

УДК 664.733.1

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЗОЛЬНОСТЬ И ФРАКЦИОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МУКИ ИЗ КРУПЫ ГРЕЧНЕВОЙ ПРОРОЩЕННОЙ

Е. Н. Урбанчик¹, Л. В. Шустова¹, А. И. Касьянова²

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Пророщенная зеленая гречка рассматривается как перспективное сырьё для функциональных продуктов, что определило цель исследования. Однако переработка её в сортовую муку осложняется особенностями структуры зерна. Научная задача – оценить влияние режимов гидротермической обработки на средневзвешенную зольность муки и распределение зольности по фракциям при различных системах помола, с предположением, что обработка может снизить зольность за счёт изменения структурно-механических свойств анатомических частей зерна.

Материалы и методы. В качестве сырья использовали крупу гречневую пророщенную по ТУ ВУ 700036448.010-2024. Пробную гидротермическую обработку выполняли при влажности крупы 14–16 % и времени отволаживания 2–6 ч. Помол осуществляли на лабораторной мельнице; оценивали качество продукции (мука, отруби) по показателям зольности и влажности. Применялись стандартные и общепринятые методы исследования; статистический анализ включал построение диаграммы Парето и проверку значимости при $p < 0,05$.

Результаты. Варьирование режимов гидротермической обработки не оказало статистически значимого влияния на средневзвешенную зольность сортовой муки; ни отдельные факторы, ни их взаимодействие не были значимы. Объяснено тем, что при проращивании произошли глубинные структурно-биохимические преобразования эндосперма и оболочек, нивелирующие эффект длительной обработки. Установлено, что кратковременное доувлажнение на 0,5 % в течение 20–30 минут обеспечивает необходимую эластичность оболочек без изменения зольности.

Заключение. Длительная гидротермическая обработка крупы гречневой пророщенной технологически нецелесообразна для снижения зольности муки. Рекомендована для практического внедрения оптимизированная технология с кратковременным доувлажнением крупы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерно; зеленая гречка; крупа гречневая пророщенная; нетрадиционное сырьё; проращивание; сортовой помол; оптимизация; зольность; гидротермическая обработка; холодное кондиционирование; гречневая мука; функциональный ингредиент.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Урбанчик, Е. Н. Влияние режимов гидротермической обработки на зольность и фракционное распределение муки из крупы гречневой пророщенной // Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова, А. И. Касьянова // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 2 (39). – С. 58–68.

INFLUENCE OF HYDROTHERMAL TREATMENT REGIMES ON ASH CONTENT AND FRACTIONAL DISTRIBUTION IN FLOUR FROM SPROUTED BUCKWEAT GROATS

E. N. Urbanchik¹, L. V. Shustava¹, A. I. Kasyanova²

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Sprouted green buckwheat groats are considered a promising raw material for functional products, which determined the objective of the research. However, their milling into high-grade flour is complicated by the structural characteristics of the grain. The scientific aim was to evaluate the effect of

hydrothermal treatment regimes on the weighted average ash content of flour and functional distribution of ash content across fractions while using different milling systems, with the assumption that such treatment reduces the flour ash content by altering the structural and mechanical properties of the grain's anatomical parts.

Materials and methods. Sprouted buckwheat groats complying with Technical Specifications TU BY 700036448.010-2024 were used as raw material. Trial hydrothermal treatment was performed at a groats moisture content of 14–16 % and tempering duration of 2–6 hours. Milling was carried out in a laboratory mill; the quality of the products (flour, bran) was assessed based on ash content and moisture indicators. Standard and commonly accepted research methods were applied; including Pareto chart diagram and significance testing at $p < 0,05$.

Results. Variation in the hydrothermal treatment regimes showed no statistically significant effect on the weighted average ash content of the milled flour; neither individual factors nor their interaction was significant. This is explained by the profound structural and biochemical transformations in both endosperm and seed coat layers during sprouting, which offset the effect of the prolonged treatment. It was established that short-term additional moisturizing by 0,5 % for 20–30 minutes provides the necessary elasticity of the seed coats without altering the ash content.

Conclusions. Prolonged hydrothermal treatment of sprouted buckwheat groats is technologically impractical for reducing the ash content of flour. An optimized technology with short-term additional moistening of the groats is recommended for practical implementation.

KEY WORDS: *grain; green buckwheat; sprouted buckwheat groats; non-traditional raw materials; germination; varietal milling; optimization; ash content; hydrothermal treatment; cold conditioning; buckwheat flour; functional ingredient.*

FOR CITATION: Urbanchik, E. N. Influence of Hydrothermal Treatment Regimes on Ash Content and Fractional Distribution in Flour from Sprouted Buckwheat Groats / E. N. Urbanchik, L. V. Shustava, A. I. Kasyanova // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 2 (39). – P. 58–68.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Беларусь исторически является аграрной страной с мощным агропромышленным комплексом, и развитие данного сектора экономики находится в числе ключевых государственных приоритетов. Президент Республики Беларусь А. Г. Лукашенко неоднократно акцентировал внимание на необходимости не только наращивания объемов производства сельскохозяйственной продукции, но и, что особенно важно, ее глубокой переработки с целью увеличения добавленной стоимости, импортозамещения и выпуска конкурентоспособных, в том числе функциональных, продуктов питания [1, 2]. В этом контексте исследования, направленные на совершенствование технологий переработки местного нетрадиционного сырья, такого как гречиха, приобретают особую практическую значимость для белорусской пищевой промышленности.

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) является важной псевдозерновой культурой, не содержащей глютена, что обуславливает ее высокую ценность для диетического и здорового питания [3]. Ее химический состав богат белком с благоприятным аминокислотным профилем, полиненасыщенными жирными кислотами, флавоноидами (рутин, кверцетин) и пищевыми волокнами [4–6]. В последнее десятилетие наблюдается устойчивый рост интереса к продуктам из непропаренной (зеленой) гречихи, так как процесс пропаривания, применяемый для производства ядрицы, приводит к частичной деградации термолабильных биологически активных веществ [7, 8]. Особое место занимает пророщенная зеленая гречиха, в которой в результате биохимической активации увеличивается содержание витаминов, антиоксидантов и снижается уровень антинутриентов, таких как фитиновая кислота, что повышает пищевую ценность продукта [9, 10].

Гидротермическая обработка – один из ключевых этапов подготовки зерна к помолу,

направленный на изменение его структурно-механических свойств. Классические исследования, проведенные на пшенице, показывают, что корректно подобранные параметры увлажнения и отволаживания позволяют повысить выход муки высших сортов и улучшить ее хлебопекарные качества за счет более чистого отделения эндосперма от оболочек [11, 12].

Применительно к гречихе традиционная гидротермическая обработка зерна изучалась преимущественно в контексте ее шелушения для производства крупы. Установлено, что предварительное увлажнение и отволаживание зерна с последующей сушкой повышает прочность эндосперма и снижает адгезию (сцепление) плодовых оболочек. Это, в свою очередь, минимизирует их дробление в процессе шелушения и повышает выход целого ядра [13, 14]. Однако при производстве муки цель гидротермической обработки принципиально иная: необходимо добиться не упрочнения, а максимально чистого отделения хрупкого эндосперма от прочных оболочек, чтобы минимизировать попадание в муку минеральных веществ, что напрямую отражается на показателе зольности [15].

Проращивание инициирует глубокие биохимические и физические изменения в зерне. Ферментативная активность приводит к модификации клеточных стенок эндосперма, частичному гидролизу крахмала и белков, что снижает его твердость [16, 17]. Исследования, проведенные на пророщенной пшенице и ржи, демонстрируют изменение поведения зерна в процессе помола: повышается хрупкость эндосперма, но при этом может возрастать липкость, что создает риск намазывания на вальцах [18]. В работах [19, 20] отмечается, что для пророщенного зерна часто требуются менее интенсивные режимы помола по сравнению с нативным.

Данных по помолу пророщенной гречихи в научной литературе представлено недостаточно. Имеющиеся работы в основном посвящены оценке пищевой ценности [21, 22]. Это создает значительный пробел в знаниях, поскольку уникальные реологические свойства пророщенного зерна диктуют необходимость адаптации классических параметров не только помола, но и предшествующей ему гидротермической обработки.

Зольность является стандартизированным показателем, который характеризует качество муки. Чем ниже зольность, тем выше сорт муки и тем белее ее цвет [23]. На распределение зольности по системам помола влияет анатомическое строение зерна: наиболее богаты минеральными веществами алейроновый слой и плодовые оболочки [24, 25]. Следовательно, мука с конечных размольных систем, где происходит истирание наиболее твердых частиц, традиционно имеет повышенную зольность. Эффективная гидротермическая обработка зерна должна способствовать тому, чтобы данные частицы отделялись в виде отрубей на ранних стадиях помола (драных системах), а не перемалывались в муку [26, 27].

Проведенный анализ литературы выявил, что, несмотря на интерес к продуктам из пророщенной зеленой гречихи, технологические аспекты ее переработки, в частности влияние режимов гидротермической обработки зерна на качество сортовой муки, изучены крайне недостаточно. Отсутствуют систематические данные о том, как параметры увлажнения и отволаживания влияют на эффективность разделения анатомических частей пророщенного зерна в процессе помола и, как следствие, на зольность получаемых фракций муки.

Гипотеза исследования заключается в целесообразности проведения процесса гидротермической обработки крупы гречневой пророщенной и изменения структурно-механических свойств ее анатомических частей, что позволит получить сортовую муку с более низкой зольностью.

Цель исследования – изучение влияния режимов гидротермической обработки на средневзвешенную зольность муки и распределение зольности по фракциям на различных системах помола крупы гречневой пророщенной.

Научная задача – оценить влияние режимов гидротермической обработки на средневзвешенную зольность муки и распределение зольности по фракциям при различных системах помола.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования использовалась крупа гречневая пророщенная и продукты помолы на ее основе. Сырье соответствовало требованиям ТУ ВУ 700036448.010-2024 [28].

При исследовании свойств крупы гречневой пророщенной применялись общепринятые и специальные в промышленности, научных учреждениях республики и за рубежом методы исследований.

Отбор проб осуществляли в соответствии с ГОСТ 13586.3-2015 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб». Массовая доля влаги определялась методом высушивания в сушильном шкафу ЕМ10 по ГОСТ 13586.5-2015 «Зерно. Метод определения влажности». Экспресс-анализ влажности, температуры крупы гречневой пророщенной в процессе исследования контролировали с помощью влагомера Wile. Зольность муки определялась по ГОСТ 28418-2002 «Зерно и продукты его переработки. Определение зольности».

В соответствии с ТКП 293-2010 «Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах» [29] была применена гидротермическая обработка крупы гречневой пророщенной методом холодного кондиционирования. Холодное кондиционирование зерна – это технологическая операция подготовки зерна перед помолом. В этом случае крупа гречневая пророщенная увлажняется водой комнатной температуры и выдерживается (отволаживается) в бункерах в течение определенного времени для изменения его структурно-механических и биохимических свойств. Необходимое количество воды определяли расчетным путем по формуле (1):

$$x = m \times \frac{a-b}{100-b}, \quad (1)$$

где x – необходимое количество воды, мл;

m – количество крупы (до увлажнения), г;

a – конечная влажность крупы, %;

b – начальная влажность крупы, %.

Помол крупы гречневой пророщенной проводили на лабораторной мельнице LabMill (Chopin Technologies, Франция) [30]. Использовалась технологическая схема, включающая две драные системы, одну шлифовальную и две размольные системы (рисунок 1).

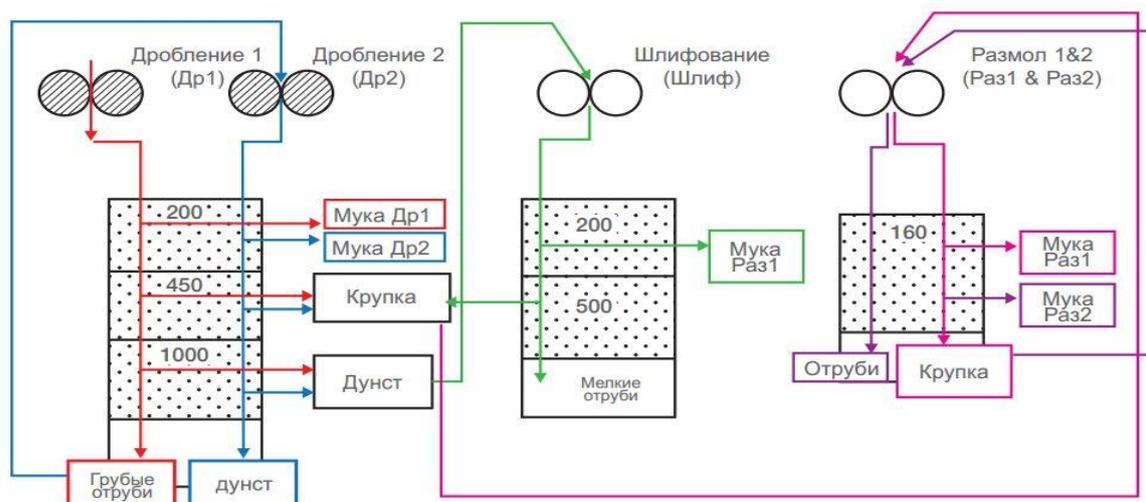


Рис. 1. Схема помола лабораторной мельницы LabMill (Chopin Technologies, Франция)

Fig. 1. Grinding scheme of the LabMill laboratory mill (Chopin Technologies, France)

При проведении эксперимента применяли математические методы моделирования и обработки экспериментальных данных с помощью программных приложений Excel и Statgraphics 19.

Среднее арифметическое значение признака выборки (X_{cp}) вычисляли по формуле (2):

$$X_{cp} = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_k n_k}{n}, \quad (2)$$

где x_k – значение признака;
 n_k – количество измерений.

Выборочную дисперсию (S^2) вычисляли по формуле (3):

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X_{cp})^2}{n - 1}, \quad (3)$$

где n – количество измерений;
 x_i – значение признака;
 X_{cp} – среднее арифметическое значение измерений.

Чем выше дисперсия, тем больше разброс измерений относительно среднего значения X_{cp} .
 Выборочное среднее квадратичное отклонение (S) определяли по формуле (4):

$$s = \sqrt{S^2}, \quad (4)$$

где S^2 – выборочная дисперсия.

Относительную ошибку выборки (Δ , показатель точности) определяли по формуле (5):

$$\Delta = \frac{\varepsilon}{X_{cp}} \cdot 100, \quad (5)$$

где ε – предельная ошибка выборки;
 X_{cp} – характеристика выборочной совокупности.

Показатель точности от 1 до 2 % считается отличным, от 3 до 5 % – хорошим, от 5 до 7 % – удовлетворительным [31].

Коэффициент корреляции (r) показывает степень статистической зависимости между двумя числовыми переменными и вычисляется по формуле (6):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n S_x S_y}, \quad (6)$$

где n – количество наблюдений;
 x – входная переменная;
 y – выходная переменная.

Значения коэффициента корреляции всегда расположены в диапазоне от -1 до $+1$ и интерпретировались согласно таблице 1.

Табл. 1. Значения коэффициентов корреляции**Table 1.** Values of correlation coefficients

Значение	Близок к 1	Близок к -1	Близкие к 0
Степень связи	Положительная корреляция. Отмечается высокая степень связи входной и выходной переменных. Если значения входной переменной x будут возрастать, выходная переменная будет увеличиваться	Отрицательная корреляция. Высокая степень связи. Поведение выходной переменной будет противоположным поведению входной	Слабая корреляция. Низкая зависимость. Поведение входной переменной x не будет совсем влиять на поведение y

Расчеты, построение графиков и диаграмм осуществляли с помощью приложений Microsoft Office для Windows 11.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Осуществлено математическое моделирование процесса гидротермической обработки крупы гречневой пророщенной (далее по тексту – крупа). Входными параметрами процесса служили: влажность крупы (W) от 14 до 16 % и время отволаживания крупы (T) от 2 до 6 ч. Выходным параметром являлась зольность муки (Z). Результаты представлены в таблице 2.

Табл. 2. Математическое моделирование процесса гидротермической обработки крупы гречневой пророщенной**Table 2.** Mathematical modeling of the hydrothermal processing of sprouted buckwheat groats

Номер эксперимента	Влажность крупы (W), %	Время отволаживания (T), ч	Зольность муки (Z), %
1	15,0	4,0	0,37
2	14,0	2,0	0,35
3	14,0	6,0	0,63
4	16,0	2,0	0,44
5	16,0	6,0	0,33
6	15,0	1,17157	0,38
7	15,0	6,82843	0,23
8	13,5858	4,0	0,42
9	16,4142	4,0	0,42
10	15,0	4,0	0,38

Анализ данных демонстрирует отсутствие явной линейной зависимости между входными параметрами (W , T) и выходным параметром (Z). Например, при минимальном времени отволаживания (2 ч) зольность варьировалась от 0,35 % (опыт 2) до 0,44 % (опыт 4) в зависимости от влажности. Аналогично, при максимальном времени (6 ч) значения зольности составили 0,63 % (опыт 3) и 0,33 % (опыт 5). Это указывает на сложный, вероятно, экстремальный характер влияния факторов и наличие взаимодействия между ними, что требует применения регрессионного анализа для построения адекватной модели. Для оценки статистической значимости влияния факторов была построена карта Парето.

На рисунке 2 представлена карта Парето по выходному параметру «зольность муки».

Анализ диаграммы Парето подтвердил, что ни один из исследуемых факторов (влажность зерна W и время отволаживания T), а также их взаимодействие (WT) не превышает границы статистической значимости при выбранном уровне значимости ($p < 0,05$). Это означает, что в рамках изученных интервалов варьирования ($W=14-16$ %, $T = 2-6$ ч) изменение влажности и

времени отволаживания не приводит к статистически достоверному систематическому изменению средневзвешенной зольности муки. Ключевая цель гидротермической обработки – изменение исходных структурно-механических, физико-химических, технологических и биохимических свойств зерна. Данное явление обусловлено набуханием белков, частичным гидролизом углеводов и белков вследствие активации ферментного комплекса, разрушением исходной плотной структуры эндосперма, приводящим к микротрещинам. В пророщенном зерне эти глубокие структурные и биохимические преобразования уже произошли естественным путем в ходе проращивания, что подтверждается исследованиями [32, 33]. Следовательно, гидротермическая обработка для такого сырья не является целесообразной.

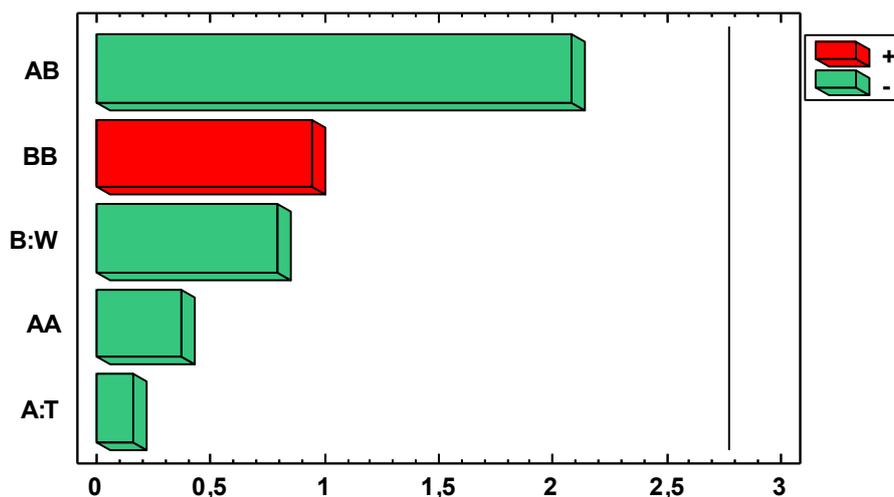


Рис. 2. Карта Парето по выходному параметру «зольность муки»

Fig. 2. Pareto map for the output parameter «flour ash content»

Важным технологическим аспектом является изменение влажности на разных этапах переработки. Исходная влажность зерна перед помолом отличается от конечной влажности продуктов, что обусловлено термодинамическими процессами и механическим воздействием во время дробления и измельчения, ведущими к естественным потерям влаги. На рисунке 3 представлена фактическая влажность крупы перед помолом и влажность конечных продуктов.

Влажность муки и отрубей после помола в среднем на 0,4–0,5 % ниже исходной влажности зерна, что обусловлено технологическими потерями влаги в процессе помола. Наибольшее снижение влажности (до 1,0 %) наблюдается при высокой исходной влажности зерна (свыше 15,8 %) и наибольшем времени отволаживания (6 ч). Исключением является эксперимент № 8, где влажность зерна и муки осталась неизменной (13,8 %), однако влажность отрубей являлась низкой (12,3 %). Таким образом, представленные данные подтверждают устойчивую тенденцию снижения влажности продуктов на завершающей стадии переработки зерна.

Следующим этапом работы являлось определение зольности муки, полученной с различных систем помола из крупы после ее увлажнения (гидротермической обработки) (таблица 3).

Анализ данных таблицы 3 выявил четкую закономерность в распределении зольности по системам помола. Наибольшая зольность характерна для продуктов 2-й размольной системы, где значения стабильно превышают 1,0 % в большинстве экспериментов (максимум 1,43 % в опыте 8). Это ожидаемо, так как на завершающих стадиях помола происходит истирание наиболее богатых минеральными веществами алейронового слоя и оболочек, которые обладают высокой твердостью. Мука с 1-й драной системы также имеет повышенную

зольность ($0,40 \pm 0,17$) % по сравнению с мукой со 2-й драной и шлифовальной систем. Наименьшая зольность наблюдается в продуктах, полученных на 1 шлифовальной системе ($0,27 \pm 0,12$) %, что указывает на получение здесь наиболее чистого эндосперма.

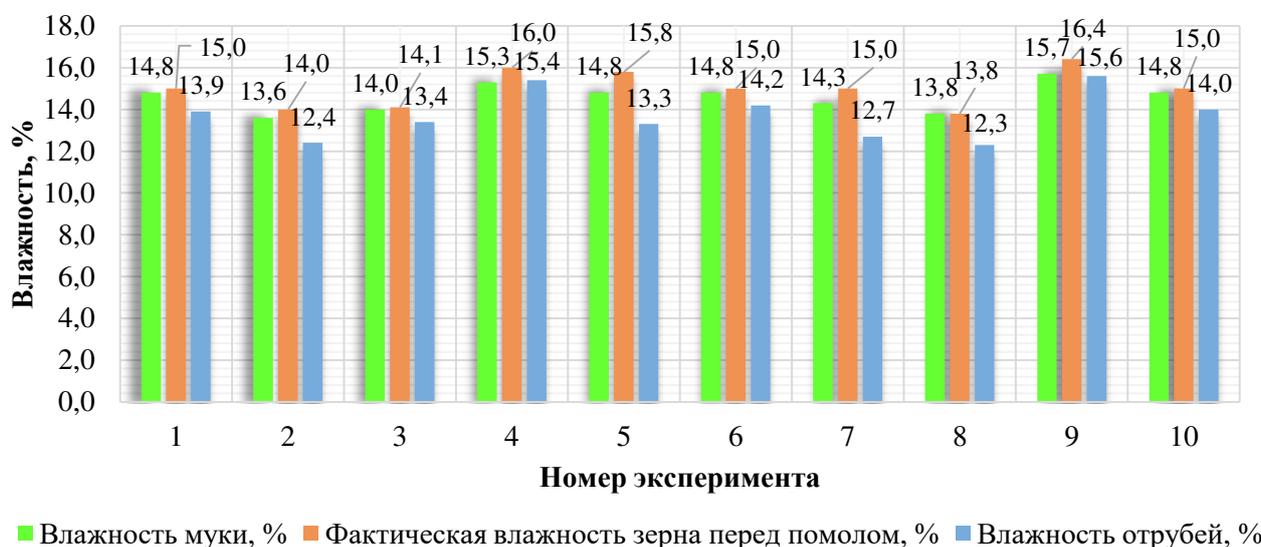


Рис. 3. Фактическая влажность крупы перед помолом и влажность конечных продуктов

Fig. 3. Actual moisture content of cereals before grinding and the moisture content of the final products

Табл. 3. Влияние гидротермической обработки на зольность муки из крупы гречневой пророщенной с различных систем помола

Table 3. Effect of hydrothermal treatment on the ash content of flour from sprouted buckwheat groats with different milling systems

Зольность муки, %	Номер эксперимента										Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 драная система	0,22	0,57	0,69	0,54	0,22	0,43	0,23	0,44	0,40	0,24	$0,40 \pm 0,17$
2 драная система	0,11	0,12	0,77	0,32	0,39	0,33	0,21	0,19	0,57	0,12	$0,31 \pm 0,22$
1 шлифовальная система	0,46	0,12	0,33	0,33	0,22	0,22	0,11	0,22	0,24	0,45	$0,27 \pm 0,12$
1 размольная система	0,35	0,46	0,69	0,43	0,40	0,43	0,22	0,60	0,47	0,36	$0,44 \pm 0,13$
2 размольная система	1,37	1,26	1,27	0,91	0,96	1,08	1,08	1,43	1,09	1,32	$1,18 \pm 0,18$
Средневзвешенная зольность муки, %	0,37	0,35	0,63	0,44	0,33	0,38	0,23	0,42	0,42	0,38	$0,40 \pm 0,10$

Анализ технологической схемы помола, представленной на рисунке 1, показывает, что помимо сортовой муки другим целевым продуктом переработки являются отруби. Их извлечение из технологического потока организовано на нескольких стадиях процесса: после 2-й драной системы, 1-й шлифовальной системы и 2-й размольной системы. Получаемые отруби характеризуются повышенной биологической ценностью по сравнению с отрубями из непророщенного зерна, поскольку в них активизируются ферментативные процессы и увеличивается доступность питательных веществ [33]. В таблице 4 представлены данные о зольности отрубей, полученных на различных этапах технологического процесса помола.

Табл. 4. Зольность отрубей из крупы гречневой пророщенной с различных систем помола**Table 4.** Ash content of bran from sprouted buckwheat groats with different milling systems

Зольность отрубей, %	Номер эксперимента										Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2 драная система	7,15	7,72	7,37	6,90	7,26	6,85	8,10	7,90	8,02	7,10	7,44±0,46
1 шлифовальная система	7,02	6,86	6,25	6,88	6,54	6,78	7,00	6,60	6,52	6,71	6,72±0,24
2 размольная система	6,30	7,25	6,34	6,40	6,60	7,20	6,93	7,25	6,15	6,83	6,73±0,42
Средневзвешенная зольность отрубей, %	6,84	6,67	6,53	6,77	6,75	6,92	7,25	7,10	6,92	6,85	6,86±0,21

Наибольшая зольность отрубей (7,44±0,46) % отмечается на 2-й драной системе, что на 0,71–0,72 % превышает показатели других систем. Это объясняется технологическими особенностями процесса, в частности, хорошим увлажнением оболочек крупы, которое способствовало более эффективному отделению алейронового слоя и плодовых оболочек на начальном этапе помола. Наименьшее значение зольности (6,72±0,24) % наблюдается на 1-й шлифовочной системе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые установлено, что варьирование параметров гидротермической обработки (влажность крупы гречневой пророщенной в диапазоне 14–16 % и время отволаживания от 2 до 6 часов) не оказывает статистически значимого влияния на средневзвешенную зольность сортовой муки из крупы гречневой пророщенной. Статистический анализ (карта Парето) подтвердил, что ни один из исследуемых факторов не превышает порог значимости ($p < 0,05$). Это объясняется глубокими структурно-биохимическими изменениями, которые произошли в эндосперме и оболочках крупы в процессе проращивания, в результате чего длительная гидротермическая обработка не приводит к их дальнейшему систематическому разделению.

Ключевое влияние на распределение зольности оказывает не режим гидротермической обработки, а система помола. Наибольшая зольность характерна для муки со 2-й размольной системы (1,18±0,18) %, что связано с измельчением богатого минералами алейронового слоя. Наименьшая зольность отмечена для продуктов 1-й шлифовальной системы (0,27±0,12) %, где происходит выделение наиболее чистого эндосперма.

Для улучшения технологических свойств оболочек перед помолом достаточно кратковременного доувлажнения крупы на 0,5 % на 20–30 минут. Данный режим не оказывает значимого воздействия на зольность муки, значения которой остаются в диапазоне средних значений. Отказ от длительной гидротермической обработки в пользу кратковременного доувлажнения позволяет оптимизировать технологический процесс, сократив его энерго- и времязатраты, при сохранении возможности производства сортовой гречневой муки с заданными качественными показателями.

Полученные результаты расширяют научные представления о технологических особенностях переработки крупы гречневой пророщенной и имеют практическую ценность для предприятий пищевой промышленности.

Исследования, описанные в данной статье, проводились в рамках реализации научного исследования при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований на 2025–2027 гг. по теме «Исследование процессов гидротермической обработки пророщенной зеленой гречки и их влияния на эффективность измельчения зерна при сортовом помоле». Договор № T25M-054 от 02.05.2025.

ЛИТЕРАТУРА

1. Какие цели и задачи обозначил Лукашенко на совещании о развитии села и повышении эффективности АПК // SB.BY. – URL: <https://www.sb.by/articles/strategicheskaya-tsel-sozdat-vysokotekhnologichnyy-pribylnyy-agrarnyy-sektor.html> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Эксперт – о достижениях Беларуси в аграрном секторе Евразийского региона и на мировом рынке // SB.BY – URL: <https://www.sb.by/articles/prodovolstvennaya-bezopasnost-dlya-sebya-i-drugikh.html> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Giménez-Bastida, J. A. et al. Buckwheat as a functional food and its effects on health // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 63, №. 36. – P. 7896–7913.
4. Christa, K. et al. Buckwheat Grains and Buckwheat Products–Nutritional and Prophylactic Value of their Components – a Review // *Czech Journal of Food Sciences*. – 2008. – Vol. 26, №. 3. – P. 153–162.
5. Зенькова, М. Л. Перспективы использования пророщенного зерна гречихи в производстве безалкогольных напитков / М. Л. Зенькова // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2022. – Т. 15, № 4 (58). – С. 25–33.
6. Мирошина, Т. А. Потенциал гречневой муки в производстве безглютеновых хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий / Т. А. Мирошина, И. Ю. Резниченко // *Вестник КрасГАУ*. – 2025. – № 8. – С. 204–216.
7. Анисимова, Л. В. Влияние гидротермической обработки зерна на белковый комплекс крупяных продуктов / Л. В. Анисимова // *Ползуновский вестник*. – 2012. – № 2/2. – С. 158–162.
8. Резниченко, И. Ю. Оценка замены пшеничной муки на безглютеновую композицию в технологии печенья / И. Ю. Резниченко, Т. А. Мирошина // *Индустрия питания*. – 2025. – Т. 10, № 3. – С. 35–42.
9. Zhang G. et al. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat // *Journal of Food Science*. – 2015. – Vol. 80, №. 5. – P. 1111–1119.
10. Урбанчик, Е. Н. Повышение эффективности проращивания зеленой гречки / Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова // монография. – Могилев: БГУТ, 2023. – 104 с.
11. Yamagichi, M. et al. Influence of wheat conditioning duration on the technological qualities of flour // *Research, Society and Development*. – 2021. – Vol. 10, №. 1. – P. 1–9.
12. Бузоверов, С. Ю. Влияние режимов гидротермической обработки зерна пшеницы на качество получаемой из него муки // *Молодой ученый*. – 2010. – № 11 (22). – С. 193–195.
13. Марьин, В. А. Влияние увлажнения зерна гречихи перед пропариванием на эффективность шелушения / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 7 (141). – С. 163–167.
14. Чашилов, Д. В. Гидротермическая обработка зерна гречихи. Формирование технологических, потребительских и нутрицевтических свойств ядра. Возможности использования лузги // *Ползуновский вестник*. – 2024. – № 4. – С. 139–148.
15. Хамдамова, Ч. Х. Анализ значения гидротермической переработки зерна перед дроблением и исследования / Ч. Х. Хамдамова, А. Н. Ахмедов, С. Ф. Суннатова // *Universum: технические науки: электрон. науч. журн.* – 2022. – № 3 (96). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13220> (дата обращения: 20.09.2025).
16. Hejazi, S. N. Malting process optimization for protein digestibility enhancement in gluten-free cereals // *Journal of Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 53, №. 4. – P. 1929–1938.
17. Cornejo, F. et al. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads // *Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 173. – P. 298–304.
18. Шаршунов, В. А. Обоснование параметров измельчения пророщенного зерна злаковых культур в сушилке-диспергаторе / В. А. Шаршунов, М. А. Киркор, А. В. Евдокимов, Е. Н. Урбанчик // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 2. – С. 255–259.
19. Dziki, D. Study to analyze the influence of sprouting of the wheat grain on the grinding process // *Journal of Food Engineering*. – 2010. – Vol. 96, №. 4. – P. 562–567.
20. Dziki, D. Influence of germination time on grinding characteristics and antioxidant activity of sprouted wheat // *Journal of Food Engineering*. – 2010. – Vol. 96, №. 4. – P. 141–150.
21. Зенькова, М. Л. Трансформация белка, крахмала и некрахмалистых веществ в процессе бланширования и стерилизации пророщенного зерна / М. Л. Зенькова, А. В. Акулич // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2024. – Т. 17, № 1 (63). – С. 11–21.
22. Глаголева, Л. Э. Определение функциональных групп растительных комплексов зеленой гречки методом ИК-спектроскопии / Л. Э. Глаголева, А. С. Губин, А. В. Александрова, И. В. Коротких // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2017. – № 4. – С. 57–60.
23. СТБ 1666-2006 Мука пшеничная. Технические условия. – Введ. 2006-12-01. – Переизд. (дек. 2013 г.) с изм. № 1–5. – Минск: Госстандарт, 2013. – 20 с.
24. Влияние технологических свойств зерна на качество и выход муки // URL: https://studwood.net/1750083/tovarovedenie/vliyanie_tehnologicheskikh_svoystv_zerna_kachestvo_vygod_muki (дата обращения: 20.09.2025).
25. Терлецкая, Н. В. Изучение анатомических особенностей зерновок видов и сортов пшеницы / Н. В. Терлецкая, Н. А. Хайленко, Н. А. Алтаева // *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан*. – 2012. – № 4

(292). – С. 134–137.

26. Способ гидротермической обработки зерна пшеницы: пат. 2436631 Российская Федерация, МПК В02В 1/00, В02В 1/08 / Л. В. Анисимова, О. И. Хомутов, А. С. Козьмин; заявитель АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – № 2008135568/12; заявл. 02.09.2008; опубл. 20.12.2011 // Офиц. бюл. Рос. пат. и товар. знаков. – 2011. – № 35. – С. 5.

27. Способ подготовки зерна ржи и пшеницы к переработке: пат. 2321458 Российская Федерация, МПК В02В 1/08, В02В 1/04 / Т. С. Козлова, М. Х. Марзаева, И. Н. Батуева; заявитель Восточно-Сибирский гос. технол. ун-т. – № 2006127528/13; заявл. 28.07.2006; опубл. 10.04.2008 // Офиц. бюл. Рос. пат. и товар. знаков. – 2008. – № 10. – С. 6.

28. ТУ ВУ 700036448.010-2024 Крупа гречневая пророщенная: утв. с гос. регистрацией № 073415 от 05.02.2025, срок действия с 10.02.2025 по 10.02.2030 / разработчик Белорус. гос. ун-т пищ. и хим. технологий; Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова, 2024.

29. Технический кодекс установившейся практики 293-2010 (02150). Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Введ. 2011-04-01. – Минск, 2010. – 206 с.

30. Лабораторная мельница LabMill // URL: <https://agroproekt.kz/laboratornaya-melnica-labmill> (дата обращения: 20.09.2025).

31. Дюк, В. А. Обработка данных на ПК в примерах / В. А. Дюк – СПб: «Питер», 1997. – 240 с.

32. Шаршунов, В. А. Изучение процесса ферментного гидролиза зерна зеленой гречки / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: сб. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф., 21 марта 2024 г. – Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2024. – С. 375–378.

33. Шаршунов, В. А. Комплексная оценка качества зерна гречихи белорусской селекции в процессе замачивания и проращивания / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. С. Барашков, Л. В. Шустова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 97–100.

Поступила в редакцию 28.10.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Елена Николаевна Урбанчик, кандидат технических наук, доцент, директор Института повышения квалификации и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: urbanchik@tut.by.

Лиана Вячеславовна Шустова, аспирант, специалист отдела цифрового образования Института повышения квалификации и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: shustovaliana@yandex.by.

Анастасия Игоревна Касьянова, студент, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, e-mail: anastasiakasyanova5319@gmail.com.

ABOUT AUTHORS:

Elena N. Urbanchik, Ph. D. (Engineering), associate professor, director. Institute of Advanced studies and specialists re-training, Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: urbanchik@tut.by.

Liana V. Shustava, postgraduate student, specialist in digital education at the Institute for Advanced training and retraining, Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: shustovaliana@yandex.by

Anastasiya I. Kasyanova, student, Belarusian state university of informatics and radioelectronics, e-mail: anastasiakasyanova5319@gmail.com.