutrient substances in the rye grain. As a result of studies, it was found that the distance from the surface of the processed grain to the used infrared radiation source is 13 mm, which makes it possible to provide an effective effect on the grain in the range of 20 to 40 seconds, depending on the type of grain. The optimal irradiation time of rye grains is 30 seconds, it allows maximizing the amount of starch – by 4%, while reducing the amount of pentosans by 0.56% and with a probability of 95% the rye grain destruction force is reduced by 9%. The optimal processing time of barley under experimental conditions is 40 seconds, as a result, the amount of starch increases by 4.4% with a decrease in the destruction force by 34%.

Keywords: *infrared radiation, feeding grain, barley, winter rye, destruction force, exchange energy*

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Вологодской области в рамках государственного научного гранта.

Введение. В структуре кормления сельскохозяйственных животных зерновые корма занимают первое место по количеству содержащейся в них обменной энергии. Однако продуктивность животных растёт значительно быстрее, чем урожайность сельскохозяйственных культур, формирующих кормовой рацион. В связи с этим в технологиях кормоприготовления на первое место выходит задача по извлечению максимального количества энергии из зернового корма [1–4].

В настоящее время в технологиях заготовки зерновых кормов преобладает послеуборочная сушка с последующим хранением. При этом подготовка таких кормов, как правило, заключается в их измельчении перед скармливанием животным. Однако измельчение или сухое плющение не гарантируют переваривания крахмала в желудочно-кишечном тракте животных [5; 6]. Поэтому для обеспечения деструкции внутренней структуры зерна, с целью повышения усвояемости и максимального использования питательных веществ, целесообразным является использование методов термической обработки [7].

Микронизация – один из способов термической обработки фуражного зерна, заключающийся в быстром его нагреве инфракрасным (ИК) излучением, с продолжительностью от 20 до 90 секунд, улучшающим доступность и усвояемость крахмала [8; 9] и имеющим большой потенциал применения в кормоприготовлении из-за простоты конструкции установок для микронизации [10–12].

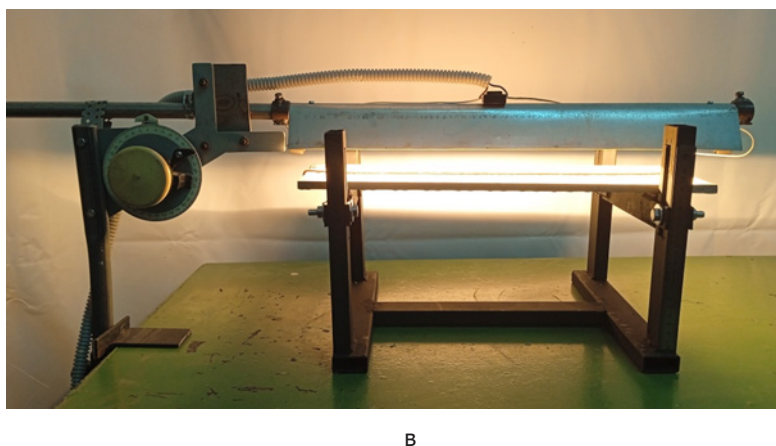
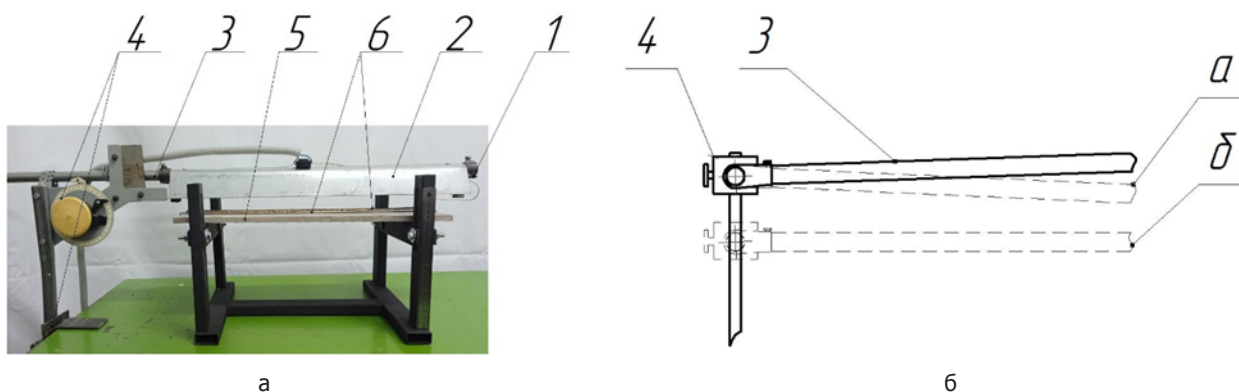
Обоснованность выполненных экспериментов базируется на том, что, несмотря на довольно обширный объём исследований по данной тематике, происходит постоянное развитие технологий в части развития источников излучения, совершенствуются механизмы транспортировки зерна, осуществляется селекция зерновых культур, тем самым делая актуальным проведение дальнейших исследований. Кроме этого, ценность эксперимен-

тальных исследований заключается в постоянном развитии научной мысли.

Цель исследования – выявить влияние инфракрасной микронизации фуражного зерна на содержание основных элементов, таких как сырой белок, сахар, крахмал и на усилие разрушения зерна.

Материалы и методы. Исследованию подвергались рожь озимая сорта Волхова и ячмень яровой сорта Эколог, в качестве источника инфракрасного излучения использовался кварцевый галогеновый излучатель RxM мощностью 1500 Вт. Термографическое исследование проводилось с использованием тепловизора Testo 872 с программным обеспечением IRSoft. Усилие разрушения зерна после микронизации определялось с помощью динамометра МЕГЕОН 04500, предел измерения которого составляет 500 Н, при цене деления 2,5 Н. Достоверность полученных экспериментальных данных оценивалась с помощью критерия Стьюдента. Количество крахмала в зерне определялось в соответствии с ГОСТ 10845-98, количество белка – в соответствии с ГОСТ 10846-91, количество пентозанов определялось орцинол-хлоридным методом по Hashimoto's et al. [13–15].

Результаты исследования. На этапе поисковых исследований (рис. 1в) было подобрано расстояние от источника до поверхности, которое составило 13 мм. При определении расстояния руководствовались моментом начала деструкции зерна, которая сопровождается характерным потрескиванием при нарушении целостности зерновки. Таким образом, условия проведения предварительного эксперимента следующие: временные интервалы для ржи – 20, 25, 30, 35 секунд, ячменя – 30, 35, 40 секунд, расстояние от источника ИК излучения до поверхности – 13 мм. Следует отметить, что разница по времени облучения связана с тем, что зерно ржи имело меньшие размеры, а, следовательно, и меньшую теплоёмкость, что приводило к более ранней деструкции зёрен по



а – установка; б – схема изменения положения штанги излучателя;
в – пример работы установки на этапе поисковых исследований.

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

сравнению с ячменём, отсюда и первоначальный временной интервал. Окончание обработки определялось потемнением зёрен, приобретением ими светло-кофейного оттенка. Аналогичный вывод о необходимости подбора условий эксперимента для конкретной культуры был сделан и другими исследователями, пытавшимися использовать одинаковые протоколы испытаний для различных зерновых культур [16].

Экспериментальная установка для оценки влияния микронизации на фуражное зерно состоит из источника инфракрасного излучения 1 (рис. 1а), с отражателем 2, источник ИК излучения крепится на штанге 3, которая имеет возможность за счёт механизма крепления 4 изменять своё положение как по высоте (а, рис. 1б), так и угол наклона (б, рис. 1б), что позволяет обеспечивать параллельность источника ИК излучения поверхности обрабатываемого материала. Зерно располагалось на теплостойкой поверхности 5, с применением ограничителей ширины 6, необходимых для обеспечения равных условий во всех опытах.

По окончании эксперимента проводилась оценка по содержанию сырого белка, сахаров и крахмала в микронизированном зерне.

В результате обработки зерна ржи в интервале от 20 до 35 секунд произошло увеличение количества белка на 1,82% с 9,46% в контрольной группе и при обработке в течение 20 секунд – до 11,28% при воздействии в течение 35 секунд. В то же время при воздействии в течение 30 секунд количество крахмала увеличилось с 53,03% до 57,06%. Стоит отметить, что, несмотря на общее снижение количества сахаров, которое при обработке в течение 25 секунд составляло 12,2%, что на 5,15% меньше контрольной пробы, общей тенденции в условиях проведения эксперимента выявлено не было.

Обработка ячменя в условиях эксперимента не позволила выявить устойчивой тенденции при изменении количества сырого белка в зерне. В то время как наблюдаются некоторые тенденции в изменении количества сахаров и крахмала, например, при обработке ячменя в течение 40 секунд количество сахаров снижается на 2,32%, при увеличении количества крахмала на 4,38%. Причём количество крахмала последовательно увеличивалось при увеличении продолжительности обработки ячменя. При этом следует отметить, что в сухом веществе крахмала содержится до 12,5 МДж

обменной энергии [17]. На основании того, что количество крахмала и обменная энергия имеют прямую корреляцию между собой, следует высказать гипотезу, требующую дальнейшего экспериментального подтверждения, что при микронизации увеличивается количество обменной энергии, а при дальнейших анализах микронизированного зерна дополнительно необходимо оценивать количество обменной энергии.

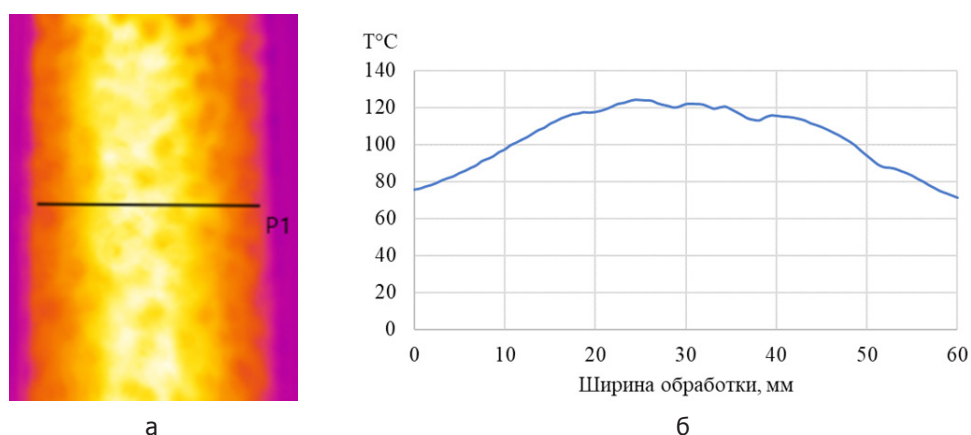
В условиях проведённого эксперимента оптимальными режимами будет являться обработка зерна ржи в течение 30 секунд, обработка ячменя – в течение 40 секунд.

Анализ полученных данных позволил предположить, что неоднородность результатов (табл. 1) обусловлена неоднородностью термического воздействия, которая связана с тем, что любой источник излучения неравномерно нагревает находящуюся под ним поверхность. Для исследования данного предположения проведено термографическое исследование теплового воздействия источника ИК излучения на обрабатываемое зерно. В результате анализа термоснимков (рис. 2) выявлено, что периферийные участки зернового слоя подвергаются меньшему температурному воздействию.

Таблица 1 – Результаты микронизации фуражного зерна

Время обработки, с	Сырой белок, %	Сахара, %	Крахмал, %	Пентозаны, % (рожь)
Озимая рожь				
Контроль	9,46	17,35	53,03	3,48
20	9,46	12,78	54,37	2,97
25	9,66	12,20	54,79	2,76
30	10,86	16,33	57,06	2,92
35	11,28	15,21	54,50	2,78
Ячмень				
Контроль	11,14	7,43	49,52	—*
30	10,48	5,60	51,06	—*
35	11,31	6,27	52,87	—*
40	10,88	5,11	53,90	—*

Примечание: * – пентозаны не определялись.



а) термоснимок ячмень 30 секунд; б) температурный профиль линии P1.

Рисунок 2 – Пример термографического исследования микронизированного зерна

Таким образом, полученные в результате термографического исследования данные показывают, что для обеспечения равномерности инфракрасного облучения установка для микронизации должна обеспечивать попадание зерна во все тем-

пературные зоны, что позволит получить более равномерное температурное поле.

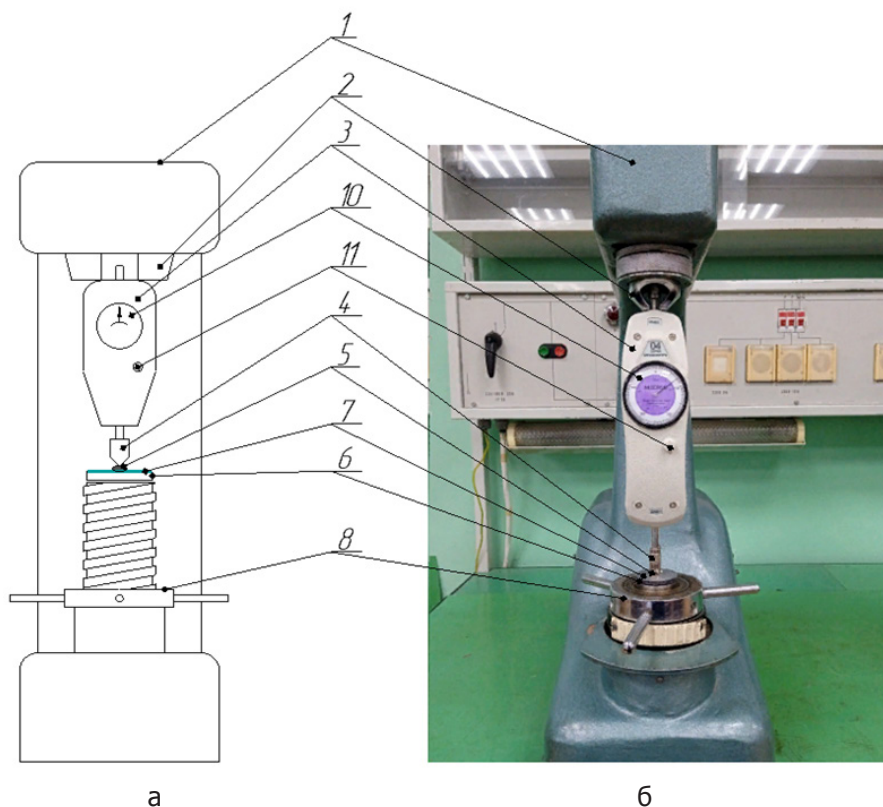
Как неоднократно отмечалось, в результате микронизации зерна происходит разрушение молекулярных связей, последствием которого явля-

ется и частичное разрушение самой зерновки.

Для оценки влияния воздействия микронизации на механические свойства была проведена оценка усилия разрушения зерна, обработанного на оптимальных режимах. Для этого была разработана схема (рис. 3а) и реализована установка (рис. 3б) для определения усилия разрушения на корпусе стационарного твердомера.

Экспериментальная установка (рис. 3) состоит из корпуса 1, с креплением 2 для динамометра 3, имеющего сменный наконечник 4, предметный столик 6, с клеевым слоем 7, и механизмом перемещения 8 предметного столика.

Определение усилия разрушения проводилось следующим образом: зерновка 5 укладывалась на клеевой слой 7, необходимый для фиксации её



а) схема установки; б) установка.

Рисунок 3 – Установка для измерения усилия разрушения зерновки

положения на предметном столике 6, после чего путём механизма 8 предметный столик с зерновкой 5 перемещался под наконечник 4 динамометра 3. После соприкосновения зерновки 5 с на-

конечником 4 перемещение предметного столика продолжалось до разрушения зерновки (рис. 4).

Усилие разрушения зерновки фиксировалось на шкале прибора. После удаления разрушенной



Рисунок 4 – Зерно ячменя сорта Эколог после определения усилия разрушения

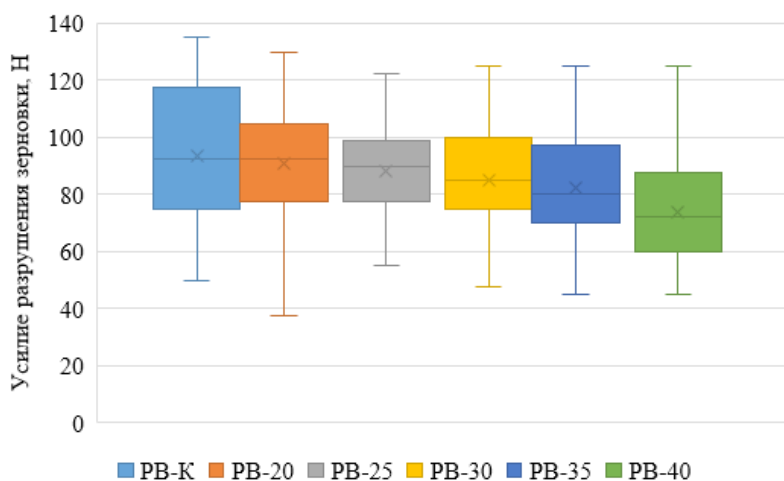


Рисунок 5 – Усилие разрушения зерновки – рожь Волхова

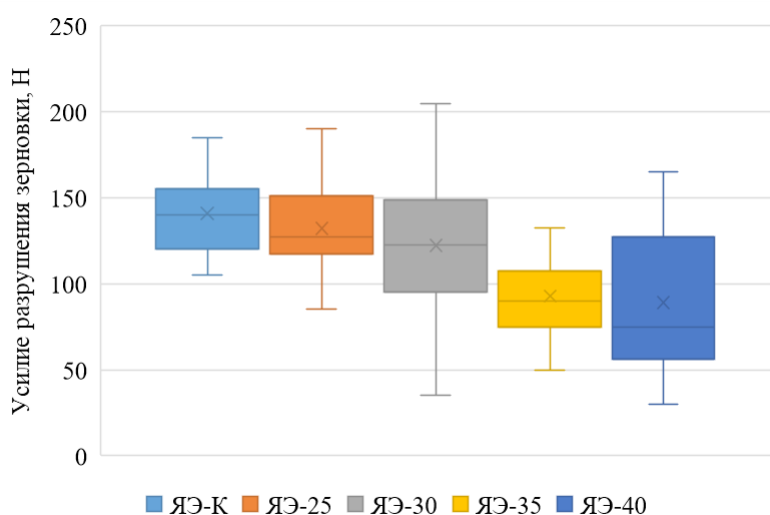


Рисунок 6 – Усилие разрушения зерновки – ячмень Эколог

с поверхности предметного столика зерновки, показания динамометра 4 сбрасывались на нулевое значение шкалы нажатием кнопки 11, и после укладки новой зерновки опыт повторялся.

Исследованию было подвергнуто по 45 зерновок контрольных образцов из образцов после обработки в течение 30 секунд для ржи и 40 секунд – для ячменя. При проведении эксперимента принято буквенно-цифровое обозначение экспериментальных партий зерна по типу РВ-К (РВ-20), где Р – рожь, В – Волхова, К – контроль, 20 и т.д. – продолжительность инфракрасного облучения, аналогично ЯЭ-К (ЯЭ-20), где Я – ячмень, Э – Эколог.

В результате эксперимента установлено, что усилие разрушения контрольных образцов, не подвергавшихся микронизации, составляет для озимой ржи $93,5 \pm 6$ Н.

Выводы. В результате исследований установлено, что в условиях проведённого эксперимента

расстояние от поверхности обрабатываемого зерна до используемого источника инфракрасного излучения составляет 13 мм, что позволяет обеспечить эффективное воздействие на зерно в интервале от 20 до 40 секунд, в зависимости от вида зерна. При этом оптимальным временем воздействия на зерно ржи, дающим максимальное увеличение количества крахмала, является облучение в течение 30 секунд, позволяющее увеличить количество крахмала на 4%, при этом данная обработка позволяет снизить количество пентозанов на 0,56% и с вероятностью 95% снижает усилие разрушения зерна ржи на 9%. Оптимальным временем обработки ячменя в условиях эксперимента является его облучение в течение 40 секунд, в результате чего количество крахмала увеличивается на 4,4% при снижении усилия разрушения на 34%, однако установка для микронизации должна обеспечивать равномерность тепловой обработки всей зерновой поверхности.

Список источников

1. Mupondwa E., Li X., Tabil L. [et al.] Technoeconomic analysis of wheat straw densification in the Canadian Prairie Province of Manitoba // *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 110. P. 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.01.100>.
2. Савиных П. А., Исупов А. Ю., Киприянов Ф. А. Термическая обработка зерна как способ повышения его усвояемости // *Международный технико-экономический журнал*. 2021. № 2. С. 31–40. DOI 10.34286/1995-4646-2021-77-2-31-40.
3. Савиных П. А., Исупов А. Ю., Киприянов Ф. А. [и др.] Результаты экспериментальных исследований микронизации зерна ржи // *Вестник НГИЭИ*. 2021. № 6 (121). С. 26–36. DOI 10.24412/2227-9407-2021-6-26-36.
4. Благов Д. А., Миронова И. В., Туктаров М. Ф. [и др.] Влияние инфракрасного облучения на гигиенические характеристики и питательность зерновых кормов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 1 (87). С. 140–144. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-140-144.
5. Hanieh S., Seyed H. E., Seyed A. V. [et al.] Operational conditions and potential benefits of grains micronization for ruminant: A review // *Animal Feed Science and Technology*. 2022. Vol. 287. 115285. ISSN 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115285>.
6. Сыроватка В. И. Перспективные технологии производства комбикормов // *Зоотехния*. 2016. № 10. С. 7–12. ISSN 0235-2478.
7. Ebrahimi S. H. Feeding complete concentrate pellets containing ground grains or blend of steam-flaked grains and other concentrate ingredients in ruminant nutrition – a review // *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20. P. 11–28. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0055>.
8. Aboud S. A., Altemimi A. B., Yi-Chen L. [et al.] A comprehensive review on infrared heating applications in food processing // *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 4125. <https://doi.org/10.3390/molecules24224125>.
9. Fasina O. O., Tyler R. T., Pickard M. D. [et al.] Infrared heating of hullless and pearled barley // *Journal of Food Processing and Preservation*. 1999. Vol. 23. P. 135–151. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1999.tb00375.x>.
10. Bai T., Nosworthy M. G., House J. D. [et al.] Effect of tempering moisture and infrared heating temperature on the nutritional properties of desi chickpea and hull-less barley flours, and their blends // *Food Research International*. 2018. Vol. 108. P. 430–439. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.061>.
11. Зверев С. В. Техника и технология инфракрасного нагрева в зернопереработке // *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова*. 2015. № 1. С. 189–192.
12. Сыроватка В. И., Обухова Н. В., Комарчук А. С. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах // *Кормопроизводство*. 2010. № 7. С. 42–45. ISSN 1562-0417.
13. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала : введен в действие постановлением Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии от 28 января 1999 г. № 22. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023863> (дата обращения: 02.12.2022).
14. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка : утв. постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 18 декабря 1991 г. № 1995. URL: <https://dokipedia.ru/document/5326603> (дата обращения: 02.12.2022).
15. Hashimoto S., Shogren M. D., Pomeranz Y. Cereal pentosans: Their ensimatin and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products // *Cereal Chemistry*. 1987. Vol. 64, No. 1. P. 30–34.
16. Unklesbay N., Davis M. E., Krause G. Nutrient retention of portioned menu items after infrared and convective heat processing // *Journal of Food Science*. 1983. Vol. 48. P. 869–873. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14919>.
17. Шундулаев Р. А., Буряков Н. П., Темирсултанов Э. Э. Кормление коров по сбалансированным рационам // *Зоотехния*. 2003. № 2. С. 10–13. ISSN 0235-2478.

References

1. Mupondwa E., Li X., Tabil L. [et al.] Technoeconomic analysis of wheat straw densification in the Canadian Prairie Province of Manitoba // *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 110. P. 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.01.100>.
2. Savinykh P. A., Isupov A. Yu., Kipriyanov F. A. Termicheskaja obrabotka zerna kak sposob povyshenija ego usvojaemosti // *Mezhdunarodnyj tehniko-jekonomicheskij zhurnal*. 2021. № 2. S. 31–40. DOI 10.34286/1995-4646-2021-77-2-31-40.
3. Savinykh P. A., Isupov A. Yu., Kipriyanov F. A. [i dr.] Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij mikronizacii zerna rzhi // *Vestnik NGIJeI*. 2021. № 6 (121). S. 26–36. DOI 10.24412/2227-9407-2021-6-26-36.
4. Blagov D. A., Mironova I. V., Tuktarov M. F. [i dr.] Vlijanie infrakrasnogo obluchenija na gigienicheskie harakteristiki i pitatel'nost' zernovyh kormov // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. № 1 (87). S. 140–144. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-140-144.

5. Hanieh S., Seyed H. E., Seyed A. V. [et al.] Operational conditions and potential benefits of grains micronization for ruminant: A review // *Animal Feed Science and Technology*. 2022. Vol. 287. 115285. ISSN 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2022.115285>.

6. Syrovatka V. I. Perspektivnye tehnologii proizvodstva kombikormov // *Zootehniya*. 2016. № 10. S. 7–12. ISSN 0235-2478.

7. Ebrahimi S. H. Feeding complete concentrate pellets containing ground grains or blend of steam-flaked grains and other concentrate ingredients in ruminant nutrition – a review // *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20. P. 11–28. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0055>.

8. Aboud S. A., Altemimi A. B., Yi-Chen L. [et al.] A comprehensive review on infrared heating applications in food processing // *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 4125. <https://doi.org/10.3390/molecules24224125>.

9. Fasina O. O., Tyler R. T., Pickard M. D. [et al.] Infrared heating of hullless and pearled barley // *Journal of Food Processing and Preservation*. 1999. Vol. 23. P. 135–151. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1999.tb00375.x>.

10. Bai T., Nosworthy M. G., House J. D. [et al.] Effect of tempering moisture and infrared heating temperature on the nutritional properties of desi chickpea and hull-less barley flours, and their blends // *Food Research International*. 2018. Vol. 108. P. 430–439. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.061>.

11. Zverev S. V. Tehnika i tehnologija infrakrasnogo nagreva v zernopererabotke // *Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija, posvjashhennaja pamjati Vasiliya Matveevicha Gorbatova*. 2015. № 1. S. 189–192.

12. Syrovatka V. I., Obukhova N. V., Komarchuk A. S. Novye tehicheskie reshenija prigotovlenija kombikormov v hozjajstvah // *Kormoproizvodstvo*. 2010. № 7. S. 42–45. ISSN 1562-0417.

13. GOST 10845-98. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija krahmala : vveden v dejstvie postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta RF po standartizacii i metrologii ot 28 janvarja 1999 g. № 22. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023863> (data obrashhenija: 02.12.2022).

14. GOST 10846-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija belka : utv. postanovleniem Komiteta standartizacii i metrologii SSSR ot 18 dekabrja 1991 g. № 1995. URL: <https://dokipedia.ru/document/5326603> (data obrashhenija: 02.12.2022).

15. Hashimoto S., Shogren M. D., Pomeranz Y. Cereal pentosans: Their ensimatin and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products // *Cereal Chemistry*. 1987. Vol. 64, No. 1. P. 30–34.

16. Unklesbay N., Davis M. E., Krause G. Nutrient retention of portioned menu items after infrared and convective heat processing // *Journal of Food Science*. 1983. Vol. 48. P. 869–873. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14919>.

17. Shundulaev R. A., Buryakov N. P., Temirsultanov Eh. Eh. Kormlenie korov po sbalansirovannym racionam // *Zootehniya*. 2003. № 2. S. 10–13. ISSN 0235-2478.

Сведения об авторах

Федор Александрович Киприянов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», spin-код: 8937-8109.

Петр Алексеевич Савиных – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией механизации животноводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», spin-код: 5868-9317.

Information about the authors

Fedor A. Kipriyanov – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Energy Resources and Technical Service, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin", spin-code: 8937-8109.

Petr A. Savinykh – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Chief Research Officer, Head of the Laboratory of Mechanization of Livestock Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitskiy, spin-code: 5868-9317.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.