

Целесообразность применения деки из вязкоупругого материала при шелушении зерна гречихи

В. А. Марьин*^{ORCID}, А. Л. Верещагин^{ORCID}, А. А. Иванов



ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Дата поступления в редакцию: 27.05.2019
Дата принятия в печать: 23.03.2020

*e-mail: tehbiysk@mail.ru



© В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов, 2020

Аннотация.

Введение. При переработке зерна гречихи до 7,0 % ядра зерна переходит в крупу продел и кормовую муку, что позволяет говорить о значительных потерях ядра при производстве крупы ядрицы и о снижении прибыли производства. Применение новых методов воздействия на зерно при шелушении повысит коэффициент использования зерна и рентабельность. Целью работы является оценка рациональности применения вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи.

Объекты и методы исследования. Зерно гречихи, выращенное в предгорной части Алтайского края в 2018 г., которое перед шелушением разделили на шесть фракций по крупности. Испытания эффективности шелушителей проводили с абразивной (стандартной) и вязкоупругой (твердость по Шору – А-80-95, модуль упругости – 2,8 МПа) деками.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что одновременное применение абразивной и вязкоупругой дек на вальцедековом станке марки 2ДШС-3Б позволяет уменьшить массовую долю разрушенного ядра на этапе шелушения зерна. Результаты производственных испытаний при переработке 23000 тыс. тонн зерна гречихи демонстрируют, что ресурс вязкоупругих дек на разных фракциях составляет от 6 до 12 месяцев. Анализ работы вязкоупругих дек в производственных условиях позволяет утверждать, что происходит увеличение массовой доли крупы ядрицы на 1,5 % за счет уменьшения крупы продел и кормовой муки. Проведенные планово-экономические расчеты показали увеличение маржинальной прибыли на 800,0 тыс руб. в месяц.

Выводы. Использование вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи всех фракций позволит увеличить рентабельность производства крупы гречневой ядрицы на 1,8 % и повысить выход готовой продукции на 1,5 %.

Ключевые слова. Гречиха, ядро, дека, переработка, фракция, коэффициент использования ядра

Финансирование. Работа выполнена на базе Бийского технологического института (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», руководитель М. А. Ленский.

Для цитирования: Марьин, В. А. Целесообразность применения деки из вязкоупругого материала при шелушении зерна гречихи / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 87–95. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-87-95>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Application of Visco-Elastic Deck in Decortivating Buckwheat Grains

V.A. Marin*^{ORCID}, A.L. Vereshchagin^{ORCID}, A.A. Ivanov

Biyisk technological institute is a subsidiary of
Polzunov Altai State Technical University,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

Received: May 27, 2019
Accepted: March 03, 2019

*e-mail: tehbiysk@mail.ru



© V.A. Marin, A.L. Vereshchagin, A.A. Ivanov, 2020

Abstract.

Introduction. During buckwheat processing, up to 7.0% of the kernels turn into feed meal. This loss causes a significant decrease in profits during the production of buckwheat groats. Decortivating of buckwheat is complicated by the fact that the size uniformity

of the grain mass does not exceed 40–50%. Since the grain size varies greatly, the mass is divided into fractions to optimize the decorticating process. Sorting of grain into size fractions with subsequent calibration increases the efficiency of decorticating. The procedure makes it possible to choose the appropriate decorticating mode while maintaining the integrity of the kernel. New methods of decorticating improve the utilization of grain and, consequently, profitability. The research objective was to assess the rationality of the use of visco-elastic material for decorticating buckwheat grain.

Study objects and methods. The research featured buckwheat grain, which was divided into six fractions by size before decorticating. The grain was harvested in the foothill part of the Altai Territory in 2018. The effectiveness of the procedure was tested using a standard abrasive deck and a visco-elastic deck with Shore hardness = A-80-95 and elastic modulus = 2.8 MPa.

Results and discussion. A simultaneous use of a visco-elastic deck and an abrasive deck on a Valdecede machine reduced the mass fraction of the destroyed kernels at the stage of decorticating. The production tests involved processing of 23,000 thousand tons of buckwheat grain. The resource of visco-elastic decks in different fractions ranged from 6 to 12 months. The tests proved that visco-elastic decks provided a 1.5% increase in the mass fraction of buckwheat groats due to a reduction in the resulting feed meal. A set of economic calculations showed an increase in the marginal profit by 800,000 rubles per month.

Conclusion. The use of visco-elastic decks during decorticating of buckwheat grain of all fractions increased the profitability of buckwheat groats production by 1.8% and raised the yield by 1.5%.

Keywords. Kernel integrity, visco-elastic deck, buckwheat, decorticating, kernel utilization ratio, fraction.

Funding. The research was performed on the premises of Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, project manager – M.A. Lenskiy.

For citation: Marin VA, Vereshchagin AL, Ivanov AA. Application of Visco-Elastic Deck in Decorticating Buckwheat Grains. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):87–95. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-87-95>.

Введение

Гречиха является ценной продовольственной культурой, которая традиционно является сырьем для изготовления гречневой крупы, муки и других ценных продуктов питания, а также используется в медицинской практике для профилактики и лечения различных заболеваний [1–8]. Гречневая крупа относится к тем пищевым продуктам, которые, обладая массой полезных для человеческого организма веществ, не теряют их в полном объеме даже при гидротермической обработке [9–14].

Технологии переработки зерна гречихи достаточно известны. Однако при массовой доле ядра 78,0 % выход крупы ядрицы составляет не более 71,0 %. Основные потери связаны с технологией шелушения. Ядро гречихи является хрупким и при шелушении раскалывается, уменьшая процент выхода крупы ядрицы и увеличивая выход продела и кормовой муки [15].

Важнейшим физическим свойством зерна является его прочность, способность сопротивляться разрушению. От этого показателя зависят процессы дробления при шелушении зерна. В настоящее время для шелушения зерна гречихи используются различные шелушительные машины. Принцип механического воздействия на зерно и характер вызываемой ими деформации основан на сжатии и сдвиге [16]. Рабочими органами машин являются две поверхности из жесткого материала. Проходя рабочую зону, зерно подвергается воздействию сдвигающих усилий со стороны вращающего абразивного вала и тормозящих усилий со стороны абразивной деки. В результате плодовые оболочки гречихи разламываются по граням, ядро отделяется от них. По такому принципу работают вальцедековые

станки с неподвижной декой и вращающимся валом [17]. Основным требованием, предъявляемым к шелушительным машинам, является высокая степень шелушения при максимальном сохранении целостности ядра [18].

Для выбора эффективного способа шелушения необходимо учитывать особенности строения зерна, показатели структурно-механических свойств и степень связи ядра с оболочкой. Шелушение гречихи усложняется еще и тем, что однородность и выравненность зерновой массы по крупности составляет не более 40–50 %. Так как размеры зерна гречихи различаются по размеру поперечного сечения (по крупности), то для оптимизации процесса шелушения ее делят на фракции. Сортирование зерна на фракции по крупности с последующим калиброванием проводится для того, чтобы повысить эффективность шелушения однородных по крупности фракций. Для них легче подобрать режим шелушения, при котором лучше снимаются пленки и оболочки зерна при сохранении целостности ядра. Сортирование зерна на фракции способствует повышению эффективности разделения продуктов шелушения и выделения чистого ядра. Рабочий зазор для шелушения подбирают индивидуально для каждой фракции по крупности.

Основной проблемой экономики является снижение затрат на производство продукции. Этот важнейший экономический показатель отражает результаты производственной деятельности. Увеличение эффективности переработки зерна в крупу характеризуется целым рядом технико-экономических показателей работы гречезавода и определяется повышением коэффициента испо-

льзования зерна, а также качеством и выходом готовой продукции [19].

Для повышения коэффициента использования зерна нужно применять новые методы и способы воздействия на зерно в процессе его шелушения [20]. К сожалению, работ в этом направлении проводить недостаточно. Поэтому исследования, направленные на более глубокое изучение и интенсификацию этих процессов с определением качественных характеристик продукции, являются актуальными и практически значимыми. Научная новизна данного исследования заключается в возможности модернизации существующего отечественного оборудования.

Целью настоящей работы является оценка рациональности применения вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи.

Объекты и методы исследования

Для испытания были отобраны партии рядового зерна гречихи собранного в предгорной зоне Алтайского края 2018 года. Объектом исследования являются зерна, разделенные на фракции по крупности, на которые его делили перед шелушением. Шелушение осуществляли на вальцедековых станках с двумя деками стандартным (с абразивным валком и двумя абразивными деками) и исследуемым (с абразивным валком, одной декой из абразивного материала, другой – из вязкоупругого) способами.

Все партии зерна, которые были направлены для исследования соответствовали требованиям ГОСТ Р 56105-2014. Крупу ядрицу вырабатывали согласно требованиям ГОСТ 55290-2012.

Испытания проводили в производственных условиях по технологии, в которой зерно перед шелушением сортировали по крупности на шесть фракций. Применение такого технологического этапа позволяет получать однородные по крупности фракции зерна.

Образцы для исследования отобрали на гречезаводе производительностью 4 т/ч. В экспериментальной части приведены средние значения показателей. Достоверность полученных результатов подтверждена 3–5 кратной повторностью экспериментов. Все исследования обрабатывали статистически. Эффективность работы технологии оценивали по массовой доле целого ядра после шелушения по общепринятым методикам.

Исследование проводили следующим образом: зерно гречихи доводили до крупных кондиций и направляли в цех (гречезавод); пройдя все необходимые технологические операции, зерно направляли на шелушение. Отбор и формирование партий зерна для исследования проводили согласно ГОСТ 26312-84.

Совершенствование технологических процессов переработки зерна направлено на улучшение его технологических свойств [21]. Применение гидротермической обработки (ГТО) фракционирования зерна перед шелушением позволило в производственных условиях значительно повысить выход и качество готового продукта при одновременном увеличении выхода крупы ядрицы и уменьшении продела. Из-за несовершенства технических процессов шелушения зерна гречихи в производственных условиях под воздействием рабочих органов шелушительных машин происходит интенсивное разрушение как отделяемых наружных оболочек, так и ядра. При этом в продуктах шелушения накапливаются дробленые частицы ядра и мучнистые частицы, которые, в случае производства недробленой крупы, являются побочными, т. е. менее ценными продуктами технологии, чем крупа.

Необходимо отметить, что к специфическим признакам качества зерна гречихи относят расположение, размер и форму зародыша. Большая часть зародыша заключена внутри ядра в виде S-образного лепестка, поэтому в процессе переработки зерна в крупу на этапе шелушения ядро легко раскалывается. Эндосперм состоит из крупных тонкостенных клеток, консистенция мучнистая. Он хрупкий и легко дробится при переработке зерна.

Переработка зерна гречихи в крупу ядрицу может привести к образованию дробленого ядра, т. к. после удаления плодовых оболочек ядро гречихи разрушается на части [22]. Это снижает технологические и экономические показатели переработки зерна гречихи, т. к. стоимость дробленого ядра (продела) и мучки значительно ниже стоимости недробленого (крупа ядрица).

Особенностью используемой при испытании технологии является применение высоких температурных режимов пропаривания, а также низкое содержание мелких зерен в крупных фракциях в процессе сортирования зерна (до 9 раз), чем в технологии, представленной в «Правилах организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях» [23–26].

В процессе исследования шелушения зерна гречихи использовали вальцедековые станки марки 2ДШС-3Б с двумя деками на первой, второй, третьей и четвертой фракциях; на пятой и шестой фракциях с одной декой. Такой подход обоснован малым содержанием пятой и шестой фракций. Фракционный состав зерна гречихи, на который разделяли зерно перед шелушением, представлен в таблице 1.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что однородность и выравненность используемого для испытаний зерна гречихи составляет не более 48,0 %. Наименьшая массовая доля относится к шестой фракции и составляет не более 0,5 %.

Научные исследования выполнены на базе Бийского технологического института (филиал)

Таблица 1. Фракционный состав зерна гречихи урожая 2018 года

Table 1. Fractional composition of buckwheat grain harvested in 2018

Массовая доля фракций, %					
1 фракция	2 фракция	3 фракция	4 фракция	5 фракция	6 фракция
30,5	48,0	14,0	6,0	1,0	0,5

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова».

Результаты и их обсуждение

При проведении исследований в производственных условиях была использована принципиальная схема переработки зерна гречихи при делении его на шесть фракций перед шелушением (рис. 1).

Для испытаний было использовано зерно с влажностью 13,5 %, т.к. на используемых для шелушения станках 2ДШС-3Б такая влажность является наиболее оптимальной. Принцип работы таких станков основан на взаимодействии зерна с вращающимся валом и отодвинутой на некоторое расстояние (зазор) жестко закрепленной декой. Вращающийся валок захватывает зерно и увлекает его в рабочую зону (зазор) между волком и декой. При входе в рабочую зону к зерну прикладывается усилия сжатия и сдвига за счет контакта с неподвижной декой. Таким образом, чтобы избежать дробления

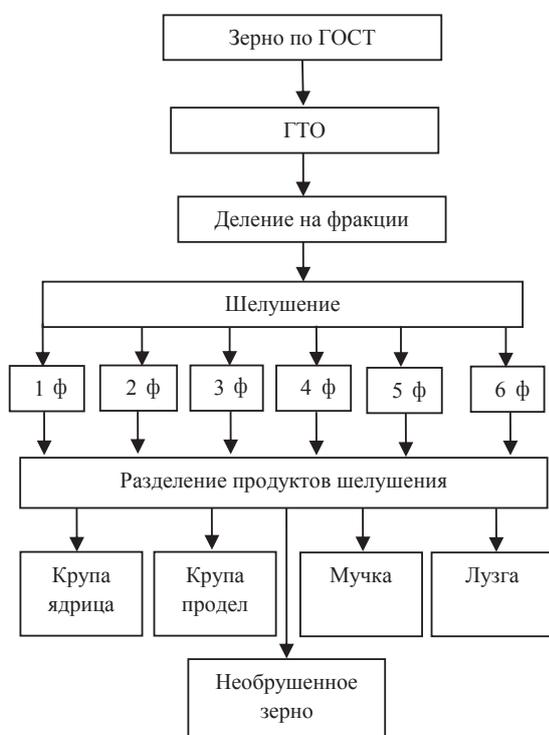


Рисунок 1. Применяемая схема переработки зерна гречихи

Figure 1. Scheme for buckwheat grain processing

Таблица 2. Результаты испытаний вязкоупругих дек до полного износа для каждой фракции

Table 2. Wear-out tests of visco-elastic decks for each fraction

Номер фракции	1	2	3	4	5	6
Время работы (месяц)	6	8	7	7	> 12	> 12

ядра, зазор не должен быть меньше размера ядра. Изменение зазора в рабочей зоне станка может приводить к уменьшению эффективности шелушения при увеличении зазора и высокой дробимости ядра при его уменьшении.

Для сохранения качества и целостности ядра при шелушении зерна гречихи на вальцедековых станках 2ДШС-3Б было предложено заменить одну из абразивных дек на деку из вязкоупругого материала такого же размера. В отличие от упругой (абразивной) она допускает неупругую деформацию, что приводит к более длительному контакту зерна с декой и увеличивает эффективность отделения плодовых пленок от ядра при сохранении его целостности.

Для исследования использовали материал со следующими показателями: твердость по Шору А-80-95; относительное удлинение при разрыве не менее 350 %; стойкость к износу не более 0,07 см³; прочность при разрыве не менее 35 Мпа [27].

Результаты производственных испытаний при переработке 23 тыс тонн зерна гречихи показали, что ресурс вязкоупругих дек на разных фракциях различен. Такое различие связано как с содержанием массовой доли фракции в зерне, так и с регулировкой зазора между декой и абразивным барабаном. Опыт эксплуатации показал, что с уменьшением зазора, которое меньше размера ядра, наблюдается его незначительное дробление. При этом износ деки становится

Таблица 3. Результаты технологических испытаний

Table 3. Results of technological tests

Наименование продукта	Массовая доля готового продукта, %		
	С абразивной и вязкоупругой деками	С двумя абразивными деками	По «Правилам организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях»
Крупа ядрица	72,5	71,0	62,0
Крупа продел	–	0,8	5,0
Мучка кормовая	0,3	1,0	3,5

значительным, время ее эксплуатации может уменьшиться в несколько раз. Исследование фракционного состава зерна показало, что оно зависит от сорта, условий произрастания и зрелости зерна.

Результаты использования вязкоупругих дек до полного износа на шести вальцедековых станках для каждой фракции зерна представлены в таблице 2.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что деки разных фракций срабатываются не равномерно. Такое поведения дек связано с разной регулировкой дек и различной массовой долей зерна во фракциях. Деки не менялись в течение года непрерывной работы на пятой и шестой фракциях. Массовая доля зерна составляла 1,0 и 0,5 % соответственно.

В таблице 3 представлены результаты сравнительного анализа шелушения зерна гречихи двумя способами (с абразивной и вязкоупругой деками; с двумя абразивными деками), а также согласно «Правилам организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях».

Анализ таблицы позволяет утверждать, что проведенные производственные исследования с использованием вязкоупругих дек увеличивают массовую долю крупы ядрицы на 1,5 % за счет уменьшения крупы продел и кормовой муки. Такой подход к шелушению ядра позволяет вырабатывать крупу ядрицу без продела.

Необходимо отметить, что особенностью использования вязкоупругих дек на шелушильных



Рисунок 2. Крупа гречневая ядрица, полученная при переработке зерна гречихи с двумя абразивными деками

Figure 2. Buckwheat groats obtained by processing buckwheat grain with two abrasive decks

станках 2ДШС-3Б является изменение режимов шелушения: теперь абразивная дека незначительно повреждает и деформирует оболочку, а вязкоупругая окончательно отделяет ядро от оболочки (грубая и точная настройка дек при шелушении). Указанный подход к шелушению позволил улучшить органолептические показатели крупы ядрицы при шелушении вязкоупругими деками. На ядрах не обнаружены повреждения семенной оболочки

Таблица 4. Планово-экономические показатели при шелушении гречихи при использовании абразивных и вязкоупругих дек

Table 4. Planning and economic indicators for decorticating buckwheat using abrasive and visco-elastic decks

Объем сырья, тонн	Суточная	Суток	Всего за месяц	
	100	27	2700	
Наименование			Стандартная	Вязкоупругая
Цена одной тонны готовой продукции б/НДС, тыс руб			20,000	20,000
Выход продукции, %			71,0	72,5
Количество продукции, тонн			1917	1957,5
Стоимость основной продукции, тыс руб.			38340	39150
Стоимость побочной продукции, тыс руб.	Кормовой зернопродукт, мучка – 2 руб/кг, продел 10 руб/кг		270	16,2
Стоимость продукции, тыс руб.			38610	39166,2
Переменные затраты, тыс руб			34347,1	34358
Стоимость сырья б/НДС, тыс руб.	12 000		32400	32400
Мешкотара, тыс руб.	20 мешков/тн	10,92	507,9	512,9
Заработная плата, тыс руб.	250 тн зерна		675	675
Отчисления от з/пл., %	30,8		208	208
Электроэнергия, тыс руб	60 кВт/тн зерна		556,2	556,2
Деки, тыс руб			4,7	5,9
Переменные затраты на переработку, тыс руб.			1947,1	1958
Переменные затраты на переработку 1 тонны готовой продукции, тыс руб.			17,92	17,55
Маржинальная прибыль, тыс руб.			3992,9	4792
Рентабельность (маржинальная прибыль), %			10,4	12,2
Стоимость переработки 1 тонны зерна, тыс руб.			0,721	0,725
Стоимость производства 1 тонны готовой продукции, тыс руб.			1,02	1,00

граней и ребер, незначительное количество которых присутствуют при шелушении абразивными деками (0,2–0,8 %) (рис. 2). Высокое содержание таких повреждений свидетельствует о неправильной регулировке зазора между валком и декой или их износе.

Расчет планово-экономические показателей завода по переработке зерна гречихи проводили для гречезавода производительностью 100 т/сут. Результаты представлены в таблице 4. Цены на зерна, крупу, электроэнергию и другие затраты взяты из расчета как средние на текущий период.

Анализ представленных данных позволяет утверждать, что использование вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи обеспечивает более высокий маржинальный доход. Использование вязкоупругих дек позволяет увеличить маржинальную прибыль на 800,0 тыс руб. в месяц. Увеличение прибыли и рентабельности на 1,8 % связано с уменьшением переменных затрат.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования вязкоупругих дек на вальцедековых станках для шелушения зерна гречихи.

Выводы

Установлено, что использование вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи всех фракций позволяет увеличить рентабельность производства

крупы гречневой ядрицы на 1,8 % и повысить выход готовой продукции не менее чем на 1,5 %, а также производить крупу гречневую ядрицу без продела и кормовой мучки.

Критерии авторства

Авторы в равной степени принимали участие в исследованиях и оформлении рукописи.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Благодарим всех уважаемых коллег, которые помогли при работе над статьей.

Contribution

The authors equally participated in the research and preparation of manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to all colleagues who helped to write this article.

Список литературы

1. Фесенко, А. Н. Морфогенетический метод селекции гречихи (*Fagopyrum esculentum Moench*) / А. Н. Фесенко, Н. Н. Фесенко, И. О. Романов. – СПб. : ВИР, 2017. – 164 с.
2. Nutrient content in buckwheat milling fractions / V. Skrabanja, I. Kreft, T. Golob [et al.] // Cereal Chemistry. – 2004. – Vol. 81, № 2. – P. 172–176. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.172>.
3. Alencar, N. M. M. Advances in pseudocereals: crop cultivation, food application, and consumer perception / N. M. M. Alencar, L. de Carvalho Oliveira // Bioactive molecules in food / J.-M. Mérillon, K. G. Ramawat. – Cham : Springer, 2019. – P. 1695–1713. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_63.
4. Aluko, R. E. Miscellaneous foods and food components / R. E. Aluko // Functional foods and nutraceuticals / R. E. Aluko. – New York : Springer, 2012. – P. 127–146. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1_9.
5. Gluten-free cereals and pseudocereals: nutrition and health / M. F. de Frutos, B. Fotschki, R. F. Musoles [et al.] // Bioactive molecules in food / J. M. Mérillon, K. G. Ramawat. – Cham : Springer, 2018. – P. 1–18. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_60-1.
6. Mert, I. D. Microstructure of gluten-free baked products / I. D. Mert, G. Sumnu, S. Sahin // Imaging technologies and data processing for food engineers / N. Sozer. – Cham : Springer, 2016. – P. 197–242. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9_7.
7. Antidiabetic functional foods with antiglycation properties / M. I. Kazeem, H. A. Bankole, A. A. Fatai [et al.] // Bioactive molecules in food / J. M. Mérillon, K. G. Ramawat. – Cham : Springer, 2018. – P. 1–29. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_16-1.
8. Charles, D. J. Sources of natural antioxidants and their activities / D. J. Charles // Antioxidant properties of spices, herbs and other sources / D. J. Charles. – New York : Springer, 2013. – P. 65–138. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0_4.
9. Региональный аспект возделывания гречихи на Алтае / В. М. Важов, В. Н. Козил, Р. Ф. Бахтин [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. – С. 40–45.
10. Lim, T. K. *Fagopyrum esculentum* / T. K. Lim // Edible medicinal and non-medicinal plants. Volume 5, Fruits / T. K. Lim. – Dordrecht : Springer, 2013. – P. 459–493. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_25.
11. Physically modified common buckwheat starch and their physicochemical and structural properties / W. Li, F. Cao, J. Fan [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2014. – Vol. 40. – P. 237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.012>.

12. Sindhu, R. Physicochemical, thermal and structural properties of heat moisture treated common buckwheat starches / R. Sindhu, A. Devi, B. S. Khatkar // Journal of Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 56, № 5. – P. 2480–2489. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03725-6>.
13. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing / H. Liu, X. Guo, W. Li [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2015. – Vol. 132. – P. 237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.071>.
14. Malik, M. A. Effect on physicochemical and thermal properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch by acid hydrolysis combined with heat moisture treatment / M. A. Malik, D. C. Saxena // Journal of Food Processing and Preservation. – 2016. – Vol. 40, № 6. – P. 1352–1363. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12720>.
15. Зверев, С. В. Влияние влажности воздуха на сохраняемость гречневой крупы / С. В. Зверев, С. Л. Белецкий, Ю. О. Сумелиди // Хранение и переработка зерна. – 2014. – Т. 178, № 1. – С. 31–34.
16. Егоров, Г. А. Управление техническими свойствами зерна / Г. А. Егоров. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2005. – 348 с.
17. Филин, В. М. Шелушение зерна крупяных культур. Совершенствование технологического оборудования / В. М. Филин, Д. В. Филин. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 135 с.
18. Хосни, Р. К. Зерно и зернопродукты / Р. К. Хосни. – СПб : Профессия, 2006. – 330 с.
19. Чеботарёв, О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О. Н. Чеботарев, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко. – М. – Ростов-на-Дону : МарТ, 2004. – 688 с.
20. Демский, А. Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов / А. Б. Демский, В. Ф. Веденеев. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 760 с.
21. Карев, С. В. Анализ способов гидротермической обработки зерна гречихи / С. В. Карев, Л. М. Камозин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 10. – С. 20–22.
22. Influences of high hydrostatic pressure, microwave heating, and boiling on chemical compositions, antinutritional factors, fatty acids, in vitro protein digestibility, and microstructure of buckwheat / Y. Deng, O. Padilla-Zakour, Y. Zhao [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8, № 11. – P. 2235–2245. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1578-9>.
23. Марьин, В. А. Повышение эффективности фракционирования зерна гречихи / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин // Хлебопродукты. – 2011. – № 6. – С. 54–55.
24. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Часть 1. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – С. 81.
25. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Часть 2. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – С. 97.
26. Пат. 2388539С1 Российская Федерация, В02В1/08. Способ гидротермической обработки зерна гречихи и пропариватель для гидротермической обработки зерна гречихи / Марьин В. А., Федотов Е. А., Верещагин А. Л.; заявитель и патентообладатель Марьин В. А., Федотов Е. А., Верещагин А. Л. – № 2008136279/13, заявл. 08.09.2008; опубл. 10.05.2010; Бюл. № 13. – 10с.
27. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nppsts.ru/2011-08-26-17-42-42/15-materialy/64-elury>. – Дата обращения: 27.04.2019.

References

1. Fesenko AN, Fesenko NN, Romanov IO. Morfogeneticheskiy metod selektsii grechikhi (*Fagopyrum esculentum Moench*) [Morphogenetic method of buckwheat selection (*Fagopyrum esculentum Moench*)]. St. Petersburg: VIR; 2017. 164 p. (In Russ.).
2. Skrabanja V, Kreft I, Golob T, Modic M, Ikeda S, Ikeda K, et al. Nutrient content in buckwheat milling fractions. Cereal Chemistry. 2004;81(2):172–176. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.172>.
3. Alencar NMM, de Carvalho Oliveira L. Advances in *Pseudocereals*: crop cultivation, food application, and consumer perception. In: Mérillon J-M, Ramawat KG, editors. Bioactive molecules in food. Cham: Springer; 2019. pp. 1695–1713. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_63.
4. Aluko RE. Miscellaneous foods and food components. In: Aluko RE, editor. Functional foods and nutraceuticals. New York: Springer; 2012. pp. 127–146. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1_9.
5. de Frutos MF, Fotschki B, Musoles RF, Llopis JML. Gluten-free cereals and pseudocereals: nutrition and health. In: Mérillon JM, Ramawat KG, editors. Bioactive molecules in food. Cham: Springer; 2018. pp. 1–18. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_60-1.
6. Mert ID, Sumnu G, Sahin S. Microstructure of gluten-free baked products. In: Sozer N, editor. Imaging technologies and data processing for food engineers. Cham: Springer; 2016. pp. 197–242. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9_7.
7. Kazeem MI, Bankole HA, Fatai AA, Adenowo AF, Davies TC. Antidiabetic functional foods with antiglycation properties. In: Mérillon JM, Ramawat KG, editors. Bioactive molecules in food. Cham: Springer; 2018. pp. 1–29. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_16-1.

8. Charles DJ. Sources of natural antioxidants and their activities. In: Charles DJ, editor. Antioxidant properties of spices, herbs and other sources. New York: Springer; 2013. pp. 65–138. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0_4.
9. Vazhov VM, Kozil VN, Bakhtin RF, Yaskov MI. Regional aspect of cultivating buckwheat in Altai. *Advances in Current Natural Sciences*. 2018;(8):40–45. (In Russ.).
10. Lim TK. *Fagopyrum esculentum*. In: Lim TK, editor. Edible medicinal and non-medicinal plants. Volume 5, Fruits. Dordrecht: Springer; 2013. pp. 459–493. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_25.
11. Li W, Cao F, Fan J, Ouyang S, Luo Q, Zheng J, et al. Physically modified common buckwheat starch and their physicochemical and structural properties. *Food Hydrocolloids*. 2014;40:237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.012>.
12. Sindhu R, Devi A, Khatkar BS. Physicochemical, thermal and structural properties of heat moisture treated common buckwheat starches. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(5):2480–2489. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03725-6>.
13. Liu H, Guo X, Li W, Wang X, Lv M, Peng Q, et al. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing. *Carbohydrate Polymers*. 2015;132:237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.071>.
14. Malik MA, Saxena DC. Effect on physicochemical and thermal properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch by acid hydrolysis combined with heat moisture treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016;40(6):1352–1363. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12720>.
15. Zverev SV, Beletskiy SL, Sumelidi YuO. Vliyanie vlazhnosti vozdukh na sokhranyaemost' grechnevoy krupy [Effect of air humidity on buckwheat storage]. *Grain storage and processing*. 2014;178(1):31–34. (In Russ.).
16. Egorov GA. Upravlenie tekhnicheskimi svoystvami zerna [Managing the technical properties of grain]. Voronezh: Voronezh State University; 2005. 384 p. (In Russ.).
17. Filin VM, Filin DV. Shelushenie zerna krupyanykh kul'tur. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo oborudovaniya [Decorticating grain. Improvement of technological equipment]. Moscow: DeLi print; 2002. 135 p. (In Russ.).
18. Khosni RK. Zerno i zernoprodukty [Grain and grain products]. St. Petersburg: Professiya; 2006. 330 p. (In Russ.).
19. Chebotaryov ON, Shazzo AYu, Martynenko YaF. Tekhnologiya muki, krupy i kombikormov [Technology of flour, cereals, and animal feed]. Moscow – Rostov-on-Don: MarT; 2004. 688 p. (In Russ.).
20. Demskiy AB, Vedenev VF. Oborudovanie dlya proizvodstva muki, krupy i kombikormov [Equipment for the production of flour, cereals, and animal feed]. Moscow: DeLi print; 2005. 760 p. (In Russ.).
21. Karev SV, Kamozin LM. Analysis of the methods hydrothermal processing of buckwheat. Storage and processing of farm products. 2013;(10):20–22. (In Russ.).
22. Deng Y, Padilla-Zakour O, Zhao Y, Tao S. Influences of high hydrostatic pressure, microwave heating, and boiling on chemical compositions, antinutritional factors, fatty acids, in vitro protein digestibility, and microstructure of buckwheat. *Food and Bioprocess Technology*. 2015;8(11):2235–2245. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1578-9>.
23. Mar'in VA, Vereshchagin AL. Povyshenie ehffektivnosti fraktsionirovaniya zerna grechikhi [Increasing the efficiency of buckwheat grain fractionation]. *Bread products*. 2011;(6):54–55. (In Russ.).
24. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh. Chast' 1 [Procedures for the technological process at the cereal production enterprises. Part 1]. Moscow: Central Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research of Milled and Hulled Products; 1990. 81 p. (In Russ.).
25. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh. Chast' 2 [Procedures for the technological process at the cereal production enterprises. Part 2]. Moscow: Central Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research of Milled and Hulled Products; 1990. 97 p. (In Russ.).
26. Mar'in VA, Fedotov EA, Vereshchagin AL. Method of hydrothermal processing of buckwheat and steamer to this end. Russia patent RU 2388539C1. 2010.
27. [Internet]. [cited 2019 Apr 27]. Available from: <http://nppsts.ru/2011-08-26-17-42-42/15-materialy/64-elury>.

Сведения об авторах

Мар'ин Василий Александрович

канд. техн. наук, доцент кафедры общей химии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (905) 980-22-78, e-mail: tehbiysk@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1858-238X>

Information about the authors

Vasily A. Marin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (905) 980-22-78, e-mail: tehbiysk@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1858-238X>

Верещагин Александр Леонидович

д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (905) 083-43-97, e-mail: vail@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4510-720X>

Иванов Андрей Александрович

аспирант кафедры общей химии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (913) 218-03-33, e-mail: vail@bti.secna.ru

Alexander L. Vereshchagin

Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (905) 083-43-97, e-mail: vail@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4510-720X>

Andrey A. Ivanov

Postgraduate of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (913) 218-03-33, e-mail: vail@bti.secna.ru