

УДК 664.6 : 664.662

Исследования хлебопекарных свойств муки ржаной хлебопекарной обдирной, поставляемой на хлебопекарные предприятия РФ

Научно-исследовательский институт
хлебопекарной промышленности

М. В. Носова, Г. Ф. Дремучева

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Носова Марина Владимировна

Адрес: 107553, г. Москва,

ул. Большая Черкизовская, д. 26А, стр. 1

E-mail: m.nosova@gosniihp.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования

доступны по запросу

у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Носова, М. В., & Дремучева, Г. Ф. (2023).

Исследования хлебопекарных свойств муки ржаной хлебопекарной обдирной, поставляемой на хлебопекарные предприятия РФ. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 69–82. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.385>

ПОСТУПИЛА: 18.11.2022

ПРИНЯТА: 02.03.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.03.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение. В РФ хлеб из ржаной муки – традиционный продукт питания, который является источником многих ценных для человека пищевых веществ: витаминов В₁, В₂, В₉, РР, минеральных веществ – фосфора, железа, марганца, меди, селена и др. В настоящее время, по данным ФГАНУ НИИХП, Роскачества РФ и средств массовой информации, в торговые предприятия для реализации населению поступает определенная доля хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной с дефектами (малым объемом, не эластичным, крошащимся или комкующимся при разжевывании мякишем, не выраженным запахом и др.). Для оценки хлебопекарных свойств муки необходимы методы, позволяющие получить критерии, которые с высокой степенью достоверности обеспечивают объективную характеристику того или иного свойства муки. По мнению ученых ФГАНУ НИИХП и технологов хлебопекарных предприятий некоторые методы определения хлебопекарных свойств ржаной муки, установленных стандартом качества, недостаточно информативны. Целесообразна верификация показателей хлебопекарных свойств ржаной муки, а также включение дополнительных показателей и методов для более полной оценки хлебопекарных свойств ржаной муки.

Цель. Исследование хлебопекарных свойств 41-й пробы муки ржаной хлебопекарной обдирной, поставленной на ряд хлебопекарных предприятий РФ и обоснование необходимости совершенствования методологической базы с целью повышения качества хлебобулочных изделий.

Материалы и методы. В работе использовали 41 пробу ржаной хлебопекарной обдирной муки, предоставленных в ФГАНУ НИИХП хлебопекарными предприятиями РФ. Качество муки определяли по методам, предусмотренным стандартами ГОСТ (массовую долю влаги, белизну, число падения, зольность, крупность помола, цвет, запах, вкус и наличие минеральной примеси). Дополнительно определяли амилолитическую активность муки на приборе Амилограф и содержание белка.

Результаты. Исследуемые пробы муки по влажности и органолептическим показателям отвечают требуемым показателям качества, однако по физико-химическим показателям, а также по содержанию белка, соответствуют требованиям только четыре пробы муки, остальные пробы не соответствуют стандарту от одного до четырех показателей.

Выводы. Проведенные исследования свидетельствуют также о том, что методы определения крупности и автолитической активности муки не обеспечивают должную информативность характеристик указанных показателей, что вызывает необходимость корректировки их или разработки новых более репрезентативных методик.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

мука ржаная хлебопекарная, зольность, крупность помола, число падения, белизна, автолитическая активность, амилограмма, максимальная амилографическая вязкость

Studies of the Baking Properties of Rye Flour, Delivered to Baking Enterprises of the Russian Federation

Federal State Autonomous Scientific Institution "Scientific Research Institute of the Bakery Industry"

CORRESPONDENCE:

Marina V. Nosova

Address: 26A/1, BolshayaCherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russian Federation
E-mail: m.nosova@gosniihp.ru

FOR CITATIONS:

Nosova, M.V., & Dremucheva, G.F. (2023) Studies of the baking properties of rye flour, delivered to baking enterprises of the Russian Federation. *Storage and Processing of Farm Products*, (1), 69–82. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.385>

RECEIVED: 18.11.2022

ACCEPTED: 02.03.2023

PUBLISHED: 30.03.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.

Marina V. Nosova, Galina F. Dremucheva

ABSTRACT

Background. In the Russian Federation, rye flour bread is a traditional food product, which is a source of many valuable nutrients for humans: vitamins B₁, B₂, B₉, PP, minerals – phosphorus, iron, manganese, copper, selenium, etc. Currently, according to the data of the Scientific Research Institute of the Bakery Industry, the "Roskachestvo" of the Russian Federation and the mass media, a certain proportion of bakery products from rye flour and its mixture with wheat with defects (small volume, not elastic, crumbling or crumbling when chewing crumb, not pronounced odor, etc.) is supplied to commercial enterprises for sale to the population. To evaluate the baking properties of flour, methods are needed to obtain criteria that provide an objective characteristic of a particular property of flour with a high degree of reliability. According to the scientists of the Scientific Research Institute of the Bakery Industry and technologists of bakery enterprises, some methods for determining the baking properties of rye flour, established by the quality standard, are not informative enough. It is advisable to verify the indicators of the baking properties of rye flour, as well as the inclusion of additional indicators and methods for a more complete assessment of the baking properties of rye flour.

Purpose. The study of the baking properties of the 41st sample of rye baking flour, supplied to a number of baking enterprises of the Russian Federation and the justification of the need to improve the methodological base in order to improve the quality of bakery products.

Materials and Methods. The work used 41 samples of rye baking flaked flour, provided to the Scientific Research Institute of the Bakery Industry by baking enterprises of the Russian Federation. The quality of flour was determined by the methods provided for by GOST standards (mass fraction of moisture, whiteness, number of drops, ash content, coarseness of grinding, color, smell, taste and presence of mineral impurities). Additionally, the amylolytic activity of flour on the Amylograph device and the protein content were determined.

Results. The studied flour samples meet the required quality indicators in terms of moisture and organoleptic parameters, however, only four flour samples meet the requirements in terms of physical and chemical indicators, as well as protein content, the remaining samples do not meet the standard from one to four indicators.

Conclusions. The conducted studies also indicate that the methods for determining the size and autolytic activity of flour do not provide the proper information content of the characteristics of these indicators, which makes it necessary to adjust them or develop new more representative methods.

KEYWORDS

baking rye flour, ash content, grinding fineness, number of drops, whiteness, acidity, autolytic activity, amylogram, maximum amylographic viscosity



ВВЕДЕНИЕ

В научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности (ФГАНУ НИИХП) ежегодно проводят мониторинг показателей качества ржаной муки, поставляемой на хлебопекарные предприятия. Термин «хлебопекарные свойства муки» впервые сформулирован в начале XX в. (Hosney, 2012). С тех пор исследованиями отечественных и зарубежных ученых расширены и уточнены данные о роли ряда факторов в оценке хлебопекарных свойств ржаной муки (Hosney, 2012; Пучкова и соавт., 2005; Cauvain, 2012). В результате предложены основные показатели муки и их нормы, обеспечивающие характерные органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной, изложенных в соответствующих ГОСТ. В Российской Федерации в настоящее время требования к качеству муки ржаной хлебопекарной изложены в ГОСТ 7045–2017¹.

В производстве хлеба из ржаной муки и смеси ее с пшеничной используют различные способы приготовления теста: на густых, жидких, концентрированных и других заквасках, в том числе без и с применением заквасок (Поландова и соавт., 2008; Пучкова и соавт., 2005; Cauvain, 2012; Ауэрман, 2005), реализацию которых осуществляют в различном машинно-аппаратурном оформлении. Промышленная эволюция технологических систем с высокой механизацией и автоматизацией повысила требования к критериям эффективности эксплуатации производственных линий, известный опыт функционирования которых в РФ и за рубежом свидетельствует о необходимости использования сырья с заданными и стабильными характеристиками (Пучкова и соавт., 2005; Поландова и соавт., 2008; Панфилов, 2007). В РФ действуют преимущественно хлебозаводы, на которых вырабатывают широкий ассортимент хлебобулочных изделий, в т.ч. с высокой степенью механизации производственных процессов. Для таких предприятий стабильность качества используемого сырья чрезвычайно важный фактор в реализации технологических процессов на постоянном уровне целостности.

В Научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности (ФГАНУ НИИХП) ежегодно исследуют хлебопекарные свойства муки, поставляемой на хлебопекарные предприятия РФ. Данная практика согласуется с международной, обусловленной необходимостью снабжения хлебопек-ков информацией об особенностях качества зерна нового урожая и хлебопекарных свойствах вырабатываемой из него муки. На основании полученных данных выдают рекомендации по организации технологического процесса и повышению качества хлеба из муки с пониженными хлебопекарными свойствами (Поландова и соавт., 2010; Дремучева, 2005; Дремучева и соавт., 2013). При этом систематический мониторинг качества муки актуален и для оценки уровня информативности предусмотренных показателей в оценке хлебопекарных свойств муки.

Многочисленными исследованиями доказано, что хлебопекарные свойства муки — основного сырья, как по доле в рецептуре изделия, так и функциональному значению, являются важнейшим фактором в технологической надежности потока и выработке хлебобулочных изделий надлежащего качества (Hosney, 2012; Пучкова и соавт., 2005; Cauvain, 2012; Ауэрман, 2005; Cauvain & Young, 2007; Шкваркина и соавт., 1968; Strubbe et al., 2019; Rozs, 1976). Использование нестандартного сырья обуславливает систематическую погрешность производства, нарушает целостность технологической системы и приводит к выработке нестандартной продукции (Панфилов, 2007).

В настоящее время для оценки качества ржаной муки в соответствии с ГОСТ 7045–2017² приняты следующие показатели: органолептические — цвет, запах, вкус, наличие минеральной примеси и физико-химические: влажность, масса металломагнитной примеси, число падения, крупность помола, зольность и белизна. При этом «белизна» действует взамен показателя «зольность» на предприятиях, оснащенных лабораторными приборами и аппаратурой по ГОСТ 26361³. Согласно ГОСТ 7045–2017⁴ по договору с потребителем муки ржаной хлебопекарной может быть ограничен верхний предел

¹ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

² Там же

³ ГОСТ 26361–2013. (2014). *Мука. Метод определения белизны*. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

числа падения — не более 220 с, а мука с числом падения (ЧП) более 220 с может быть использована в подсортировку к хлебопекарной ржаной муке с более низким числом падения.

До 1990 г. в число необходимых показателей муки включали кислотность, отражающую в определенной степени выход, условия и срок хранения муки. Кислотность определяли методом титрования водно-мучной болтушки по ГОСТ 27493–87⁵ (действующим и в настоящее время) (Поландова и соавт., 2010; Шкваркина и соавт., 1968).

Целесообразность наличия данного показателя, обуславливалась тем, что кислотность муки в существенной мере зависит от количества в зерне кислореагирующих веществ: аминокислот, содержащих карбоксильные группы и связывающих щелочь, фосфорной кислоты в виде различных соединений, а также жирных, органических (яблочная, щавелевая, молочная, аконитовая и др.) и других свободных жирных кислот — продуктов расщепления жиров под действием липазы. Помимо этого на кислотность зерна влияет химический состав почвы, на которой произрастала культура и другие факторы. К примеру, при внесении физиологически кислых удобрений в результате подкисления почв, вызванным природным почвообразовательным процессом, поступлением загрязняющих веществ из атмосферы и с осадками, и другими видами антропогенного воздействия (ГОСТ 27593–88)⁶. Нормальное здоровое зерно характеризуется низкой кислотностью (от 1,0 до 3,0 град).

При неблагоприятных условиях хранения: нарушении установленных режимов, чрезмерной продолжительности и других негативных факторов кислотность зерна повышается. К примеру, в результате самосогревания в зерне и муке резко возрастает количество уксусной и молочной кислот (Пучкова и соавт., 2005).

Исследованиями, проведенными в Научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности, установлено, что кислотность муки, определенная титрованием водно-мучной болтушки, достаточно достоверно характеризует све-

жесть муки (Поландова и соавт., 2010; Шкваркина и соавт., 1968).

При хранении в зерне и муке происходят биохимические процессы, в результате которых повышается кислотность, что затем сказывается на технологических свойствах муки. Одновременно в ряде случаев мука при хранении приобретает неприятный, горьковато-едкий привкус.

Вследствие указанных факторов использование муки с повышенной кислотностью может стать причиной появления посторонних неприятных вкусов, снижения объема хлеба, ухудшения структуры мякиша и внешнего вида корки хлеба. По данным Шкваркиной Т.Н. (Шкваркина и соавт., 1968) неприятные посторонние привкусы, появляющиеся в хлебе из муки с повышенной кислотностью, устранить полностью технологическими приемами не удастся.

Необходимость включения кислотности в перечень обязательных показателей качества ржаной муки подтверждает также установленный учеными Санкт-Петербургского филиала ФГАНУ НИИХП факт наличия в некоторых пробах товарной ржаной муки пищевых добавок с щелочной реакцией среды.

Сравнительная оценка экспериментальных данных показала, что, к примеру, введение добавки Rowelit G в количестве 0,1% от массы муки с целью стабилизации хлебопекарных свойств муки с низким ЧП приводит к повышению зольности, снижению кислотности и ферментативной активности муки, повышению ЧП. Установили, что в самоосахаренных заварках из такой муки замедляется накопление непосредственно редуцирующих сахаров, а отсутствие в удостоверении качества на муку информации об использовании добавок для корректировки хлебопекарных свойств муки приводит к проблемам при ведении технологического процесса на хлебозаводах (Кузнецова и соавт., 2021).

Большое значение в технологии хлебобулочных изделий имеет и крупность частиц муки. Размер частиц муки в определенной степени влияет на автолитическую и водопоглонительную способность

⁵ ГОСТ 27493–87. (2007). *Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 27593–88. (2006). *Почвы. Термины и определения*. М.: Стандартинформ.

муки, и, следовательно, на интенсивность биохимических и коллоидных процессов при приготовлении полуфабрикатов хлебопекарного производства, а затем на органолептические (состояние мякиша, вкус, запах и др.) и физико-химические (объем, свойств мякиша) показатели качества хлеба (Поландова и соавт., 2010).

Доказано влияние размера частиц муки на реологические свойства полуфабрикатов хлебопекарного производства, органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий: объем, формоустойчивость, вкус и запах, а также на эластичность и крошковатость мякиша, продолжительность сохранения свежести изделий (Strubbe et al., 2019; Панкратов, 2015; Урлапова, 2004; Марков и соавт., 2019; Акиенко, 2019). Чрезмерно крупная мука кажется более темной, хуже поглощает воду, т.к. крупные частицы муки медленнее набухают и время образования теста увеличивается. Сахарообразующая способность крупнодисперсной муки снижена, вследствие чего понижается интенсивность молочнокислого и спиртового брожения. В результате не обеспечивается достаточный объем хлеба, формируется грубая толстостенная пористость мякиша, корка хлеба — бледно окрашена, хлеб — не ароматный. Изделия, приготовленные из излишне измельченной (перетертой) муки характеризуются пониженным объемом, чрезмерно темными коркой и мякишем, быстро черствеющим при хранении хлеба, подовые изделия — расплывшейся формой.

За рубежом и в России широко применяют прибор Амилограф для оценки хлебопекарных свойств ржаной муки (Ауэрман, 2005). Рекомендовано, что при использовании ржаной муки с высокой максимальной амилографической вязкостью следует увеличить продолжительность замеса теста и использовать приемы, способствующие повышению набухания ее частиц. Однако увеличение количества воды с целью компенсации пониженной водопоглощательной способности муки приводит к снижению объема хлеба, крошковатости мякиша, ухудшению вкуса и сокращению срока хранения хлеба в свежем виде.

При использовании муки с повышенной автолитической активностью важно, как можно быстрее повысить кислотность теста, чтобы в начале клейстеризации набухший крахмал и белки не превра-

тились под действием ферментов в растворимые соединения. При этом, как отмечает Huber (Huber, 1980), хотя и хорошо известны средства и приемы для снижения ферментативной активности муки, но какой производитель при получении новой партии муки сможет быстро изменить рецептуру и режим тестоприготовления?

На европейском мукомольном рынке в оценке качества муки приоритетным является показатель — «зольность», которую тщательно контролируют, так как на основе ее определяют сорт муки. Белизна муки во многом зависит от естественных свойств, сорта и региона произрастания зерна, состава почвы, количества солнечных дней и других факторов и не всегда коррелирует с белизной мякиша хлеба. В связи с этим, в странах ЕС мукомолы не определяют белизну, поскольку цвет мякиша в большей степени зависит от собственных ферментов зерна — эстеразы и фосфолипазы, которые содержатся в субалейроновом слое эндосперма. Приоритетное использование в течение многих лет показателя белизны, определяемого экспресс-методом, вместо зольности, — более объективного и сложного в исполнении метода, привело к структурным изменениям на российском мукомольном рынке. Изменился не только подход к оценке качества, но и режимы производства муки. Именно применение экспресс-показателя белизны привело к излишнему измельчению муки на российских мельницах, так как белизна более мелкой муки выше, поскольку разрушенный крахмал лучше отражает свет, чем крахмальные зерна в цельной белковой оболочке (Strubbe et al., 2019).

Белизна муки напрямую не коррелирует с зольностью. Для обеспечения необходимого цвета муки и более низкой зольности европейские мукомолы сосредотачиваются на совершенствовании подготовки зерна к помолу (Strubbe et al., 2019; Марков и соавт., 2019; Акиенко, 2019; Недилько, 2018).

На европейских мельницах контролируют ЧП зерна для того, чтобы определить крупность помола, необходимого для конкретной партии зерна, а также чтобы мука смогла обеспечить стабильность теста и требуемый процесс брожения. Логика довольно проста — чем ниже ЧП, тем крахмал более доступен для собственных амилаз зерна и амилолитических ферментных препаратов в составе хлебопекарных улучшителей. Соответственно, чем ниже ЧП зерна,

тем крупнее будет применен помол для снижения доступности крахмала. Такой способ нивелирования ЧП на мельнице позволяет вырабатывать муку с оптимальной автолитической активностью, что положительно влияет на стабильность технологического процесса и выпуск хлеба с требуемыми показателями качества (Strubbe et al., 2019; Марков и соавт., 2019; Акиенко, 2019).

В чрезмерно мелкой муке слишком высокое содержание разрушенных зерен крахмала, что нежелательно в технологии хлеба, вследствие повышения количества субстрата для амилаз и ферментных систем хлебопекарных дрожжей (Baldwin, 2001; Goesaert et al., 2008). В связи с чем, для характеристики автолитической активности хлебопекарной муки целесообразен конкретный допустимый предел данного показателя, при котором процесс брожения во времени происходит более предсказуемо. В этом случае на российских мельницах предпочитают не укрупнять муку, как это часто делают в Европе, а вносят в готовую муку специальные добавки для повышения ЧП, особенно, если в помольной смеси есть проросшее или морозобойное зерно. Как правило, это ингибиторы амилаз для торможения процесса осахаривания крахмала. Однако, если у муки высокое ЧП, то для снижения ЧП на мельнице могут добавлять солодовые амилазы (Strubbe et al., 2019; Марков и соавт., 2019). Указанные авторы также отмечают, что хотя применение подобных добавок корректируют ЧП в соответствии со спецификацией заказчика, но при этом не повышаются водопоглощительная способность муки и объем хлебобулочных изделий, а также не достигается равномерная пористость мякиша. Более того, такие добавки могут блокировать или снижать действие других хлебопекарных улучшителей, которые применяют на хлебопекарном предприятии при производстве хлебобулочных изделий» (Strubbe et al., 2019; Марков и соавт., 2019).

Цель исследования — обоснование необходимости совершенствования методологической базы определения хлебопекарных свойств муки ржаной хлебопекарной обдирной, в т.ч за счет расширения перечня показателей качества муки и разработки

более информативных методик определения дисперсности частиц муки, а также уточнения предела ЧП. Для осуществления цели необходимо:

- определить органолептические и физико-химические показатели качества проб ржаной хлебопекарной муки, предоставленных хлебопекарными предприятиями РФ;
- сравнить полученные характеристики с нормами, предусмотренными ГОСТ 7045⁷;
- обосновать дополнительные показатели хлебопекарных свойств ржаной муки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

41 проба муки ржаной хлебопекарной обдирной, предоставленные во ФГАНУ НИИХП в период апрель 2020 — май 2022 гг. хлебопекарными предприятиями гг. Барнаула, Владивостока, Геленджика, Липецка, Казани, Кирова, Кирово-Чепецка, Москвы, Орла, Нижнего Новгорода, С-Петербурга, Серпухова, Стерлитамака, Твери, Тольятти, Челябинска, Южно-Сахалинска и гг. Александрова, Волоколамска, Воскресенска, Дедовска и Калининграда Московской обл., г. Лесозаводска Приморского края, Пгт. Красногвардейское Республики Крым. Производители муки — мукомольные предприятия из гг. Барнаула, Владимира, Казани, Кирова, Рязани, Самары, С.-Петербурга, Тольятти, Томска, Тулы, г. Алейска Алтайского края, Мичуринска Тамбовской обл., и гг. Луховиц, Ногинска и Пушкина Московской обл., с. Подгорное Липецкой обл, Пгт. Красногвардейское Республики Крым, г. Миллерово Ростовской обл. и г. Орша Республики Беларусь.

Согласно предоставленным удостоверениям качества все пробы муки по качеству соответствуют требованиям ГОСТ 7045⁸.

Методы

Методы оценки качества муки на соответствие требованиям ГОСТ 7045–2017⁹: массовая доля вла-

⁷ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁸ Там же.

⁹ Там же.

ги — по ГОСТ 9404–88¹⁰, белизна — по ГОСТ 26361–2013¹¹, число падения — по ГОСТ 27676–88¹², зольность — по ГОСТ 27494–2016¹³, крупность помола — по ГОСТ 27560–87¹⁴, цвет, запах, вкус и наличие минеральной примеси — по ГОСТ 27558–87¹⁵; количество белка — по ГОСТ Р 54390–2011/ISO/TS 16634–2:2009¹⁶. Дополнительно определяли амилолитическую активность на приборе Амилограф по ГОСТ ISO 7973–2013¹⁷.

Процедура исследования

Исследовали хлебопекарные свойства муки ржаной хлебопекарной обдирной. Полученные данные сравнивали с нормами исследуемых показателей, предусмотренных ГОСТ 7045–2017¹⁸, а также характеристиками, установленными на приборе Амилограф, с рекомендуемыми в источниках научно-технической литературы; содержание белка в исследуемых пробах — со средним значениям количества белка в 100 г муки ржаной хлебопекарной обдирной, приведенных в Приложении А «Средние значения пищевой и энергетической ценности» в ГОСТ 7045–2017¹⁹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований определяли органолептические и физико-химические показатели качества муки ржаной обдирной. Затем сравнивали полученные данные с нормами показателей,

установленными ГОСТ 7045–2017²⁰. На основании полученных результатов выявили пробы, которые по показателям качества не соответствуют требованиям ГОСТ 7045–2017. На втором этапе определяли характеристики проб муки с использованием прибора амилограф и интерпретировали полученные данные. После чего оценку амилолитической активности проб муки по ЧП сравнивали с характеристиками, полученные с использованием Амилографа, с целью выявления наиболее информативного и объективного показателя автолитической активности ржаной муки.

Установили, что по цвету, запаху, вкусу и наличию минеральной примеси все исследуемые пробы муки ржаной хлебопекарной обдирной соответствуют требованиям ГОСТ 7045–2017²¹. Физико-химические показатели качества проб муки и нормы показателей приведены в Таблице 1, амилолитическая активность — в Таблице 2.

Из данных Таблицы 1 видно, что зольность проб варьирует от 1,02 до 1,67 %. Зольность пяти проб (15, 16, 19, 20, 21) — выше нормы и составляет от 1,47 до 1,67 %.

По белизне муки (от 6,0 до 16,0 ед.пр. РЗ-БПЛ) 23 пробы соответствуют требованиям ГОСТ 7045–2017²², но у 18 проб муки (3, 6, 7, 8, 10, 12, 16, 19, 25, 27, 29, 33, 34, 35, 36, 39, 40 и 41) — показатель ниже нормы (от 1,0 до 5,0 ед.пр. РЗ-БПЛ). Следовательно, 44 % проб по данному показателю не соответствуют требованиям ГОСТ.

¹⁰ ГОСТ 9404–88. (2007). *Мука и отруби. Метод определения влажности*. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 26361–2013. (2014). *Мука. Метод определения белизны*. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 27676–88. (2009). *Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения*. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 27494–2016. (2019). *Мука и отруби. Метод определения зольности*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 27560–87. (2007). *Мука и отруби. Метод определения крупности*. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 27558–87. (2007). *Мука и отруби. Метод определения цвета, запаха, вкуса и хруста*. М.: Стандартинформ.

¹⁶ ГОСТ Р 54390–2011/ISO/TS 16634–2:2009. (2013). *Продукты пищевые. Определение общего содержания азота путем сжигания по методу Дюма и расчет содержания белка*. М.: Стандартинформ.

¹⁷ ГОСТ ISO 7973–2013. (2019). *Зерно и зернопродукты. Определение вязкости с применением амилографа*. М.: Стандартинформ.

¹⁸ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

¹⁹ Там же.

²⁰ Там же.

²¹ Там же.

²² Там же.

Таблица 1

Физико-химические показатели качества ржаной хлебопекарной обдирной муки и содержание белка

Номер пробы	Показатели					
	Влажность, % (не более 15,0)	Зольность, % (не более 1,45)	Белизна, ед. пр. (не менее 6,0)	Число падения (ЧП), с (не менее 150)	Крупность помола, %, остаток на сите №045 (не более 2,0)/ проход через сито № 46ПА-60 (не менее 60,0)	Количество белка, г (не менее 8,9)
1	12,2	1,40	16,0	190	2,0/55,0	7,7
2	11,6	1,45	13,0	188	5,0/61,0	8,9
3	12,2	1,30	1	200	3,0/50,0	7,6
4	10,9	1,40	12,0	236	0,2/59,0	8,1
5	12,6	1,30	9,0	164	1,0/61,0	8,9
6	12,6	1,45	2,0	208	2,0/60,0	9,0
7	12,8	1,45	1	144	2,0/51,0	9,2
8	11,0	1,30	1	251	2,0/55,0	8,9
9	12,0	1,45	14,0	209	0,1/63,0	9,4
10	11,8	1,45	1	219	3,0/52,0	9,1
11	11,2	1,45	11,0	174	3,0/62,0	9,0
12	11,6	1,45	4,0	206	3,0/61,0	9,1
13	11,4	1,40	14,0	180	3,0/65,0	8,9
14	11,9	1,38	13,0	211	1,0/42,0	8,0
15	11,7	1,67	9,0	259	2,0/36,0	7,6
16	12,1	1,63	1,0	221	1,0/33,0	8,8
17	12,6	1,45	6,0	240	1,0/57,0	7,6
18	12,5	1,45	16,0	182	4,7/60,0	8,9
19	10,0	1,57	1	249	1,0/54,0	8,5
20	12,0	1,59	7,0	206	0,2/78,0	8,0
21	11,3	1,47	14,0	290	0,1/67,0	8,9
22	9,6	1,39	10,0	240	0,5/63,0	8,6
23	11,6	1,40	16,0	250	0,4/65,0	6,9
24	10,7	1,44	13,0	222	0,3/62,0	8,1
25	12,3	1,40	1,0	218	2,0/61,0	7,7
26	11,9	1,45	12,0	192	0,3/69,0	7,7
27	11,7	1,45	1,0	207	2,0/52,0	8,4
28	9,3	1,44	10,0	213	0,1/68,0	8,9
29	9,0	1,40	5,0	197	0,2/69,0	8,8
30	12,9	1,39	6,0	184	1,0/71,0	8,1

Окончание Таблицы 1

Номер пробы	Показатели					
	Влажность, % (не более 15,0)	Зольность, % (не более 1,45)	Белизна, ед. пр. (не менее 6,0)	Число падения (ЧП), с (не менее 150)	Крупность помола, %, остаток на сите №045 (не более 2,0)/проход через сито № 46ПА-60 (не менее 60,0)	Количество белка, г (не менее 8,9)
31	12,0	1,29	14,0	242	0,1/71,0	7,6
32	11,3	1,40	6,0	231	0,2/67,0	8,7
33	11,5	1,44	3,0	235	6,0/65,0	8,2
34	12,4	1,02	2,0	260	1,0/ 56,0	7,5
35	11,1	1,23	1,0	200	0,5/ 47,0	8,9
36	12,1	1,38	1,0	256	2,0/61,0	8,3
37	11,4	1,40	10,0	232	0,5/69,0	8,5
38	11,0	1,11	13,0	258	0,6/60,0	9,1
39	11,5	1,28	2,0	241	2,9/57,0	9,6
40	11,1	1,08	4,0	256	0,6/61,4	8,4
41	11,2	1,44	5,0	159	0,8/60,5	10,8

Примечание: в головке таблицы в скобках указаны нормы, красным цветом выделены показатели, не соответствующие нормам, предусмотренным ГОСТ 7045–2017²³.

По крупности помола — остатку на сите № 045 — девять проб (2, 3, 10, 11, 12, 13, 18, 33 и 39), т. е. примерно четвертая часть от общего числа исследуемых проб, не отвечают требованиям ГОСТ 7045–2017²⁴. Данный показатель у проб 3, 10, 11, 12 и 13 равняется 3,0%, пробы 2–5,0%, пробы 18–4,7%, пробы 33–6,0%, пробы 39–2,9%, что свидетельствует о повышенном количестве крупных частиц, остающихся после просеивания на сите № 045.

По проходу через сито № 46 ПА-60 удовлетворительным показателем (от 60,0 до 78,0%) характеризуются 27 проб, остальные 14 (1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 27, 34, 35 и 39 — пониженным показателем (от 33,0 до 59,0%), т. е. повышенным количеством крупных частиц муки.

Помимо этого три пробы (3, 10 и 39) не отвечают требованиям ГОСТ 7045–2017²⁵, как по превышен-

ному остатку на сите № 045 (3,0; 3,0 и 2,9%), так и пониженному проходу через сито № 46 ПА-60 (50,0; 52,0 и 57,0%), что свидетельствует о превышении доли крупных частиц в них. Такое заключение подтверждает и низкая белизна (1,0; 1,0 и 2,0 ед. пр.) этих проб. Однако число падения данных проб муки 200, 219 и 241 с — удовлетворительное, что позволяет предположить, что производители муки за счет крупности регулировали автолитическую активность муки.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что примерно 70% из исследуемых проб по крупности частиц муки не соответствуют требованиям ГОСТ 7045–2017²⁶, что может быть следствием несоблюдения оптимального технологического режима измельчения зерна, неисправности сит и др.

Число падения исследуемых проб муки представлено в широком интервале — от 144 до 290 с.

²³ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

²⁴ Там же.

²⁵ Там же.

²⁶ Там же.

Согласно ГОСТ 7045–2017²⁷ характеристикой автолитической активности муки является число падения (норма для муки ржаной обдирной — не менее 150 с); таким образом, автолитическая активность проб, кроме пробы 7 (ЧП 144 с) — удовлетворительная.

Следует отметить, что в результате исследований, проведенных в СПбФ ФГАНУ НИИХП Л.И. Кузнецовой и др. установлено, что ЧП ржаной обдирной муки удовлетворительного качества должно варьировать от 150 до 220 с, а по данным В.Я Черныха (Черных, 2019) — ЧП 175 ± 15 с. Исходя из таких оценок, у 17 проб (4, 8, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38 и 39), т.е. примерно у 42 % показатель удовлетворительный, у остальных проб (за исключением пробы 7 с ЧП 144 с) с высоким ЧП (от 231 до 290 с) — пониженная автолитическая активность.

В Таблице 2 приведены показатели амилограмм водно-мучных суспензий из исследуемых проб ржаной обдирной муки, на рисунке 1 — амилограммы четырех проб муки (5, 11, 35 и 40).

Данные Таблицы 2 показывают, что характеристики мучных суспензий, определенные на Амилографе, существенно разнятся, так начало клейстеризации водно-мучных суспензий происходит при температуре от 55,0 (проба 3) до 60,6 °С (проба 27), температура достижения максимальной вязкости составляет от 57,0 (проба 21) до 72,3 °С (пробы 38 и 39), максимальная амилографическая вязкость (МаксАВ) — от 172 (проба 5) до 720 AU (проба 21). Две пробы муки (21 и 40) характеризуются пониженной (более 600 AU), десять проб (5, 6, 7, 12, 16, 19, 25, 27, 29 и 35) — повышенной (менее 300 AU), остальные пробы — удовлетворительной (300–600 AU) амилолитической активностью.

На Рисунке 1 представлены амилограммы четырех проб муки, свидетельствующие о том, что на хлебопекарные предприятия поставляют муку ржаную обдирную в достаточно широком диапазоне амилолитической активности. К примеру, пробы 5 и 35 характеризуются повышенной амилолитической активностью (МаксАВ — 172 и 275 AU, ЧП — 164 и 200 с), проба 11 — удовлетворительной амилолитической активностью (МаксАВ — 417 AU, ЧП 174 с)

Таблица 2

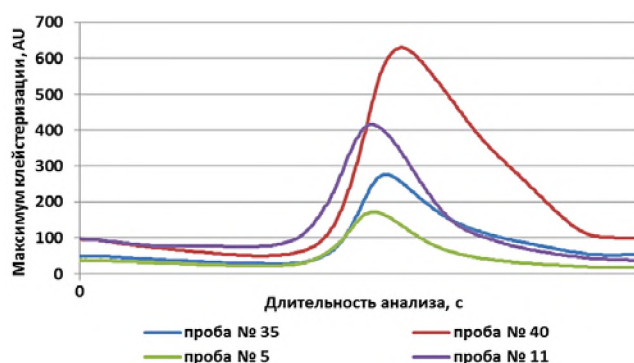
Показатели амилограмм водно-мучных суспензий из ржаной обдирной муки

Но- мер- про- бы	Температура начала клей- стеризации, °С	Температура достижения максимальной вязкости, °С	Максимальная амилографиче- ская вязкость, AU
1	56,8	67,4	364
2	55,1	67,0	403
3	55,0	67,8	426
4	58,4	68,9	445
5	58,4	66,6	172
6	59,1	69,6	202
7	58,0	67,4	282
8	55,3	69,3	470
9	58,8	68,4	361
10	56,0	69,4	322
11	55,6	66,6	417
12	59,0	69,9	267
13	56,3	67,5	371
14	58,6	69,3	344
15	57,0	70,8	438
16	58,9	69,9	211
17	55,6	68,8	430
18	58,2	67,6	308
19	58,4	68,9	268
20	57,4	67,9	309
21	56,6	57,0	720
22	57,0	68,5	398
23	56,1	69,6	529
24	57,9	69,5	401
25	57,8	69,6	278
26	57,5	68,9	300
27	60,6	71,4	261
28	56,4	70,5	389
29	58,5	69,3	271
30	59,1	68,3	300
31	58,6	70,5	442
32	57,1	72,1	322
33	58,3	69,9	342
34	59,3	70,6	333
35	59,4	68,3	275
36	59,3	68,4	327
37	56,1	68,8	485
38	58,5	72,3	377
39	57,0	72,3	331
40	57,6	70,4	630
41	56,6	67,6	383

²⁷ Там же.

Рисунок 1

Амилограммы 5, 11, 35 и 40 проб муки ржаной хлебопекарной обдирной



и проба 40 — с пониженной амилолитической активностью (МаксАВ — 630 AU, ЧП — 256 с).

Амилограммы свидетельствуют также о достаточно разной максимальной вязкости мучных суспензий исследуемых проб муки, и, соответственно, о разной амилолитической активности. Однако по ЧП, согласно ГОСТ 7045–2017²⁸, амилолитическая активность этих проб классифицируется одинаково, как удовлетворительная.

Таким образом, сравнение характеристики амилолитической активности муки по ЧП и МаксАВ свидетельствует о разной ее оценке. Так, по МаксАВ пробы муки 5, 6, 7, 12, 16, 19, 25, 27, 29 и 35 имеют повышенную амилолитическую активность (МаксАВ — 172, 202, 282, 267, 211, 268, 278, 261, 271 и 275 AU соответственно). Однако по нормам ГОСТ 7045–2017²⁹ (ЧП — 164, 208, 144, 206, 221, 249, 218, 207, 197 и 200 с) указанные пробы, за исключением пробы 7 (ЧП — 144 с), по амилолитической активности удовлетворительны. Согласно данному ГОСТ у пробы муки 21 (ЧП — 290 с) — удовлетворительная амилолитическая активность, а по МаксАВ (720 AU) — низкая. И только одна проба 7 и по ЧП — 144 с и по АА — 282 AU квалифицируется однозначно: неудовлетворительной амилолитической активностью: фактически высокой, свойственной муке, смолотой из зерна с заметной долей проросших зерен.

Установленное несоответствие оценки амилолитической активности муки: по ЧП и характеристикам амилограмм, обусловлено различными условиями проведения анализов. При определении ЧП масса пробы — 6–7 г, количество воды — 25 см³, продолжительность анализа — 120–300 с, при анализе с использованием амилографа — 80–90 г, 440–460 см³, 50 мин соответственно.

Очевидно, что вследствие большей массы муки и более продолжительного анализа на амилографе влияние крупности муки на водопоглощение теста, активность амилаз муки и доступность крахмала для их действия более заметны. Следует еще раз подчеркнуть, что метод определения активности α -амилазы зерна и муки по ЧП, принятый во многих странах мира, не используют для характеристики амилолитической активности муки — суммарного показателя, отражающего состояние углеводного комплекса и активность амилолитических ферментов (Мелешкина & Лындина, 2008).

Е.П. Мелешкина и М.И. Лындина (2008) приводят мнение зарубежных исследователей о том, что показатели амилограмм можно использовать не только для оценки хлебопекарных свойств ржаной муки, но и для выбора оптимального способа приготовления теста из нее (на дрожжах, на заквасках или на том и другом вместе). Исходя из предложенной оценки, мякиш хлеба из проб муки 5, 6, и 16 (101–250 AU) будет влажный и липкий. Пробы муки — 7, 10, 12, 14, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36 и 39 (251–350 AU) пригодны при кислом ведении теста, а у хлеба, приготовленного на дрожжах мякиш будет влажным. Пробы муки — 1, 2, 3, 4, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 22, 23, 24, 28, 31, 37, 38, 40 и 41 (351–650 AU) — удовлетворительны по качеству и пригодны при приготовлении теста на закваске и на дрожжах. Проба 21 (720 AU) пригодна при приготовлении теста только на дрожжах, поскольку при приготовлении теста на закваске мякиш будет сухой, и крошащийся.

Следует отметить, что в РФ в производстве хлеба из ржаной муки и смеси ее с пшеничной применяют, преимущественно, традиционные технологии, предусматривающие использование ржаных заквасок (Поландова и соавт., 2008). Хлеб, пригото-

²⁸ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М: Стандартинформ.

²⁹ Там же.

ленный с использованием ускоренных способов тестирования на подкислителях, не пользуется заметным спросом у покупателей.

Приведенное выше заключение отличается от классификации амилалитической активности муки, рекомендуемой российским ученым В. Я. Черным (Черных, 2019): максимальная вязкость мучной суспензии — менее 300 AU свидетельствует о повышенной ферментативной активности, 300–650 AU — удовлетворительной и более 650 AU — пониженной. Исходя из классификации, предложенной В.Я. Черным (Черных, 2019), следует, что повышенной амилалитической активностью характеризуются 10 проб — 5, 6, 7, 12, 16, 19, 25, 27, 29 и 35, пониженной (более 650 AU) — одна проба — 21, удовлетворительной (30 проб — 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40 и 41, то есть, примерно, 73% от числа всех исследуемых объектов.

Проведенные нами исследования по определению амилалитической активности значительного числа проб ржаной обдирной муки различными методами и сравнительный анализ интерпретирования полученных данных, а именно, исходя из нормы показателя, включенной в ГОСТ 7045–2017, и мнения ряда ученых, свидетельствуют как о низкой информативности ЧП, так и не корректной норме этого показателя, включенной в указанный ГОСТ.

Полученные данные свидетельствуют также о том, что одно и то же мукомольное предприятие реализует партии муки ржаной хлебопекарной, отличающиеся несоответствием требованиям ГОСТ по разным показателям. Вследствие чего технологи хлебопекарных предприятий вынуждены корректировать технологический процесс при переработке каждой новой партии муки, поскольку, к примеру, повышенная или пониженная активность амилаз, протеаз, ксиланаз и других ферментов муки, размер и однородность частиц, количество отрубей заметно влияют на водопоглощающую способность муки, реологические свойства заквасок и теста, интенсивность биохимических и коллоидных процессов, а также активность микроорганизмов полуфабрикатов хлебопекарного производства.

Для выработки ржаной муки также необходимо качественное сырье — зерно ржи. Однако, если технология муки основывается преимущественно на физических процессах, то в хлебопекарном производстве — на совокупности физических, биохимических и микробиологических процессов с участием хлебопекарных дрожжей и молочнокислых бактерий.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований хлебопекарных свойств муки ржаной хлебопекарной обдирной на соответствие ее требованиям действующего ГОСТ 7045–2017 «Мука ржаная хлебопекарная»³⁰ получены новые данные, свидетельствующие о необходимости корректировки норм числа падения как минимальной, так и максимальной допустимых норм. Целесообразно расширение области исследований в части уточнения показателей, характеризующих амилалитическую активность других видов и сортов муки, используемых для производства хлебобулочных изделий.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Носова Марина Владимировна — формулирование исследовательских целей и задач; подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр; ответственность за управление и координацию.

Дремучева Галина Федоровна — разработка или проектирование методологии исследования; подготовка и создание черновика рукописи, в частности написание первоначального текста рукописи.

³⁰ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М: Стандартинформ.

ЛИТЕРАТУРА

- Акиенко, Т. И. (2019). Анализ применения международных стандартов DEMETER. *Хлебопродукты*, (7), 30–31. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-29-7-30-31>
- Ауэрман, Л. Я. (2005). *Технология хлебопекарного производства*. СПб.: Профессия.
- Дремучева, Г. Ф. (2005). О проблемах переработки муки на хлебопекарных предприятиях и их решение. В *Хлебопеки и кондитеры Сибири: Сборник материалов форума* (с. 59–61). Барнаул.
- Дремучева, Г. Ф., Быковченко, Т. В., & Бердышников, О. Н. (2013). Влияние цвета муки и технологических свойств сырья на цвет мякиша хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*, (5), 22–23.
- Кузнецова, Л. И., Бурькина, М. С., Парахина, О. И., Нутчина, М. А., & Лаврентьева Н. С. (2021). Анализ качества муки ржаной обдирной, выработанной мукомольными предприятиями России в 2020 г. *Хлебопечение России*, (2), 36–43. <https://doi.org/10.37443/2073-3569-2021-1-2-36-43>
- Марков, Ю. Ф., Ереско, Л. Г., & Буряк А. Н. (2019). Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов. *Хлебопродукты*, (7), 23–25.
- Мелешкина, Е. П., & Лындина, М. И. (2008). Анализ хлебопекарного качества зерна и муки из ржи с использованием приборов, применяемых для оценки свойств теста. *Хлебопродукты*, (6), 34–35.
- Недилько, Л. А. (2018). Экономическая эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения при внедрении менеджмента на принципах ХФССП. *Хлебопродукты*, (2), 43–45.
- Панкратов, Г. Н. (2015). Гранулометрический состав продуктов размола. *Хлебопродукты*, (5), 46–49.
- Панфилов, В. А. (2007). *Теория технологического потока*. М.: Колос.
- Поландова, Р. Д., Дремучева, Г. Ф., Карчевская, О. Е., & Лукач Е. Н. (2010). *Технологические рекомендации по улучшению качества хлебобулочных изделий из муки с пониженными хлебопекарными свойствами*. М.: Вторая типография.
- Поландова, Р. Д., Кузнецова, Л. И., & Шлеленко, Л. А. (2008). *Сборник современных технологий хлебобулочных изделий*. М.: ГНУ ГосНИИ хлебопекарной промышленности.
- Пучкова, Л. И., Поландова, Р. Д., & Матвеева, И. В. (2005). *Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий*. СПб.: ГИОРД.
- Урлапова, И. Б. (2004). *Влияние гранулометрического состава на качество пшеничной хлебопекарной муки* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Черных, В. Я. (2019). *Регулирование сахарообразующей способности хлебопекарной муки*. М.: Буки Веди.
- Шкваркина, Т. И., Чижова К. Н., & Лукач Е. Н. (1968). *Влияние повышенной кислотности муки на ее хлебопекарные свойства*. М.: ЦИТИПищепром.
- Baldwin, P. M. (2001). Starch granule-associated proteins and polypeptides: A review. *Staarke*, 53(10), 475–503. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200110\)53:10<475::AID-STAR475>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200110)53:10<475::AID-STAR475>3.0.CO;2-E)
- Strubbe, B., Veeke, K., Орлов, А. Е., & Петриченко, В. В. (2019). Секреты европейских мукомолов. *Хлебопродукты*, (10), 41–43.
- Cauvain, S. P. (2012). *Breadmaking: Improving quality*. Woodhead publishing.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2007). *Technology of Breadmaking*. Springer Business & Multimedia.
- Goesaert, H., Leman, P., & Delcour, J. A. (2008) Model approach to starch functionality in bread making. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6423–6431. <https://doi.org/10.1021/jf800521x>
- Hosney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology*. St. Paul Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Huber, H. (1980). Mehlqualitätsschwankungen sind tin losbares Problem. *Deutsche Muller — Zeitung*, (6), 81–84.
- Rozs, T. A. (1976). *Rye milling*. In *Rye: Production, Chemistry, and Technology*. St. Paul, MN.

REFERENCES

- Akienko, T. I. (2019). Analiz primeneniya mezhdunarodnykh standartov DEMETER [Analysis of the application of DEMETER international standards]. *Khleboпродукты [Bread Products]*, (7), 30–31. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-29-7-30-31>
- Auerman, L. Ya. (2005). *Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva [The technology of bakery production]*. S-Petersburg: Professiya.
- Chernykh, V. Ya. (2019). *Regulirovanie sakharobrazuyushchei sposobnosti khlebopekarnoi muki [Regulation of the sugar-forming ability of baking flour]*. Moscow: Buki Vedi.
- Dremucheva, G. F. (2005). O problemakh pererabotki muki na khlebopekarnykh predpriyatiyakh i ikh reshenie [About the problems of flour processing at bakery enterprises and their solution]. In *Khlebopeki i konditery Sibiri: Sbornik materialov foruma [Bakers and confectioners of Siberia: A collection of materials of the forum]* (pp. 59–61). Barnaul.
- Dremucheva, G. F., Bykovchenko, T. V., & Berdyshnikova, O. N. (2013). Vliyanie tsveta muki i tekhnologicheskikh svoystv syr'ya na tsvet myakisha khlebobulochnykh izdelii [The effect of flour color and technological properties of raw materials on the color of the crumb of bakery products]. *Khlebopechenie Rossii [Bakery of Russia]*, (5), 22–23.
- Kuznetsova, L. I., Burykina, M. S., Parakhina, O. I., Nutchina, M. A., & Lavrent'eva N. S. (2021). Analiz kachestva muki rzhanoi obdirnoi, vyrabotannoi mukomol'nymi predpriyatiyami Rossii v 2020 g [Analysis of the quality of rye floured flour produced by flour milling enterprises of Russia in 2020]. *Khlebopechenie Rossii [Baking of Russia]*, (2), 36–43. <https://doi.org/10.37443/2073-3569-2021-1-2-36-43>
- Markov, Yu. F., Eres'ko, L. G., & Buryak A. N. (2019). Sovremennyye metody, sredstva i normativy v oblasti otsenki kachestva zerna i zernoproduktov [Modern methods, tools and standards in the field of grain and grain products quality assessment]. *Khleboпродукты [Bread Products]*, (7), 23–25.
- Meleshkina, E. P., & Lyndina, M. I. (2008). Analiz khlebopekarnogo kachestva zerna i muki iz rzhi s ispol'zovaniem priborov, primenyaemykh dlya otsenki svoystv testa [Analysis of the baking quality of grain and rye flour using devices used to evaluate the properties of the dough. Bread products]. *Khleboпродукты [Bread Products]*, (6), 34–35.
- Nedil'ko, L. A. (2018). Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya pri vnedrenii menedzhmenta na printsipakh KhFSSP [Economic efficiency of agricultural land use in the implementation of management based on the principles of HFSSP]. *Khleboпродукты [Bread Products]*, (2), 43–45.
- Panfilov, V. A. (2007). *Teoriya tekhnologicheskogo potoka [Technology Flow Theory]*. Moscow: Kolos.
- Pankratov, G. N. (2015). Granulometricheskii sostav produktov razmola [Granulometric composition of grinding products]. *Khleboпродукты [Bread Products]*, (5), 46–49.
- Polandova, R. D., Dremucheva, G. F., Karchevskaya, O. E., & Lukach E. N. (2010). *Tekhnologicheskie rekomendatsii po uluchsheniyu kachestva khlebobulochnykh izdelii iz muki s ponizhennymi khlebopekarnymi svoystvami [Technological recommendations for improving the quality of bakery products made of flour with reduced baking properties]*. Moscow: Vtoraya tipografiya.
- Polandova, R. D., Kuznetsova, L. I., & Shlelenko, L. A. (2008). *Sbornik sovremennykh tekhnologii khlebobulochnykh izdelii [Collection of modern technologies of bakery products]*. Moscow: GNU GosNII khlebopekarnoi promyshlennosti.
- Puchkova, L. I., Polandova, R. D., & Matveeva, I. V. (2005). *Tekhnologiya khleba, konditerskikh i makaronnykh izdelii [Technology of bread, confectionery and pasta]*. S-Petersburg: GIOR.
- Shkvarkina, T. I., Chizhova K. N., & Lukach E. N. (1968). *Vliyanie povyshennoi kislotnosti muki na ee khlebopekarnye svoystva [The effect of increased acidity of flour on its baking properties]*. Moscow: TsITIPishcheprom.
- Urlapova, I. B. (2004). *Vliyanie granulometricheskogo sostava na kachestvo pshenichnoi khlebopekarnoi muki [Influence of granulometric composition on the quality of wheat baking flour]* [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Russia.
- Baldwin, P. M. (2001). Starch granule-associated proteins and polypeptides: A review. *Staarke*, 53(10), 475–503. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200110\)53:10<475::AID-STAR475>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200110)53:10<475::AID-STAR475>3.0.CO;2-E)
- Strubbe, B., Veeke, K., Орлов, А. Е., & Петриченко, В. В. (2019). Секреты европейских мукомолов. Хлебопродукты, (10), 41–43.
- Cauvain, S. P. (2012). *Breadmaking: Improving quality*. Woodhead publishing.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2007). *Technology of Breadmaking*. Springer Business & Multimedia.
- Goesaert, H., Leman, P., & Delcour, J. A. (2008) Model approach to starch functionality in bread making. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6423–6431. <https://doi.org/10.1021/jf800521x>
- Hosney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology*. St. Paul Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Huber, H. (1980). Mehlqualitatsschwankungen sind tin losbares Problem. *Deutsche Muller — Zeitung*, (6), 81–84.
- Rozs, T. A. (1976). *Rye milling*. In *Rye: Production, Chemistry, and Technology*. St. Paul, MN.