

УДК: 664.788 : 664.668.9

Сравнительная характеристика потенциальных мукомольных свойств помольных партий зерна твердой пшеницы промышленных мельниц

Р. Х. Кандроков¹, Н. А. Березина²

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

² ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Кандроков Роман Хажсетович

Адрес: 125080, г. Москва,
Волоколамское шоссе, дом 11.
E-mail: nart132007@mail.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования
доступны по запросу
у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Кандроков Р. Х., & Березина
Н. А. (2022). Сравнительная
характеристика мукомольных
свойств помольных партий зерна
твердой пшеницы промышленных
мельниц. *Хранение и переработка
сельхозсырья*, (2), 120-131. [https://doi.
org/10.36107/10.36107/spfp.2022.330](https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.330)

ПОСТУПИЛА: 16.05.2022

ПРИНЯТА: 12.06.2022

ОПУБЛИКОВАНА: 30.06.2022

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение. Твердая пшеница является наиболее предпочтительным сырьем для переработки и производства муки для макаронных изделий. В настоящее время в государственном реестре охраняемых селекционных достижений Российской Федерации находится 46 сортов зерна яровой твердой пшеницы и 22 сорта зерна озимой твердой пшеницы.

Цель. Сравнительные исследования по определению потенциальных мукомольных свойств товарных помольных партий зерна твердой пшеницы четырех действующих крупных мукомольных предприятий различных регионов.

Материалы и методы. Размол исходных образцов твердой пшеницы проводили по развитой технологической схеме с включением шести драных, двух ситовеечных и трех шлифовочных систем, а также одной вымольной системы.

Результаты. Выявлено, что из четырех представленных образцов помольных партий действующих мукомольных заводов по переработке зерна твердой пшеницы, наилучшими мукомольными свойствами обладает из Орловской области, у которого общий выход муки для макаронных изделий составил 83,8 %, в т.ч. 63,2 % муки высшего сорта. При переработке помольной партий зерна твердой пшеницы на мукомольном заводе, расположенном в Московской области общий выход муки для макаронных изделий составил 78,8 %, в т.ч. 57,0 % муки высшего сорта, при переработке помольной партий зерна твердой пшеницы на мукомольном заводе, расположенном в Липецкой области общий выход муки для макаронных изделий составил 81,5 %, в т.ч. 61,1 % муки высшего сорта, при переработке помольной партий зерна твердой пшеницы на мукомольном заводе, расположенном в Оренбургской области общий выход муки для макаронных изделий составил 81,6 %, в т.ч. 59,3 % муки высшего сорта. Режимы извлечения промежуточных продуктов переработки помольных партий зерна твердой пшеницы составили: на первой драной системе 19,5–26,2 %, на второй драной системе – 50,0–58,9 % и на третьей драной системе – 40,3–52,8 %. Наибольший выход круподуновых продуктов и муки второго сорта получили из помольной партии зерна твердой пшеницы мукомольного завода, расположенного в Орловской области который составил 80,7 %, а наименьший – мукомольного завода, расположенного в Московской области, который составил 71,1 %.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований впервые установлены, что товарные партии зерна твердой пшеницы четырех действующих крупных мукомольных предприятий различных регионов Российской Федерации обладают отличными потенциальными мукомольными свойствами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

твердая пшеница, помольная партия, мука для макаронных изделий, выход, зольность

Comparative Characteristics of the Milling Properties of Grinding Batches of Durum Wheat Grain of Industrial Mills

¹ Moscow State University
of Food Production

² Oryol State Agrarian University named
after N.V. Parakhin

Roman Kh. Kandrov¹, Natalya A. Berezina²

CORRESPONDENCE:

Roman Kh. Kandrov
125080, Moscow, Volokolamskoe
highway, house 11.
E-mail: nart132007@mail.ru

FOR CITATIONS:

Kandrov R.K., & Berezina N.A.
Comparative characteristics of the
milling properties of grinding batches
of durum wheat grain of industrial
mills. *Storage and Processing of Farm
Products*, (2), 120-131). [https://doi.
org/10.36107/10.36107/spfp.2022.330](https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.330)

RECEIVED: 16.05.2022

ACCEPTED: 12.06.2022

PUBLISHED: 30.06.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background. Durum wheat is the most preferred raw material for the processing and production of pasta flour. Currently, the State Register of Protected Breeding Achievements of the Russian Federation contains 46 grain varieties of spring durum wheat and 22 grain varieties of winter durum wheat. The gap to be filled in the existing knowledge and the purpose of the study: Studies were carried out to determine the potential flour-grinding properties of commercial grinding batches of durum wheat grain of 4 operating large flour mills in various regions.

Materials and Methods. Grinding of original samples of durum wheat was carried out according to a developed technological scheme with the inclusion of six torn, two sieve and three grinding systems, as well as one grinding system.

Results. It was revealed that of the four presented samples of grinding batches of existing flour mills for processing durum wheat grain, the Oryol region has the best flour-grinding properties, in which the total yield of flour for pasta was 83.8 %, including 63.2 % of premium flour, 20.6 % of second grade flour and 16.2 % of bran. During the processing of grinding batches of durum wheat grain at a flour mill located in the Moscow region, the total flour yield for pasta was 78.8 %, including 57.0 % of flour of the highest grade, 21.8 % of flour of the second grade and 21.2 % of bran. When processing grinding batches of durum wheat grain at a flour mill was located in the Lipetsk region, the total flour yield for pasta was 81.5 %, including 61.1 % of flour of the highest grade 20.4 % flour of the second grade and 18.5 % of bran. During the processing of grinding batches of durum wheat grain at a flour mill located in the Orenburg region, the total flour yield for pasta was 81.6 %, including 59.3 % of premium flour, 22.3 % of second grade flour and 18.4 % of bran. The modes of extraction of intermediate products of processing of grinding batches of durum wheat grain were: on the first torn system 19.5–26.2 %, on the second torn system – 50.0–58.9 % and on the third torn system – 40.3–52.8 %. The highest yield of cereal products and flour of the 2nd grade was obtained from the grinding batch of durum wheat grain of a flour mill located in the Oryol region, which amounted to 80.7 %, and the smallest yield was from a flour mill located in the Moscow region, which amounted to 71.1 %.

CONCLUSION. Thus, as a result of the conducted research, it was established for the first time that commercial batches of durum wheat grain of four operating large flour mills in various regions of the Russian Federation have excellent potential flour-grinding properties.

KEYWORDS

durum wheat, grinding batch, flour for pasta, output, ash content

ВВЕДЕНИЕ

Твердая пшеница является наиболее предпочтительным сырьем для переработки и производства муки для макаронных изделий. В настоящее время в государственном реестре охраняемых селекционных достижений Российской Федерации 46 сортов зерна яровой твердой пшеницы и 22 сорта зерна озимой твердой пшеницы. Актуальность проведенных исследований заключается в том, что впервые проведены сравнительные исследования по определению потенциальных мукомольных свойств помольных партий зерна твердой пшеницы четырех действующих крупных мукомольных предприятий различных регионов Российской Федерации.

Зерно твердой пшеницы отличается от зерна мягкой пшеницы повышенной стекловидностью, более высоким содержанием белка (от 14 до 17%) и клейковины (выше 30%), является единственным сырьем для изготовления высококачественных макаронных изделий, которые рекомендованы для использования в качестве продуктов диетического питания в лечебно-профилактических и детских учреждениях (Дулаев & Кандроков, 2009; Дранкова & Зайцева, 2011; Тарасенко и др., 2017; Зайцева & Фадеева, 2019; Розова и др., 2019; Кравченко и др., 2020; Бирюкова и др., 2020; Грабовец и др., 2021).

Твердая пшеница характеризуется большими размерами по сравнению с мягкой пшеницей. Оно имеет несколько отличную форму: зерновка более вытянута, а ширина и толщина отличаются незначительно. По литературным данным, в среднем, длина ее составляет 6,65 мм, ширина 2,72 мм и толщина 2,71 мм. Бороздка у зерна твердой пшеницы имеет щелевидную форму и проникает внутрь эндосперма незначительно. Оболочки тоньше, чем у мягкой пшеницы, алеироновый слой толще, но в среднем, толщина покровных тканей такая же, что у зерновки мягкой пшеницы и, в среднем, составляет 65 мкм (Melnik et al., 2013; Akel et al., 2019; Jones et al., 2020).

Содержание эндосперма у зерна твердой пшеницы примерно такое же, как и у мягкой пшеницы и зависит от крупности и сферичности зерновки. Особое значение имеет консистенция эндосперма: у твердой пшеницы он отличается монолитной структурой в связи с тем, что гранулы крахмала прочно обволакиваются белковыми матрицами (Дуктова

и др., 2019; Евдокимова и др., 2021). Алеироновый слой состоит из толстостенных, почти правильных прямоугольных клеток, отличается высокой упругостью, при помоле он легко измельчается и попадает в муку второго сорта, что делает ее высокозольной. Этот факт затрудняет и вымол оболочек (Кандроков и др., 2011; Измаилова & Изотов, 2021; Каменева и др., 2021).

Биохимические свойства зерна твердой пшеницы определяют следующими показателями: зольность, содержание белка, крахмала, клетчатки, жиров, содержание сырой и сухой клейковины, содержание минеральных веществ и витаминов. Химический состав муки из твердой пшеницы имеет свои особенности, по сравнению с мукой из мягкой пшеницы (Кошак и др., 2015; Евдокимов и др., 2021). Более высокие сорта муки содержат больше количество крахмала и меньшее количество белковых веществ, сахаров, жиров, витаминов и минеральных веществ по сравнению с низкими сортами. Объясняется такое соотношение тем, что полезные вещества сосредоточены, в основном, в периферийных частях эндосперма. Особую роль в макаронном производстве имеют водонерастворимые белки — глиадин и глютенин, которые формируют структура теста. Важную функцию в макаронной муке выполняют и жиры, в них растворены каротиноидные пигменты (каротиноиды) (Кравченко и др., 2022).

В связи с тем, что макаронные изделия из круп высших сортов должны обладать характерным желто-кремовым цветом, большое внимание обращается на содержание в эндосперме зерна твердой пшеницы желтых пигментов. Желтый цвет круп обусловлен не только каротином — непредельным углеводородом эмпирической формулы $C_{40}H_{56}$, существующим в трех модификациях (альфа, бета, гамма), но и ксантофиллом (лютеином), который представляет собой альфа-дигидроксикаротин и имеет формулу $C_{40}H_{56}O_2$. В отличие от каротина, он не переходит в витамин А (Кошак и др., 2015).

Твердая пшеница характеризуется высокой стекловидностью зерна (более 90%), которая определяет ее высокие технологические свойства (Бузоверов и др., 2018; Дуктова и др., 2019). Выход муки для макаронных изделий может достигать 70% (Кандроков и др., 2011; Кандроков & Панкратов, 2013; Кандроков и др., 2014; Каменева и др., 2021). Пшеничная крупа по своей популярности в России за-

нимает третье место, уступая лишь гречке и рису, но она более доступна, и в этом ее преимущество.

Кроме того, макаронные изделия, приготовленные из продуктов переработки твердых сортов зерна пшеницы, имеют более низкий гликемический индекс (скорость усваивания организмом углеводов, содержащихся в продукте питания, и повышения уровня сахара в крови) (Сандакова, 2018).

По своей структуре крахмальные зерна продуктов переработки зерна твердой пшеницы мельче и тверже, чем из зерна мягкой пшеницы. В связи с этим макаронное тесто из твердой пшеницы обладает достаточной плотностью, вязкостью и хорошо сопротивляется разрыву, поглощая при этом небольшое количество воды (до 35 %). Тесто получается упругое и вместе с тем эластичное, не подвергается слипанию в процессе сушки. Эти структурно-механические качества обеспечивают технологический процесс изготовления макарон и исключают деформацию изделий в процессе производства (Тарасенко и др., 2017).

Макаронные изделия из продуктов переработки зерна твердой пшеницы могут долго храниться, не теряя вкусовых и питательных свойств (Дранкова & Зайцева, 2011; Berezina et al., 2020). Установлено, что прочность макаронных изделий, изготовленных из муки озимой твердой пшеницы, при длительном хранении увеличивается, а из муки мягкой пшеницы, наоборот, снижается (Calzarano et al., 2018; Akel et al., 2019; Khmeleva et al., 2020).

Следует также отметить, что калорийность макарон из продуктов переработки зерна твердой пшеницы значительно ниже, чем из муки из мягкой пшеницы. Они имеют хорошую сбалансированность глиадины и глюteniны, содержат гораздо больше питательных веществ, витаминов группы B, PP, E (Melnik et al., 2013; Remadnia et al., 2014 Jones et al., 2020; Martelli et al., 2010). Количество и качество клейковины определяют достоинства макаронных изделий, влияют на физические и реологические свойства получаемой готовой продукции. По питательной ценности и легкой усвояемости белок зерна твердой пшеницы приближается к белку молочного происхождения, что делает его незаменимым сырьем для приготовления продуктов детского и диетического питания (Кошак и др., 2015; Тарасенко и др., 2017; Розова и др., 2019).

Российскими учеными разработаны новые методы для оценки зернового материала на ранних этапах отбора экспериментального материала для создания востребованных сортов селекционерам они необходимы. Одним из таких экспресс-методов является метод оценки реологических свойств теста из муки (семолины) твердой пшеницы по шкале оценок миксографической кривой. Выяснено, что чем прочнее и эластичнее клейковина, тем устойчивее к переварке макаронные изделия, а значит, и их питательные и кулинарные свойства. Особенно это важно для производства тонких спагетти (Гапонов и др., 2020).

Проведены исследования по выявлению прямого действия и последствий твердых продуктов биогазовой установки, используемых в качестве удобрения сельскохозяйственных культур на техногенно нарушенных светло-серых лесных тяжело-суглинистых почвах в звене севооборота «ячмень — яровая пшеница». В экспериментах использовались продукты биогазовой установки, полученные при анаэробной переработке птичьего помета (Зайцева & Фадеева, 2019).

В Крыму проведены исследования по определению влияния азотных удобрений и препаратов «Флора-С» и «Фитоп-Флора-С» на урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы (Измаилова & Изотов, 2021).

Казахскими учеными установлено, что качество казахстанского зерна яровой твердой пшеницы вполне пригодно для использования на макаронные изделия. Выявлено, что технологические показатели качества зерна яровой твердой пшеницы соответствуют ГОСТу 9353-2016¹, а значит, твердая пшеница востребована на казахстанском и международном рынках (Аленов и др., 2019).

Белорусскими учеными проведено изучение 256 образцов яровой твердой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях северо-восточной части Республики Беларусь. Проанализированы хозяйственно полезные признаки: высота растения, элементы продуктивности и основные показатели качества зерна. Установлено различие образцов по зонам происхождения,

¹ ГОСТ 9353-2016. (2019). *Пшеница. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

выделены формы, перспективные для использования в селекции на продуктивность и качество зерна (Кошак и др., 2015; Дуктова и др., 2019).

Цель исследования: провести сравнительную характеристику потенциальных мукомольных свойств помольных партий зерна твердой пшеницы 4-х действующих крупных мукомольных предприятий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты

В качестве объектов исследования применяли помольные партии зерна твердой пшеницы мукомольных предприятий, расположенных в Московской, Липецкой, Орловской и Оренбургской областях.

Оборудование

Исходные показатели качества зерна помольных партий зерна твердой пшеницы, определенные на инфракрасном анализаторе зерна SpectraStar 2500 XL. Исследование потенциальных мукомольных свойств помольных партий зерна твердой пшеницы проводили по разработанной лабораторной развитой технологической схеме, включающей в себя 6 драных, 3 шлифовочных, 3 ситовеечных и 1 вымольную систему. Измельчение осуществляли на размол-сортирующем агрегате PCA-4. На всех драных, шлифовочных и вымольных системах технологической схемы переработки зерна озимой твердой пшеницы использовали рифленные валцы с расположением рифлей острие по острию.

Просеивание промежуточных продуктов измельчения помольных партий зерна твердой пшеницы проводили на лабораторном рассеве. Обогащение промежуточных продуктов размол озимой твердой пшеницы осуществляли на лабораторной ситовеечной машине. Набор сит и скорость воздушного потока ситовеечной машины подбирали для каждой фракции в зависимости от крупности обогащаемого продукта. Параметры и режимы измельчения соответствовали рекомендованным правилам организации и ведения технологиче-

ского процесса на мукомольных заводах для макаронных помолов твердой пшеницы. Зольность продуктов переработки зерна твердой пшеницы определяли по ГОСТ 27494-2016², влажность — по ГОСТ 13586.5-2015³.

Параметры и режимы измельчения для всех образцов помольных партий твердой озимой пшеницы на вальцовых станках оставались неизменными. Просеивание измельченной твердой озимой пшеницы проводили на лабораторном рассеве с набором из 4 сит размерами 900, 560, 315 и 220 мкм. Обогащение промежуточных продуктов размол озимой твердой пшеницы осуществляли на лабораторной ситовеечной машине. Производительность, набор сит и скорость воздушного потока ситовеечной машины подбирали отдельно для каждой фракции в зависимости от крупности обогащаемого продукта. Параметры и режимы измельчения соответствовали рекомендованным правилам организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах для макаронных помолов твердой пшеницы.

Методы

Зольность продуктов переработки зерна твердой пшеницы определяли по ГОСТ 27494-2016, влажность — по ГОСТ 13586.5-2015. По полученным данным, используемые для исследований нами образцы помольных партий зерна твердой пшеницы можно отнести к 3-му классу по ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия»⁴.

Процедура исследования

Определение потенциальных мукомольных свойств помольных партий зерна твердой пшеницы 4-х действующих крупных мукомольных предприятий различных регионов провели в два этапа. На первом этапе исследований провели лабораторные помолы представленных образцов зерна твердой пшеницы для определения потенциальных му-

² ГОСТ 27494-2016. (2019). *Мука и отруби. Методы определения зольности*. М.: Стандратинформ.

³ ГОСТ 13586.5-2015. (2019). *Зерно. Метод определения влажности*. М.: Стандратинформ.

⁴ ГОСТ 9353-2016. (2016). *Пшеница. Технические условия*. М.: Стандратинформ.

комольных свойств, на втором этапе определили выход качество полученных продуктов переработки образцов твердой пшеницы.

Анализ данных

Для анализа проведенных исследований использовались методы статистической обработки данных Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Показатели качества исходных помольных партий зерна твердой пшеницы представлены в Таблице 1.

На первом этапе исследований провели лабораторные помолы для определения крупобразующей способности промежуточных продуктов размола

исходных образцов помольных партий зерна твердой пшеницы. Лабораторные помолы для определения потенциальных мукомольных свойств исходных 4 образцов помольных партий зерна твердой пшеницы проводили для каждого образца отдельно, с получением четырех продуктов измельчения: макаронной крупки размером 315–560 мкм, макаронной крупки размером 220–315 мкм, муки второго сорта (проход 220 мкм) и отрубей.

Режимы извлечения промежуточных продуктов переработки помольных партий зерна твердой пшеницы на первой драной системе составили 19,5–26,2%, на второй драной системе — 50,0–58,9% и на третьей драной системе — 40,3–52,8% (Таблицы 2–5).

Полученные экспериментальные данные по выходу промежуточных продуктов переработки помольных партий образцов зерна твердой пшеницы представлены в Таблицах 2–5.

Таблица 1

Показатели качества исходных помольных партий зерна твердой пшеницы

Показатели качества помольной партии твердой пшеницы	Московская обл.	Липецкая обл.	Орловская обл.	Оренбургская обл.
Натура, г/л	811	809	817	807
Влажность, %	11,9	12,1	12,0	11,6
Жир, %	1,17	1,23	1,19	1,28
Зола, %	1,98	1,91	1,89	1,85
Клетчатка, %	1,99	2,21	2,09	2,01
Протеин, %	13,6	13,2	12,9	12,8
Количество клейковины, %	25,6	26,8	25,7	26,1
Качество клейковины, ед. пр. ИДК	88 II – удовл.	86 II – удовл.	91 II – удовл.	89 II – удовл.
Стекловидность, %	89	91	94	92
Число падения, с	405	364	427	417

Таблица 2

Выход промежуточных продуктов размола помольной партии зерна твердой пшеницы из Московской области

Технологическая система, величина межвальцового зазора, мм	Выход промежуточных продуктов, %				
	Сход 900 мкм	Сход 560 мкм	Сход 315 мкм	Сход 220 мкм	Проход 220 мкм
I драная система, 0,80	80,5	9,2	6,1	1,5	2,7
II драная система, 0,50	50,0	22,5	5,7	1,5	3,1
III драная система, 0,30	29,2	7,0	8,3	1,3	2,2
Всего:		38,7	20,1	4,3	8,0

Таблица 3

Выход промежуточных продуктов размола помольной партии зерна твердой пшеницы из Липецкой области

Технологическая система, величина межвальцового зазора, мм	Выход промежуточных продуктов, %				
	Сход 900 мкм	Сход 560 мкм	Сход 315 мкм	Сход 220 мкм	Проход 220 мкм
I драная система, 0,80	78,1	10,4	6,4	1,6	3,5
II драная система, 0,50	46,7	22,6	4,5	1,2	3,1
III драная система, 0,30	23,8	8,5	10,8	1,4	2,1
Всего:		41,5	21,7	4,2	8,7

Таблица 4

Выход промежуточных продуктов размола помольной партии зерна твердой пшеницы из Орловской области

Технологическая система, величина межвальцового зазора, мм	Выход промежуточных продуктов, %				
	Сход 900 мкм	Сход 560 мкм	Сход 315 мкм	Сход 220 мкм	Проход 220 мкм
I драная система, 0,80	75,4	12,3	6,1	2,2	4,0
II драная система, 0,50	41,1	25,8	4,7	1,9	4,1
III драная система, 0,30	21,5	7,3	9,7	0,7	1,9
Всего:		45,4	20,5	4,8	10,0

Таблица 5

Выход промежуточных продуктов размола помольной партии зерна твердой пшеницы из Оренбургской области

Технологическая система, величина межвальцового зазора, мм	Выход промежуточных продуктов, %				
	Сход 900 мкм	Сход 560 мкм	Сход 315 мкм	Сход 220 мкм	Проход 220 мкм
I драная система, 0,80	73,8	13,2	6,4	2,4	4,2
II драная система, 0,50	43,4	19,1	4,5	1,2	2,8
III драная система, 0,30	23,8	7,3	9,4	1,2	1,9
Всего:		39,6	20,3	4,8	8,9

Как видно из Таблицы 2, суммарное количество круподуновых продуктов и муки 2-го сорта переработки образца зерна твердой пшеницы мукомольного завода, расположенного в Московской области, на I–III драных крупобразующих системах составило 71,1 %.

Как видно из Таблицы 3, суммарное количество круподуновых продуктов и муки 2-го сорта переработки образца зерна твердой пшеницы муко-

мольного завода, расположенного в Липецкой области, на I–III драных крупобразующих системах составило 76,1 %.

Как видно из Таблицы 4, суммарное количество круподуновых продуктов и муки 2-го сорта переработки образца зерна твердой пшеницы мукомольного завода, расположенного в Орловской области, на I–III драных крупобразующих системах составило 80,7 %.

Как видно из таблицы 5, суммарное количество круподуновых продуктов и муки 2-го сорта переработки образца зерна твердой пшеницы мукомольного завода, расположенного в Оренбургской области, на I–III драных крупобразующих системах составило 73,6 %.

Таким образом, наибольший выход круподуновых продуктов и муки 2-го сорта получили из помольной партии зерна твердой пшеницы мукомольного завода, расположенного в Орловской области который составил 80,7 %, а наименьший — мукомольного завода, расположенного в Московской области, который составил 71,1 %.

На втором этапе исследований провели лабораторные помолы для определения потенциальных мукомольных свойств представленных образцов помольных партий зерна твердой пшеницы различных мукомольных предприятий. Выход и качество крупки, полукрупки и муки 2-го сорта, полученные из исходных помольных партий действующих мукомольных заводов по переработке зерна твердой пшеницы, представлены в Таблицах 6–9.

Таблица 6

Выход и зольность продуктов переработки помольной партии зерна твердой пшеницы из Московской области

Помол 1	Выход, %	Влажность, %	Зольность, %
Крупка СВ-1	46,1	16,0	0,75
Крупка СВ-2	10,9	17,6	0,87
Мука 2-го сорта	21,8	16,6	1,92
Отруби после VI драной системы	21,2	17,8	4,96

Таблица 8

Выход и зольность продуктов переработки помольной партии зерна твердой пшеницы из Орловской области

Помол 1	Выход, %	Влажность, %	Зольность, %
Крупка СВ-1	52,2	16,4	0,73
Крупка СВ-2	11,0	16,4	0,93
Мука 2-го сорта	20,6	16,4	1,61
Отруби после VI драной системы	16,2	15,6	5,33

Как видно из Таблицы 6, при переработке помольной партии зерна твердой пшеницы из Московской области общий выход муки для макаронных изделий составил 78,8 %, в том числе 57,0 % муки высшего сорта, 21,8 % муки второго сорта и 21,2 % отрубей.

Как видно из Таблицы 7, при переработке помольной партии зерна твердой пшеницы из Липецкой области общий выход муки для макаронных изделий составил 81,5 %, в том числе 61,1 % муки высшего сорта 20,4 % муки второго сорта и 18,5 % отрубей.

Как видно из Таблицы 8, при переработке помольной партии зерна твердой пшеницы из Орловской области общий выход муки для макаронных изделий составил 83,8 %, в том числе 63,2 % муки высшего сорта 20,6 % муки второго сорта и 16,2 % отрубей.

Согласно Таблице 9, при переработке помольной партии зерна твердой пшеницы из Оренбургской области общий выход муки для макаронных изделий составил 81,6 %, в том числе 59,3 % муки высшего сорта, 22,3 % муки второго сорта и 18,4 % отрубей.

Таблица 7

Выход и зольность продуктов переработки помольной партии зерна твердой пшеницы из Липецкой области

Помол 1	Выход, %	Влажность, %	Зольность, %
Крупка СВ-1	53,0	16,5	0,82
Крупка СВ-2	8,1	16,0	0,84
Мука 2-го сорта	20,4	16,0	2,41
Отруби после VI драной системы	18,5	16,6	5,51

Таблица 9

Выход и зольность продуктов переработки помольной партии зерна твердой пшеницы из Оренбургской области

Помол 1	Выход, %	Влажность, %	Зольность, %
Крупка СВ-1	49,4	15,2	0,80
Крупка СВ-2	9,9	15,2	0,96
Мука 2-го сорта	22,3	14,2	1,66
Отруби после VI драной системы	18,4	14,8	5,69

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выход муки для макаронных изделий из зерна твердой пшеницы зависит от крупности зерна, натуры, стекловидности, массы 1000 зерен и твердо-зёрности. При производстве муки для макаронных изделий на крупных промышленных мукомольных предприятиях производительностью 250-500 т/сут даже небольшая разница по выходу (от 0,5 %) имеет большое коммерческое значение. В исследованиях, проведенных алтайскими учеными (Розова и др., 2019) установлено, что выход макаронной крупки, в среднем, по сортам составил 67 %, изменяясь по годам от 64 (2017 г.) до 70 % (2011 г.). Варьирование по генотипам выражено слабо — в пределах 2 %. В отдельные годы самый высокий выход муки для макаронных изделий отмечен у сортов Салют Алтая (средний 68 %, min 67 %, max 70 %), Памяти Янченко (средний 68 %, min 65 %, max 73 %) и Оазис (средний 68 %, min 64 %, max 69 %). Величину этого показателя 70 % и выше наблюдали только в пяти случаях: в 2011 г. у сортов Памяти Янченко, Алтайская нива и Алейская, в 2009 г. — у Салюта Алтая и в 2008 г. — у Алтайской нивы. Алтайская нива, ранее весьма распространенный сорт, характеризовался самым широким размахом варьирования и самым высоким коэффициентом вариации. Полученными нами результаты коррелируют с результатами алтайских коллегам по выходу муки для макаронных изделий, несмотря на то, что представленные образцы представляют собой товарные помольные партии зерна твердой пшеницы, а не чистые сорта.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что все представленные помольные партии зерна твердой пшеницы обладают отличными мукомольными свойствами. Установлено, что четырех образцов помольных партий действующих мукомольных заводов по переработке зерна твердой пшеницы наилучшими мукомольными свойствами обладает образец из Орловской области, у которого общий выход муки для макаронных изделий составил 83,8 %, в том числе 63,2 % муки высшего сорта, 20,6 % муки второго сорта и 16,2 % отрубей.

Режимы извлечения промежуточных продуктов переработки помольных партий зерна твердой пшеницы составили: на первой драной системе 19,5–26,2 %, на второй драной системе 50,0–58,9 % и на третьей драной системе 40,3–52,8 %.

Наибольший выход круподуновых продуктов и муки 2-го сорта получили из помольной партии зерна твердой пшеницы мукомольного завода, расположенного в Орловской области, который составил 80,7 %, а наименьший — мукомольного завода, расположенного в Московской области, который составил 71,1 %.

ЛИТЕРАТУРА

- Аленов, Ж. Н., Билялова, А. И., Малицкая, Н. В., & Шаконова, Ш. Ш. (2019). Востребованность казахстанского зерна яровой твердой пшеницы на макаронные изделия. *Сурский вестник*, 4, 6–8.
- Бирюкова, О. В., Бирюков, К. Н., & Кадушкина, В. П. (2020). Влияние агротехнических приемов и экологических условий на качество зерна яровой твердой пшеницы. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2, 103–108. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11177>
- Бузоверов, С. Ю., Лобанов, В. И., & Протасов, Н. С. (2018). Влияние степени увлажнения зерна в процессе гидротермической обработки на качество и выход муки. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 1, 172–176.
- Гапонов, С. Н., Шутарева, Г. И., Цетва, Н. М., Цетва, И. С., & Милованов, И. В. (2020). Усовершенствование метода реологической оценки качества зерна в селекции яровой твердой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*, 1, 49–53. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-49-53>
- Грабовец, А. И., Кадушкина, В. П., Коваленко, С. А., & Бирюкова, О. В. (2021). Итоги селекции яровой твердой пшеницы на продуктивность и качество в условиях засух на Дону. *Достижения науки и техники АПК*, 35(3), 23–27. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10304>
- Дранкова, Н. А., & Зайцева, Т. Н. (2011). Сравнительный анализ качества макаронных изделий из твердых

- и мягких сортов пшеницы. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования*, 1(69), 212–215.
- Дуктова, Н. А., Кузнецова, Н. А., & Минина, Е. М. (2019). Скрининг мирового генофонда яровой твердой пшеницы по продуктивности и качеству зерна. *Земледелие и селекция в Беларуси*, 55, 221–228.
- Дулаев, В. Г., & Кандроков, Р. Х. (2009). Фракционная технология производства макаронной муки из твердой пшеницы. *Хлебопродукты*, 10, 50–52.
- Евдокимов, М. Г., Юсов, В. С., & Пахотина, И. В. (2021). Основные тенденции урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, 4, 33–41. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-4-33-41>
- Евдокимова, О. В., Овчинникова, Е. В., Пикалова, М. Б., & Алфимова, Е. А. (2019). Влияние сорта муки на выход и качество макаронных изделий. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 3, 100–103.
- Зайцева, Н. Н., & Фадеева, Н. А. (2019). Последствие твердых продуктов биогазовой установки на урожайность и качество яровой пшеницы. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*, 3, 27–33. <https://doi.org/10.17022/9xcb-0s70>
- Измаилова, Д. С., & Изотов, А. М. (2021). Влияние азотных удобрений и органоминеральных препаратов на урожайность и качество зерна твердой пшеницы. *Таврический вестник аграрной науки*, 1, 113–123. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-1-25-113-123>
- Каменева, А. С., Ионова, Е. В., Марченко, Д. М., Иличкина, Н. П., & Некрасова, О. А. (2021). Изучение коллекционных образцов озимой твердой пшеницы по качеству зерна в условиях Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*, 2, 62–68. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-62-68>
- Кандроков, Р. Х., & Панкратов, Г. Н. (2013). Роль шелушения в технологии переработки зерна твердой пшеницы. *Хлебопродукты*, 3, 44–45.
- Кандроков, Р. Х., Дулаев, В. Г., Шнейдер, Д. В., & Казеннова, Н. К. (2011). Влияние содержания белозерной пшеницы в твердой пшенице на выход и качество муки и макаронных изделий. *Хлебопродукты*, 5, 52–53.
- Кандроков, Р. Х., Дулаев, Г. В., Володин, Н. П., Петриченко, В. С., & Черницов, Д. Е. (2014). Технология переработки мягкой пшеницы с высоким выходом манной крупы. *Хлебопродукты*, 1, 62–63.
- Кошак, Ж. В., Минина, Е. М., Покрашинская, А. В., Пашук, С. В., & Лаптенков, Н. С. (2015). Исследование реологических свойств макаронной муки, полученной из зерна твердой пшеницы белорусской селекции. *Пищевая промышленность: Наука и технологии*, 2, 43–47.
- Кравченко, Н. С., Самофалова, Н. Е., Олдырева, И. М., & Макарова, Т. С. (2020). Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам. *Зерновое хозяйство России*, 3, 26–31. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31>
- Розова, М. А., Зиборов, А. И., & Егиазарян, Е. Е. (2019). Изменение параметров качества зерна и макарон при сортосмене яровой твердой пшеницы на Алтае. *Достижения науки и техники АПК*, 33(11), 43–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11109>
- Сандакова, Г. Н. (2018). Макароны свойства различных сортов яровой твердой пшеницы в природно-климатических зонах Оренбургской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5, 67–70.
- Тарасенко, С. С., Федотов, В. А., & Гладников, Д. В. (2017). Зависимость реологических свойств теста от дисперсности промежуточных продуктов макаронного помола пшеницы. *Хлебопродукты*, 6, 53–55.
- Akel, W., Rapp, M., Thorwarth, P., Würschum, T., & Longin, C. F. H. (2019). Hybrid durum wheat: heterosis of grain yield and quality traits and genetic architecture of anther extrusion. *Theoretical and Applied Genetics TAG*, 132(4), 921–932. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3248-6>
- Berezina, N. A., Nikitin, I. A., Khmeleva, E. V., Glebova, N. V., & Makarova, N. A. (2020). Features of technological characteristics of cereal and pseudocereal flour. In *Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference* (p. 00121). Moscow: EPD Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700121>
- Calzarano, F., Stagnari, F., D'egidio, S., Pagnani, G., Galieni, A., Di Marco, S., & Metruccio, E. G. (2018). Durum wheat quality, yield and sanitary status under conservation agriculture. *Agriculture*, 8(9), 140–143. <https://doi.org/10.3390/agriculture8090140>
- Jones, B. H., Blake, N. K., Heo, H.-Y., Kalous, J. R., Martin, J. M., Nash, D. L., Talbert, L. E., & Torrión, J. A. (2020). Impact of yield component alleles from durum wheat on end-use quality of spring wheat. *Cereal Chemistry*, 98(2), 367–381. <https://doi.org/10.1002/cche.10376>
- Khmeleva, E., Berezina, N., Khmelev, A., Kunitsyna, T., & Makarova, N. (2020). Aspects of environmental safety improving of whole grain bakery products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421(3), Article 32062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032062>
- Martelli, M. R., Barron, C., Mabilie, F., Rouau, X., & Sadoudi, A. (2010). Adherence within biological multilayered systems: Development and application of a peel test on wheat grain peripheral tissues. *Journal of Cereal Science*, 52(1), 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.03.007>
- Melnik, A. F., Amelin, A. V., Mazalov, V. I., & Nikolaev, A. N. (2013). Variety influence on yield capacity and quality of winter wheat in the orel region conditions. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*, 6, 14–17.
- Remadnia, M., Remadnia, M., Kachi, M., Messal, S., Oprean, A., Rouau, X., & Dascalescu, L. (2014). Electrostatic separation of peeling and gluten from finely ground wheat grains. *Particulate Science and Technology*, 32(6), 608–615. <https://doi.org/10.1080/02726351.2014.943379>

REFERENCES

- Alenov, Zh. N., Bilyalova, A. I., Malitskaya, N. V., & Shakanova, Sh. Sh. (2019). Vostrebovannost' kazakhstanskogo zerna yarovoi tverdoi pshenitsy na makaronnye izdeliya [Demand for Kazakh grain of spring durum wheat for pasta]. *Surskii vestnik [Sursky Messenger]*, 4, 6–8.
- Biryukova, O. V., Biryukov, K. N., & Kadushkina, V. P. (2020). Vliyanie agrotekhnicheskikh priemov i ekologicheskikh uslovii na kachestvo zerna yarovoi tverdoi pshenitsy [Influence of agricultural practices and environmental conditions on grain quality of spring durum wheat]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury [Legumes and Cereal Crops]*, 2, 103–108. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11177>
- Buzoverov, S. Yu., Lobanov, V. I., & Protasov, N. S. (2018). Vliyanie stepeni uvlazhneniya zerna v protsesse gidrotermicheskoi obrabotki na kachestvo i vykhod muki [The influence of the degree of grain moisture in the process of hydrothermal treatment on the quality and yield of flour]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]*, 1, 172–176.
- Gaponov, S. N., Shutareva, G. I., Tsetva, N. M., Tsetva, I. S., & Milovanov, I. V. (2020). Usovershenstvovanie metoda reologicheskoi otsenki kachestva zerna v selektsii yarovoi tverdoi pshenitsy [Improvement of the method of rheological assessment of grain quality in the breeding of spring durum wheat]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii [Grain Farming in Russia]*, 1, 49–53. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-49-53>
- Grabovets, A. I., Kadushkina, V. P., Kovalenko, S. A., & Biryukova, O. V. (2021). Itogi selektsii yarovoi tverdoi pshenitsy na produktivnost' i kachestvo v usloviyakh zasukh na Donu [Results of selection of spring durum wheat for productivity and quality in drought conditions on the Don]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex]*, 35(3), 23–27. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10304>
- Drankova, N. A., & Zaitseva, T. N. (2011). Sravnitel'nyi analiz kachestva makaronnykh izdelii iz tverdykh i myagkikh sortov pshenitsy [Comparative analysis of the quality of pasta from durum and soft varieties of wheat]. *Aktual'nye problemy sovremennoi nauki, tekhniki i obrazovaniya [Actual problems of modern science, technology and education]*, 1(69), 212–215.
- Duktova, N. A., Kuznetsova, N. A., & Minina, E. M. (2019). Skringing mirovogo genofonda yarovoi tverdoi pshenitsy po produktivnosti i kachestvu zerna [Screening of the world gene pool of spring durum wheat in terms of productivity and grain quality]. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi [Farming and Breeding in Belarus]*, 55, 221–228.
- Dulaev, V. G., & Kandrov, R. Kh. (2009). Fraktsionnaya tekhnologiya proizvodstva makaronnoi muki iz tverdoi pshenitsy [Fractional technology for the production of pasta flour from durum wheat]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 10, 50–52.
- Evdokimov, M. G., Yusov, V. S., & Pakhotina, I. V. (2021). Osnovnye tendentsii urozhnosti i kachestva zerna tverdoi yarovoi pshenitsy v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [The main trends in the yield and grain quality of durum spring wheat in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University]*, 4, 33–41. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-4-33-41>
- Evdokimova, O. V., Ovchinnikova, E. V., Pikalova, M. B., & Alfimova, E. A. (2019). Vliyanie sorta muki na vykhod i kachestvo makaronnykh izdelii [Influence of flour variety on the yield and quality of pasta]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and merchandising of innovative food products]*, 3, 100–105.
- Zaitseva, N. N., & Fadeeva, N. A. (2019). Posledeystvie tverdykh produktov biogazovoi ustanovki na urozhnost' i kachestvo yarovoi pshenitsy [Aftereffect of solid products of a biogas plant on the yield and quality of spring wheat]. *Vestnik Chuvashskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy]*, 3, 27–33. <https://doi.org/10.17022/9xcb-0s70>
- Izmailova, D. S., & Izotov, A. M. (2021). Vliyanie azotnykh udobrenii i organomineral'nykh preparatov na urozhnost' i kachestvo zerna tverdoi pshenitsy [Influence of nitrogen fertilizers and organomineral preparations on the yield and quality of durum wheat grain]. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki [Tauride Bulletin of Agrarian Science]*, 1, 113–123. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-1-25-113-123>
- Kameneva, A. S., Ionova, E. V., Marchenko, D. M., Ilichkina, N. P., & Nekrasova, O. A. (2021). Izuchenie kollektsionnykh obraztsov ozimoi tverdoi pshenitsy po kachestvu zerna v usloviyakh Rostovskoi oblasti [The study of collection samples of winter durum wheat in terms of grain quality in the conditions of the Rostov region]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii [Grain Farming in Russia]*, 2, 62–68. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-62-68>
- Kandrov, R. Kh., & Pankratov, G. N. (2013). Rol' shelusheniya v tekhnologii pererabotki zerna tverdoi pshenitsy [The role of hulling in the processing technology of durum wheat grain]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 3, 44–45.
- Kandrov, R. Kh., Dulaev, V. G., Shneider, D. V., & Kazenova, N. K. (2011). Vliyanie soderzhaniya belozernoi pshenitsy v tverdoi pshenitse na vykhod i kachestvo muki i makaronnykh izdelii [Influence of white wheat content in durum wheat on the yield and quality of flour and pasta]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 5, 52–53.
- Kandrov, R. Kh., Dulaev, V. G., Volodin, N. P., Petrichenko, V. S., & Chernitsov, D. E. (2014). Tekhnologiya pererabotki myagkoi pshenitsy s vysokim vykhodom mannoi krupy [Technology for processing soft wheat with a high yield of semolina]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 1, 62–63.
- Koshak, Zh. V., Minina, E. M., Pokrashinskaya, A. V., Pashuk, S. V., & Laptinok, N. S. (2015). Issledovanie reo-

- logicheskikh svoistv makaronnoi muki, poluchennoi iz zerna tverdoi pshenitsy belorusskoi selektsii [Study of the rheological properties of pasta flour obtained from durum wheat grains of Belarusian selection]. *Pishchevaya promyshlennost': Nauka i tekhnologii* [Food Industry: Science and Technology], 2, 43–47.
- Kravchenko, N. S., Samofalova, N. E., Oldyreva, I. M., & Makarova, T. S. (2020). Kharakteristika sortov ozimoi tverdoi pshenitsy po kachestvu zerna i makaronnym svoistvam [Characteristics of varieties of winter durum wheat in terms of grain quality and pasta properties]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain Farming in Russia], 3, 26–31. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31>
- Rozova, M. A., Ziborov, A. I., & Egiazaryan, E. E. (2019). Izmenenie parametrov kachestva zerna i makaron pri sortosmene yarovoi tverdoi pshenitsy na Altae [Changes in the quality parameters of grain and pasta during the variety change of spring durum wheat in Altai]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], 33(11), 43–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11109>
- Sandakova, G. N. (2018). Makaronnye svoistva razlichnykh sortov yarovoi tverdoi pshenitsy v prirodno-klimaticheskikh zonakh Orenburgskoi oblasti [Pasta properties of various varieties of spring durum wheat in natural and climatic zones of the Orenburg region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 5, 67–70.
- Tarasenko, S. S., Fedotov, V. A., & Gladnikov, D. V. (2017). Zavisimost' reologicheskikh svoistv testa ot dispersnosti promezhutochnykh produktov makaronnogo pomola pshe-nitsy [Dependence of the rheological properties of the dough on the dispersion of intermediate products of macaroni milling of wheat]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 6, 53–55.
- Akel, W., Rapp, M., Thorwarth, P., Würschum, T., & Longin, C. F. H. (2019). Hybrid durum wheat: heterosis of grain yield and quality traits and genetic architecture of anther extrusion. *Theoretical and Applied Genetics TAG*, 132(4), 921–932. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3248-6>
- Berezina, N. A., Nikitin, I. A., Khmeleva, E. V., Glebova, N. V., & Makarova, N. A. (2020). Features of technological characteristics of cereal and pseudocereal flour. In *Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference* (p. 00121). Moscow: EPD Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700121>
- Calzarano, F., Stagnari, F., D'egidio, S., Pagnani, G., Galieni, A., Di Marco, S., & Metruccio, E. G. (2018). Durum wheat quality, yield and sanitary status under conservation agriculture. *Agriculture*, 8(9), 140–143. <https://doi.org/10.3390/agriculture8090140>
- Jones, B. H., Blake, N. K., Heo, H.-Y., Kalous, J. R., Martin, J. M., Nash, D. L., Talbert, L. E., & Torrión, J. A. (2020). Impact of yield component alleles from durum wheat on end-use quality of spring wheat. *Cereal Chemistry*, 98(2), 367–381. <https://doi.org/10.1002/cche.10376>
- Khmeleva, E., Berezina, N., Khmelev, A., Kunitsyna, T., & Makarova, N. (2020). Aspects of environmental safety improving of whole grain bakery products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421(3), Article 32062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032062>
- Martelli, M. R., Barron, C., Mabilie, F., Rouau, X., & Sadou-di, A. (2010). Adherence within biological multilayered systems: Development and application of a peel test on wheat grain peripheral tissues. *Journal of Cereal Science*, 52(1), 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.03.007>
- Melnik, A. F., Amelin, A. V., Mazalov, V. I., & Nikolaev, A. N. (2013). Variety influence on yield capacity and quality of winter wheat in the orel region conditions. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Oryol State Agrarian University], 6, 14–17.
- Remadnia, M., Remadnia, M., Kachi, M., Messal, S., Oprean, A., Rouau, X., & Dascalescu, L. (2014). Electrostatic separation of peeling and gluten from finely ground wheat grains. *Particulate Science and Technology*, 32(6), 608–615. <https://doi.org/10.1080/02726351.2014.943379>