

## ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ МУКИ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА НА ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Н.В. Науменко<sup>1</sup>, А.В. Паймулина<sup>1</sup>, М.Т. Велямов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

<sup>2</sup> Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Республика Казахстан

В статье рассматривается возможность применения цельнозерновой муки для производства хлебобулочных изделий, полученной из пророщенного зерна пшеницы мягких сортов Уральского региона с целью обогащения их пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами. При этом использование цельнозерновой муки из пророщенного зерна зачастую связано с риском получения хлебобулочных изделий заниженного объема с липким мякишем и непривлекательным внешним видом. Поэтому исследование направлено на получение изделий, полученных с использованием цельнозерновой муки, по качеству не только не уступающих по потребительским характеристикам контрольным образцам, но и превосходящих их. Целью работы являлось исследование свойств цельнозерновой муки, полученной из пророщенного зерна пшеницы и ее влияние на качество готовых хлебобулочных изделий. Зерна пшеницы проращивали путем контролируемого проращивания, в качестве интенсификации процесса использовали обработку зерна на акустическом источнике упругих колебаний при частоте  $(22 \pm 1,65)$  кГц и мощности 340 Вт (прибор «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ), продолжительность воздействия 5 мин. Проращивание проводили с использованием питьевой воды. Были исследованы размеры частиц муки и их влияние на качество готовых изделий. Отмечено, что образец цельнозерновой муки из мягкой пророщенной пшеницы, предварительно обработанной УЗВ, отличался умеренной разнородностью размеров частиц. Незначительную часть всей муки около 4,5 % составляли частицы размером менее 15,56 мкм; 4 % массы муки состояло из частиц размером от 18,5 до 31,1 мкм; 28 % муки было из частиц размером более 37–248 мкм; и большую часть муки (64 %) представляли крупные фрагменты размером до 995,9 мкм. Данный фракционный состав свидетельствовал о том, что мелкие частицы муки способны участвовать в процессе тестоприготовления, простые сахара (полученные в результате осахаривания крахмала при проращивании зерна) интенсифицировать жизнедеятельность дрожжевых клеток, а наличие крупных фракций позволяет корректировать реологические свойства теста путем умеренного действия фермента  $\alpha$ -амилазы и получать изделия хорошего качества.

**Ключевые слова:** хлеб, проращивание зерна, зерновой хлеб, обогащение хлеба.

В цельнозерновой пшеничной муке из пророщенного зерна все анатомические компоненты зерна, такие как эндосперм, зародыш и оболочечные слои, присутствуют в тех же пропорциях, что и в зерне. Такая мука содержит значительно больше пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, по сравнению с сортовыми видами муки. Соответственно, она считается отличным источником питательных и функциональных ингредиентов для здоровья человека со многими сопутствующими преимуществами, включая снижение риска заболеваний таких болезней, как диабет, сердечно-сосудистые заболевания, ожирение и рак [12, 13].

Независимо от полезных свойств для здоровья человека, мука, полученная из проро-

щенного зерна пшеницы, может вызвать структурные и сенсорные изменения в готовом изделии, что приведет к снижению его восприятия потребителем.

В результате возникают трудности при производстве пищевых продуктов с использованием пророщенного зерна пшеницы, которые поддерживают желаемую функциональность и качество, эквивалентное продуктам из сортовой муки. В дополнение к качественным характеристикам конечного изделия, использование муки из пророщенного зерна приводит к изменению свойств теста и параметров его обработки.

Целью данной работы являлось определение влияния размеров частиц цельнозерновой муки из пророщенного зерна на ее техно-

логические свойства и качество готовых изделий.

#### Объекты и методы исследований

В качестве первичных объектов исследования была выбрана цельнозерновая мука, полученная из пророщенного зерна мягкой пшеницы сорта Эритроспермум 59. Проращивание осуществлялось в контролируемых условиях (отслеживали время замачивания и проращивания зерна, его влажность и степень набухания). Длительность процесса составляла 16–24 часа. Температура воды составляла 20–22 °С. Затем зерна пшеницы высушивались до влажности 12–14 %, измельчались на мельнице Grabender Break Mill SM3 и в виде цельнозерновой муки вводились в качестве зерновой добавки в исследуемые образцы хлеба.

Также были определены образцы муки, которые были получены по аналогичной схеме, но с предварительной интенсификацией процесса проращивания. Для интенсификации данного процесса зерно пшеницы предварительно обрабатывали на акустическом источнике упругих колебаний при частоте (22 ± 1,65) кГц и мощности 340 Вт, продолжительность воздействия 5 мин. В качестве источника ультразвукового воздействия (УЗВ) был использован акустический источник упругих колебаний ультразвуком – прибор «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ [1, 2, 4–8].

В качестве контролируемых параметров были определены:

- размер частиц и число падения муки, полученной из пророщенного зерна пшеницы;
- качество пробной лабораторной выпечки формового хлеба, полученного с внесением добавки из пророщенного зерна.

Для производства исследуемых образцов хлеба использовалось следующее основное сырьё:

- пшеничная мука 1 сорта производства ООО «Объединение «Союзпищепром», г. Челябинск, Россия;
- цельнозерновая пшеничная мука, полученная из пророщенного зерна пшеницы сорта Эритроспермум 59 (традиционное проращивание и проращивание с использованием процесса интенсификации), используемая при получении модельных образцов хлеба и вносимая путем частичной замены муки 1 сорта в количестве 40 % от общей массы муки.

В качестве контроля использовали образцы муки и хлеба без добавления пророщенной зерновой массы.

Размер частиц определяли путем применения метода лазерного динамического светорассеяния (Microtrac S3500).

Число падения (цельнозерновой муки и муки 1 сорта) и число разжижения (для смеси муки) определяли методом Хагберга-Пертена согласно ГОСТ ISO 3093-2016 на приборе Falling Number FN 1500.

Для изготовления образцов хлебобулочных изделий за основу была взята рецептура хлеба из пшеничной муки 1 сорта.

Все исследуемые образцы готовились безопасным способом. Пробную лабораторную выпечку проводили согласно ГОСТ 27669-88. Готовые образцы хлеба хранили при температуре (18 ± 3) °С в условиях лаборатории. Пробная лабораторная выпечка хлеба массой 500 г проводилась при температуре 200 °С.

Формовой хлеб: органолептические показатели качества оценивали с использованием 20-балловой шкалы; удельный объем – по методике Л.И. Пучковой (1982); структурные изменения мякиша определяли на приборе Структурометр СТ-2.

#### Результаты и их обсуждение

Размер частиц муки является важным фактором, влияющим на качество продукта и ее функциональность [11]. Большинство исследований было посвящено определению размера частиц цельнозерновой муки, после дополнительных операций измельчения и просеивания. Авторы [14] установили, что уменьшение размера частиц муки, полученной из пророщенного зерна, несколько повысило объем хлеба [17]. Они указывают о большем отрицательном влиянии уменьшения частиц муки из пророщенного зерна на качество готовых изделий. Исследователи [15] также установили уменьшение объема хлеба и более высокую степень ретроградации крахмала при хранении хлеба, изготовленного из цельнозерновой муки. Хемдейн [10], исследуя негативные эффекты муки, полученной из пророщенного зерна, отмечал, что удельный объем хлеба значительно уменьшился при добавлении более мелких фракций.

До сих пор существует большое количество диаметрально противоположенных мнений о применении муки, полученной путем измельчения цельного пророщенного зерна пшеницы с различными размерами частиц, и его влиянии на свойства теста и качество хлеба.

Обобщенные результаты распределения частиц муки по размерам представлены на рис. 1.

Мука первого сорта мягкой пшеницы отличается достаточно равномерным размером частиц. Средний размер частиц составляет  $(103,2 \pm 2,3)$  мкм (57,8 %) и  $(30,12 \pm 2,7)$  мкм (42,2 %). Это свидетельствует об однородности состава, наличии достаточного количества белка и хороших хлебопекарных свойствах.

Образцы цельнозерновой муки из мягкой пророщенной пшеницы отличаются достаточно высокой разнородностью размеров частиц. Небольшая часть ( $10,6 \pm 0,6$  %) приходится на частицы размером 3,27–31,1 мкм,  $(42,3 \pm 0,4)$  % составляют частицы размером от 37 до 248 мкм, почти 40 % всего количества частиц имеет размер 296–592 мкм и  $(10,8 \pm 0,6)$  % – это частицы крупного размера (от 704 до 995,9 мкм). Данный фракционный состав муки имеет большое количество частиц среднего размера, это крупные и средние зерна крахмала, неразделённые частицы белка и крахмала, мелкие фрагменты клеток зародыша и оболочечных слоев. Наличие большого количества частиц данного размера может негативно сказаться на структуре мякиша хлеба и его удельном объеме, так как повышенное действие фермента  $\alpha$ -амилазы (в результате проращивания зерна) будет проявляться в полном объеме.

Полученные экспериментальные образцы цельнозерновой муки из мягкой пророщенной пшеницы, обработанной УЗВ, отличаются меньшей разнородностью размеров частиц. Незначительную часть всей муки ( $4,51 \pm 0,6$  %) составляют частицы размером менее 15,56 мкм. Это могут быть мелкие зерна крахмала, частицы белковой подложки и кусочки клеток эндосперма, неразделенные на крахмал и белок.  $(4,18 \pm 0,7)$  % массы муки состоит из частиц размером от 18,5 до 31,1 мкм, можно предположить, что это средние и крупные зернами крахмала.  $(27,5 \pm 0,9)$  % муки состоит из частиц размерами более 37–248 мкм. Авторы [9] описывают, что в эту фракцию входят крупные зерна крахмала, освободившиеся от белковой подложки. Большую часть муки ( $63,7 \pm 0,6$  %) представляют крупные фрагменты, возможно, это отдельные клетки эндосперма и неразрушенные скопления клеток и оболочечных частей, раз-

меры которых доходят до 995,9 мкм. Полученные данные требуют подтверждения при проведении более глубоких дальнейших исследований.

Данный фракционный состав свидетельствует о том, что мелкие частицы муки способны участвовать в процессе тестоприготовления, простые сахара (полученные в результате осахаривания крахмала при проращивании зерна) интенсифицировать жизнедеятельность дрожжевых клеток, а наличие крупных фракций позволяет корректировать реологические свойства теста путем умеренного действия фермента  $\alpha$ -амилазы и получать изделия хорошего качества [9, 13].

Ферментативная активность муки сильно увеличивается в процессе проращивания, что влияет на число падения муки и удельный объем готовых изделий. Также это влияет на длительность процесса тестоприготовления и сохраняемость хлеба. При этом амилалитические ферменты, образующиеся в процессе проращивания, расщепляют крахмал и сахарозу на моно- и дисахариды [13]. В дрожжевом тесте это может повысить активность дрожжей и ускорить брожение теста. Иногда возможно уменьшение времени брожения или снижение температуры процесса тестоприготовления, что может привести к достижению того же удельного объема изделий, что и из сортовой муки без добавления проросших ингредиентов. Исследователи отмечают, что из-за увеличенного простых сахаров во время прорастания зерна, возможно снижение вносимого сахара-песка, согласно рецептуре хлебобулочных изделий. Также отмечается наиболее выраженное потемнение мякиша и корки изделий, в результате более интенсивного протекания реакции Майяра [9]. Результаты определения числа падения цельнозерновой муки, полученной из проросшего пшеницы, представлены на рис. 2.

У образцов цельнозерновой муки, полученной из пророщенного зерна пшеницы, наблюдаются заниженные значения, это может быть обусловлено двумя факторами: повышенная активность  $\alpha$ -амилазы и наличие крупных частиц муки, которые в ходе проведения измерений не успевают набухать и как следствие, результаты определения имеют заниженные значения.

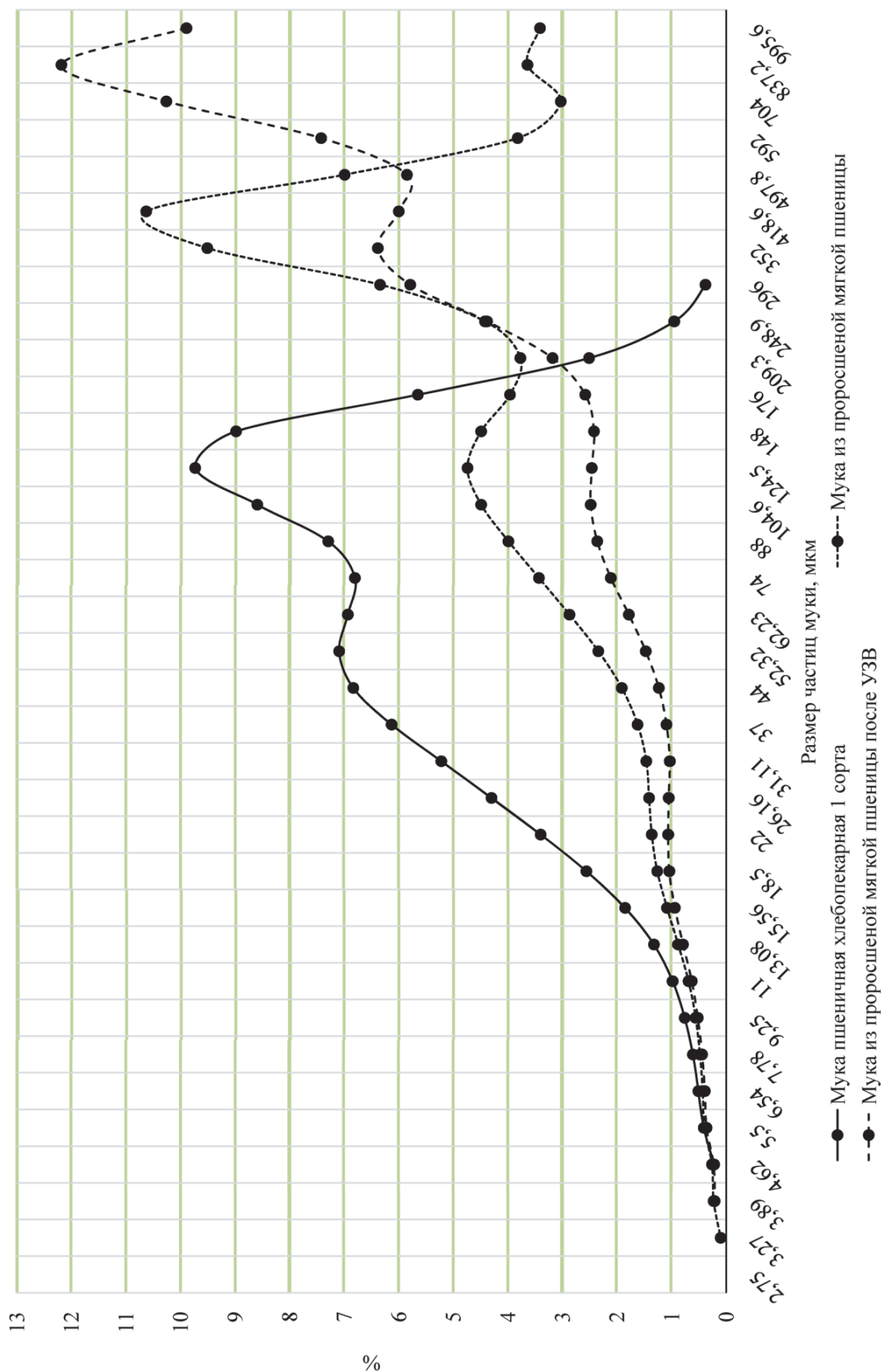


Рис. 1. Распределение частиц в образцах муки по размерам

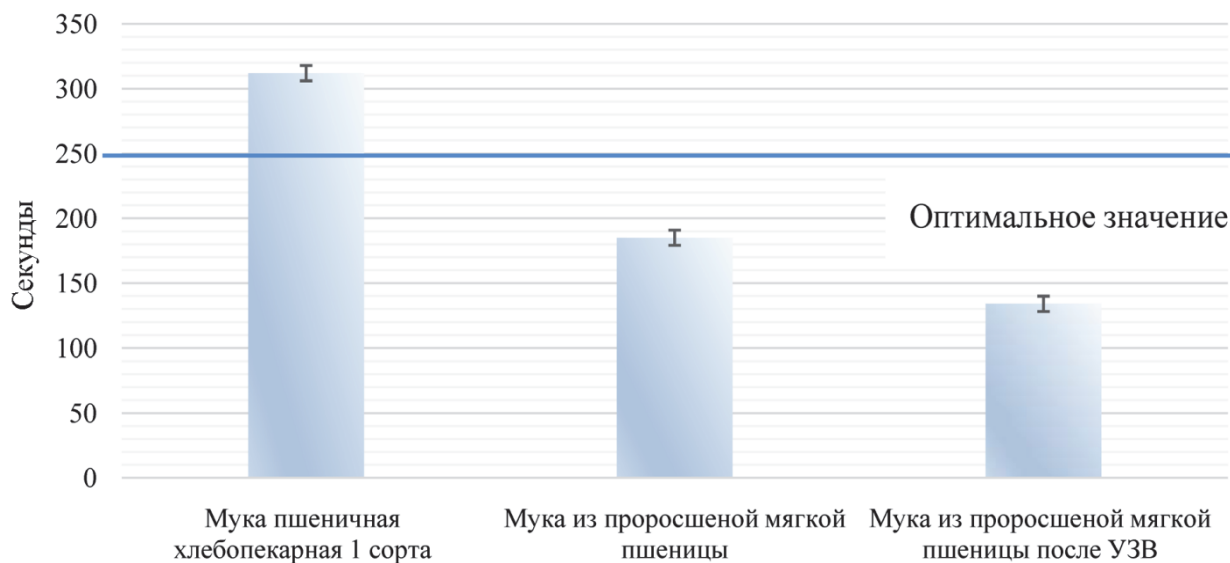


Рис. 2. Результаты определения числа падения исследуемых образцов

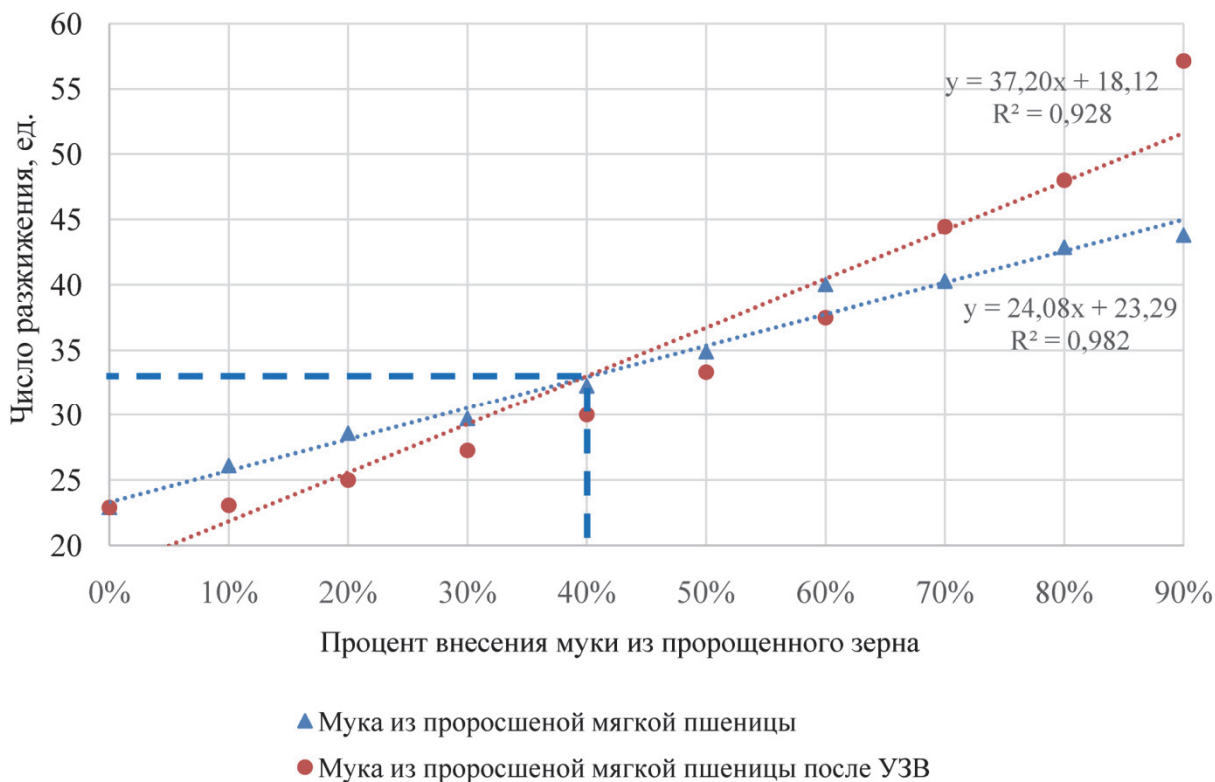


Рис. 3. Результаты определения числа разжижения составленных смесей из муки 1 сорта и цельнозерновой муки из пророщенного зерна

На практике недостаточно проводить измерения только числа падения для регулирования качества хлеба из пшеничной муки. Необходимо также располагать сведениями, при каком уровне числа падения из зерна может быть получен хлеб хорошего качества и можно ли, ориентируясь на число падения, составлять партии, обеспечивающие выработку

качественных изделий [9]. Опыты показали, что величина числа падения не поддается закону аддитивности, т. е. из величин этого числа двух партий зерна нельзя рассчитать величину числа падения смеси [3].

Для практического использования метода числа падения при регулировании качества вырабатываемой пшеничной муки необходи-

мо решить еще один вопрос. Необходимо еще располагать данными о том, при каком уровне величины числа падения из зерна может быть получен хлеб нормального качества и можно ли, ориентируясь на число падения, составлять партии, обеспечивающие выработку качественной муки.

Величина числа разжижения подчиняется закону аддитивности. Зная ее, можно построить прямую, которая покажет, каким образом можно получить смесь заданного качества, обеспечивающую выработку качественного хлеба. На основании экспериментальных данных возможно установить применимость числа разжижения для составления смесей пшеничной муки, характеризующихся разной величиной числа падения. Результаты определения числа разжижения представлены на рис. 3.

Исходя из полученных данных, оптимальное количество вносимой добавки цельнозерновой муки из пророщенного зерна составляет 40 %. Полученные результаты органолептической оценки образцов хлеба свидетельствуют о том, что качество полученных изделий значительно варьировалось.

У образцов, полученных с добавлением измельченной цельнозерновой муки из зерна пшеницы (без УЗВ), были отмечены явно выраженные подрывы корки, неравномерный мякиш с наличием пустот. Тогда как образцы, полученные с добавлением цельнозерновой

муки из зерна пшеницы после УЗВ, практически не уступали по своим органолептическим характеристикам контрольному образцу, а по некоторым и превосходили (рис. 4).

Так, у образца, полученного с заменой 40 % муки из пророщенного зерна (без УЗВ) была понижена эластичность мякиша и неравномерная пористость, пониженный удельный объем и невыпуклая корка. Наиболее развитая и равномерная пористость наблюдалась у образца, полученного заменой 40 % муки из пророщенного зерна УЗВ, также отмечались отдельные ощущаемые частицы зерна, не ухудшающие разжевываемость изделий (рис. 5).

Реологические характеристики свидетельствуют о том, что замена цельнозерновой мукой из пророщенного зерна УЗВ, повышает значения упругой деформации, мякиш получается наиболее эластичным и равномерным (см. таблицу, рис. 6).

Внесение цельнозерновой муки из зерна, не обработанного УЗВ, привело к снижению эластичности изделий, неразвитой пористости и липкому мякишу. Это обусловлено размерами частиц данной муки (почти 43 % частиц размером от 37 до 248 мкм, почти 40 % имеет размер 296–592 мкм), повышенной активности  $\alpha$ -амилазы и большого количества декстринов и осажаренного крахмала.

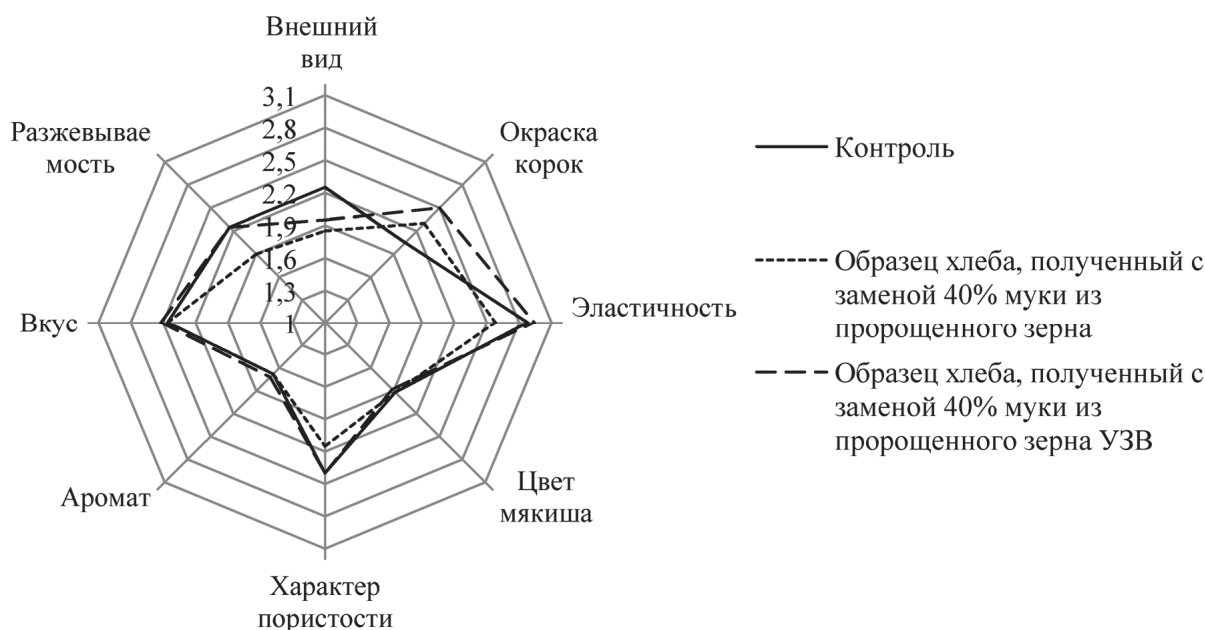


Рис. 4. Профиллограмма органолептических свойств хлеба контрольных и модельных образцов хлеба, баллы

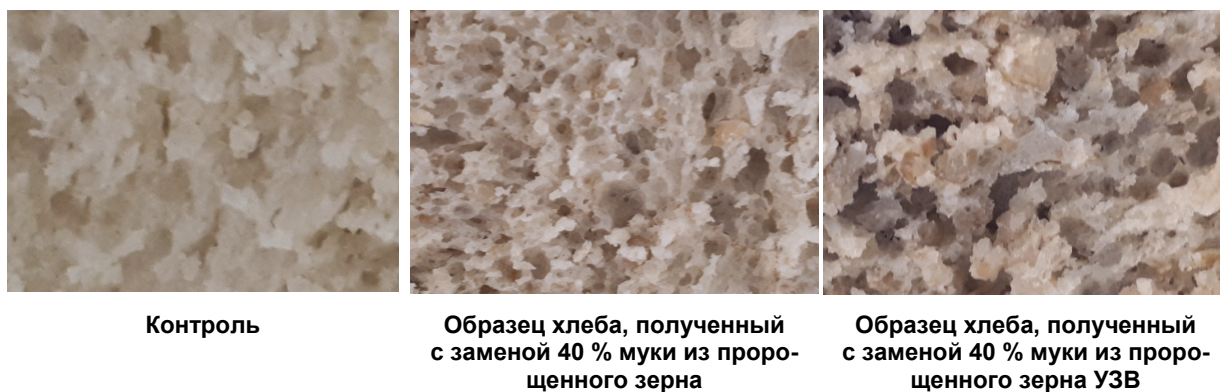


Рис. 5. Внешний вид мякиша хлеба контрольных и модельных образцов

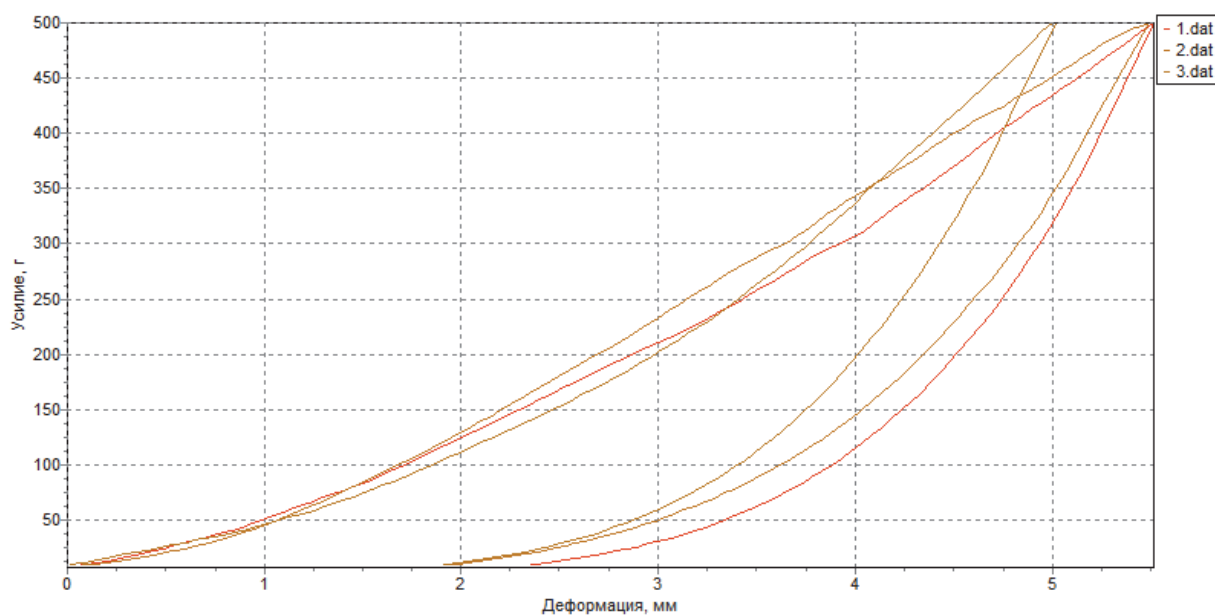


Рис. 6. Характерный вид кривых определения реологических характеристик мякиша контрольных и модельных образцов хлеба

### Динамика изменения упругости контрольных и модельных образцов хлеба

Наименование образца	Общая деформация, мм	Пластичная деформация, мм	Упругая деформация, мм
Контроль	5,491 ± 0,03	1,793 ± 0,04	3,698 ± 0,03
Образец хлеба, полученный с заменой 40 % муки из пророщенного зерна	5,016 ± 0,02	1,778 ± 0,03	3,238 ± 0,04
Образец хлеба, полученный с заменой 40 % муки из пророщенного зерна УЗВ	5,515 ± 0,01	2,200 ± 0,02	3,315 ± 0,04

На основании полученных результатов можно сказать, что использование цельнозерновой муки из пророщенного зерна пшеницы является перспективным способом повышения его качества и потребительских достоинств. Для этого необходимо проводить контролируемое проращивание зерна, использовать способы его интенсификации и контро-

лировать технологические параметры. Внесение в рецептуру цельнозерновой муки из пророщенного зерна пшеницы (40 % путем замены основного сырья) требует минимальных изменений в рецептуре и технологии, при этом позволяет получить изделия с высокими потребительскими характеристиками. Также необходимо отметить, что наличие крупных

частиц в цельнозерновой муке (704–995,9 мкм) позволяет получить умеренную амилитическую активность муки, повысить удельный объем готовых изделий и нелипкий, эластичный мякиш с равномерно развитой пористостью.

#### Литература

1. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я. Ауэрман; под общей ред. Л.И. Пучковой: учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 316 с.
2. Гончаров, Ю.В. Совершенствование технологии хлеба из пророщенного зерна пшеницы / Ю.В. Гончаров, С.Я. Корячкина, Е.А. Кузнецова // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современные аспекты и проблемы рациональной экономики». Кн. 4; под ред. Н.И. Лыгиной. – Орёл: ГИЭТ, 2005. – С. 61–63.
3. ГОСТ ISO 3093-2016 Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга-Пертена.
4. Казённая, Н.К. Изменение химического состава зерновых продуктов при проращивании / Н.К. Казённая, Д.В. Шнейдер, И.В. Казённый // Хлебопродукты. – 2013. – № 10. – С. 55–57.
5. Калинина, И.В. Применение эффектов ультразвукового кавитационного воздействия как фактора интенсификации извлечения функциональных ингредиентов / И.В. Калинина, Р.И. Фаткуллин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 64–70. DOI: 10.14529/food160108
6. Кузьмина, С.С. Совершенствование технологии зернового хлеба и его товароведная оценка: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.С. Кузьмина. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006.
7. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко. – М.: Изд-во «ГИОРД», 2013. – С. 98–102.
8. Хмелев, В.Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: монография / В.Н. Хмелев, О.В. Попова. – Барнаул: Изд. АлтГТУ, 1997. – С. 112–126.
9. Bressiani J. Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size / J. Bressiani, T. Oro, G. S.Santetti, J. L. Almeida, T. E.Bertolin, M. Gómez, L. C.Gutkoski // Journal of Cereal Science Volume 75, May 2017, Pages 269–277. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.05.001
10. Hemdane, S. Wheat milling by-products and their impact on bread making / S. Hemdane, S. Leys, P.J. Jacobs, E. Dornez, J.A. Delcour, C.M.Courtin // Food Chem., 187 (2015), pp. 280–289. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.048
11. Kihlberg, I. Sensory qualities of whole wheat a bread e influence of farming system, milling, and baking technique / I. Kihlberg, L. Johansson, A. Kohler, E. Risvik // J. Cereal Sci. – 2004. – V. 39. – P. 67–84. DOI: 10.1016/S0733-5210(03)00067-5
12. Kruger, J.E. Comparison of alpha-amylase and simple sugar levels in sound and germinated durum wheat during pasta processing and spaghetti cooking / J.E. Kruger, R.R. Matsuo // Cereal Chem. – 1982. – V. 59. – P. 26–31.
13. Cai, L. Influence of bran particle size on bread-baking quality of whole grain wheat flour and starch retrogradation / L. Cai, I. Choi, J.-N. Hyun, Y.-K. Jeong, B.-K. Baik // Cereal Chem. – 2014. – V. 91. – P. 65–71. DOI: 10.1094/CCHEM-02-13-0026-R
14. Lai C.S. Effects of wheat bran in breadmaking / C.S. Lai, R.C. Hosenev, A.B. Davis // Cereal Chemistry. – 1989. – V. 66. – P. 217–219.
15. Liu, R.H. Whole grain phytochemicals and health / R.H. Liu // J. Cereal Sci. – 2007. – V. 46. – P. 207–219. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.010
16. Moder, G.J. Bread-making potential of straight-grade and whole-wheat flours of Triumph and Eagle-plainsman V hard red winter wheats / G.J. Moder, K.F. Finney, B.L. Bruinsma, J.G. Ponte, L.C. Bolte // Cereal Chem. – 1984. – V. 61. – P. 269–273.
17. Noort, M.W.J. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality e evidence for fibre-protein interactions / M.W.J. Noort, D.V. Haaster, Y. Hemery, H.A. Schols, R.J. Hamer // J. Cereal Sci. – 2010. – V. 52. – P. 59–54. DOI: 10.1016/j.jcs.2010.03.003



**Науменко Наталья Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), Naumenko\_natalya@mail.ru

**Паймулина Анастасия Валерияновна**, аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), aaaminaaa@mail.ru

**Велямов Масимжан Турсунович**, заслуженный деятель науки и образования, доктор биологических наук «Биотехнология», профессор, академик Академии сельскохозяйственных наук Казахстана; академик Национальной академии продовольственной безопасности Российской Федерации; заведующий лабораторией «Биотехнология, качества и пищевой безопасности», Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности (Республика Казахстан, г. Алматы), vmasim58@mail.ru.

*Поступила в редакцию 11 января 2019 г.*

---

DOI: 10.14529/food190105

## **PARTICLES SIZE OF FLOUR, MADE FROM SPROUTED GRAIN, AND THEIR IMPACT ON FLOUR'S TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY OF THE FINISHED PRODUCTS**

**N.V. Naumenko<sup>1</sup>, A.V. Paymulina<sup>1</sup>, M.T. Velyamov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Republic of Kazakhstan

The article considers the possibility to produce bakery products from the whole meal flour obtained from the sprouted grain of soft wheat of the Ural region in order to enrich them with dietary fiber, vitamins, and minerals. At the same time, the use of whole meal flour made from the sprouted grain is often associated with the risk of obtaining low-volume bakery products with a sticky crumb and an unattractive appearance. Therefore, the study is aimed at obtaining products from the whole meal flour, which is not inferior to the control samples consumer-oriented characteristics in quality but also superior to them. Study of the properties of whole meal flour obtained from the sprouted grain of wheat as well as its influence on the quality of the finished bakery products make the aim of the research. Wheat grains were sprouted by the controlled sprouting method. Processing of grain during five minutes by an acoustic source of elastic oscillations at a frequency of  $(22 \pm 1.65)$  kHz and power of 340 W (Volna device, model UZTA-0.4/22-OM) was used to intensify the process. Sprouting was performed using drinking water. There were investigated the flour particles size and their impact on the quality of finished products. It was noted that a sample of whole meal flour from the sprouted grain of soft wheat, previously treated by ultrasonic waves, was characterized by moderate particles size heterogeneity. Particles less than 15.56 microns in size made up about 4.5%, an insignificant part of the flour; 4% of the flour mass consisted of particles ranging in size from 18.5 to 31.1 microns; particles larger than 37-248 microns made up 28% of flour; and large fragments up to 995.9 microns in size made up most of the flour (64%). This fractional composition testified that fine flour particles are able to participate in the dough preparation process, simple sugars (obtained as a result of starch conversion during grain sprouting) intensify the vital activity of yeast cells, and the presence of large fractions allows correcting the rheological properties of dough by moderate influence of  $\alpha$ -amylase enzyme and get products of good quality.

**Keywords:** bread, grain sprouting, grain, bread enrichment.

### References

1. Auerman L.Ya. *Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva* [Technology of Bakery Production]. 9th ed. St. Petersburg, Professiya Publ., 2003. 316 p.
2. Goncharov Yu.V., Koryachkina S.Ya., Kuznetsova E.A. Sovershenstvovanie tekhnologii khleba iz prorosshego zerna pshenitsy [Improving the Technology of Bread from Sprouted Wheat Grain]. *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye aspekty i problemy ratsional'noy ekonomiki»* [Proceedings of the International Scientific Practical Conference “Modern Aspects and Problems of a Rational Economy”]. Book 4. Orel, 2005, pp. 61–63.
3. *GOST ISO 3093-2016 Zerno i produkty ego pererabotki. Opredelenie chisla padeniya metodom Khagberga-Pertena* [St. Standard ISO 3093-2016 Grain Crops and Products of Their Processing. Determination of the falling Number According to Hagberg-Perten].
4. Kazennova N.K., Shneyder D.V., Kazennov I.V. [Changes in the Chemical Composition of Grain Products During Sprouting]. *Khleboprodukty* [Kheleproducty], 2013, no. 10, pp. 55–57. (in Russ.)
5. Kalinina I.V., Fatkullin R.I. Implementation of Effects of Ultrasonic Cavitation Influence as a Factor of Intensification of Extraction of Functional Elements. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 64–70. (in Russ.) DOI: 10.14529/food160108
6. Kuz'mina S.S. *Sovershenstvovanie tekhnologii zernovogo khleba i ego tovarovednaya otsenka* [Improvement of Technology of Grain and its Commodity Assessment: Author's Abstract of the Thesis of a Candidate of Sciences (Engineering)]. Kemerovo, 2006.
7. Shestakov S.D., Krasulya O.N., Bogush V.I., Potoroko I.Yu. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya obrabotki pishchevykh sred s ispol'zovaniem kavitatsionnoy dezintegratsii* [Technology and Equipment for Processing Food Environments Using Cavitation Disintegration]. Moscow, 2013, pp. 98–102.
8. Khmelev V.N., Popova O.V. *Mnogofunktsional'nye ul'trazvukovye apparaty i ikh primeneniye v usloviyakh malykh proizvodstv, sel'skom i domashnem khozyaystve* [Multifunctional Ultrasonic Devices and Their Application in the Conditions of Low Volume Productions, Agriculture and Household]. Barnaul, 1997, pp. 112–126.
9. Bressiani J., Oro T., Santetti G.S., Almeida J.L., Bertolin T.E., Gómez M., Gutkoski L.C. Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. *Journal of Cereal Science*, May 2017, vol. 75, pp. 269–277. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.05.001
10. Hemdane S., Leys S., Jacobs P.J., Dornez E., Delcour J.A., Courtin C.M. Wheat milling by-products and their impact on bread making. *Food Chem.*, 2015, vol. 187, pp. 280–289. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.048
11. Kihlberg I., Johansson L., Kohler A., Risvik E. Sensory qualities of whole wheat a bread e influence of farming system, milling, and baking technique. *J. Cereal Sci.*, 2004, vol. 39, pp. 67–84. DOI: 10.1016/S0733-5210(03)00067-5
12. Kruger J.E., Matsuo R.R. Comparison of alpha-amylase and simple sugar levels in sound and germinated durum wheat during pasta processing and spaghetti cooking. *Cereal Chem.*, 1982, vol. 59 (1), pp. 26–31.
13. Cai L., Choi I., Hyun J.-N., Jeong Y.-K., Baik B.-K. Influence of bran particle size on bread-baking quality of whole grain wheat flour and starch retrogradation. *Cereal Chem.*, 2014, vol. 91, pp. 65–71. DOI: 10.1094/CCHEM-02-13-0026-R
14. Lai C.S., Hoseney R.C., Davis A.B. Effects of wheat bran in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 1989, vol. 66, pp. 217–219.
15. Liu R.H. Whole grain phytochemicals and health. *J. Cereal Sci.*, 2007, vol. 46, pp. 207–219. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.010
16. Moder G.J., Finney K.F., Bruinsma B.L., Ponte J.G., Bolte L.C. Bread-making potential of straight-grade and whole-wheat flours of Triumph and Eagle-plainsman V hard red winter wheats. *Cereal Chem.*, 1984, vol. 61, pp. 269–273.
17. Noort M.W.J., Haaster D.V., Hemery Y., Schols H.A., Hamer R.J. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality e evidence for fibre-protein interactions. *J. Cereal Sci.*, 2010, vol. 52, pp. 59–54. DOI: 10.1016/j.jcs.2010.03.003

**Natalia V. Naumenko**, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University (Chelyabinsk), Naumenko\_natalya@mail.ru

**Anastasia V. Paymulina**, Postgraduate Student of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University (Chelyabinsk), aaminaaa@mail.ru

**Masimzhan T. Velyamov**, Honoured Scientists and Education Professional, Doctor of Sciences (Biotechnology), Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan; Academician of the National Academy of Food Security of the Russian Federation; Head of the Laboratory of Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Republic of Kazakhstan, Almaty), vmasim58@mail.ru.

*Received January 11, 2019*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Науменко, Н.В. Влияние размеров частиц муки из пророщенного зерна на ее технологические свойства и качество готовых изделий / Н.В. Науменко, А.В. Паймулина, М.Т. Велямов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 40–50. DOI: 10.14529/food190105

### FOR CITATION

Naumenko N.V., Paymulina A.V., Velyamov M.T. Particles Size of Flour, Made from Sprouted Grain, and their Impact on Flour's Technological Properties and Quality of the Finished Products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 40–50. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190105