

отклика с помощью их двухмерных сечений показывают, что показатель качества клейковины по прибору ИДК-1 достигает оптимальных значений для использования муки в хлебопекарном производстве (рис.). В результате расслабления после обработки в поле СВЧ показатель качества сырой клейковины достигает значений свыше 55 условных единиц по показаниям прибора ИДК-1, что позволяет отнести пшеничную муку к I группе качества [7]. Определены оптимальные значения независимых факторов при СВЧ-обработке пшеничной муки: время воздействия  $\tau = 30 \div 45$  с, удельная тепловая мощность СВЧ-энергоподвода  $P_{уд} = 0,12 \div 0,228$  кВт/м<sup>3</sup>, толщина слоя муки  $h = 25 \div 40$  мм.

При этих режимных параметрах обработки качество клейковины принимает следующие параметры: по прибору ИДК-1 она соответствует I группе качества, по растяжимости – средней, при этом увеличивается содержание белка на 0,4-1%, а клейковины – на 4-11%, показатель белизны уменьшается незначительно – на 1-2,5%, влажность муки снижается по сравнению с контрольным образцом на 2-9%.

#### Выводы

1. Разработана установка для обработки пшеничной муки, полученной из суховейного зерна в поле сверхвысокой частоты для стабилизации количественных и качественных физико-химических показателей.

2. Теоретическими и экспериментальными исследованиями были установлены режимные параметры, от которых зависит критерий оптимизации (показатель качества сырой клейковины по прибору ИДК-1): время воздействия, удельная тепловая мощность СВЧ-энергоподвода, толщина слоя муки.

3. Найденны оптимальные значения режимных параметров СВЧ-установки, позволяющие целенаправленно улучшить показатель качества сырой клейковины, переводя его в I группу качества (55-65 единиц по прибору ИДК-1).

4. Эксплуатация СВЧ-установки позволяет получать стабильные физико-химические показатели качества пшеничной муки, полученной из суховейного зерна, и открывает новые перспективы использования СВЧ энергии на предприятиях по переработке зерна.

#### Библиографический список

1. Цыганова Т.Б. Технология хлебопекарного производства: учебник для начального профессионального образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 432 с.
2. Рогов И.А., Некрутман С.В., Лысов Г.В. Техника сверхвысокочастотного нагрева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 198 с.
3. ГОСТ Р 52189–2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. Введ. 29.12.2003. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
4. ГОСТ Р 52462–2005. Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия. Введ. 29.12.2005. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 19 с.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
6. Грачёв Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.
7. ГОСТ 27839–88. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. Взамен ГОСТ 9404-60 (пп. 52-54). Введ. 28.09.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 10 с.



УДК 637.65.096.571

Н.В. Аникеева

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

**Ключевые слова:** аминокислотный скор, ферментный препарат, нут, белковый изолят, растительные белки.

#### Введение

Хлебобулочные изделия являются наиболее распространенным, дешевым и доступным пищевым продуктом, потреб-

ляемым ежедневно всеми группами населения России. Статистические данные 2006-2010 гг. показали увеличение объемов потребления хлеба в сутки на уровне 1993 г. Одновременно значительно изменилась структура вырабатываемого ассортимента в сторону увеличения доли хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта (с 1,4 до 28,5% от общего количества продукции) и снижения доли хлеба из пшеничной и ржаной муки низких сортов. В результате уменьшилось поступление незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных веществ и т.д. Это подтверждается статистическими данными, из которых следует, что количество растительных белков и витаминов группы В, получаемых с хлебом, снизилось: в 1993 г. белков – на 12,66%, а витаминов – более чем в 2,5-3 раза, в 2009 г. белков – на 19,4%, витаминов – в 4,5 раза по сравнению с 1993 г. Изучение изменения объемов и ассортимента хлебобулочных изделий в период 1993-2010 гг., вырабатываемых предприятиями Волгоградской области, анализ белковой ценности хлеба, потребляемого населением г. Волгограда, выявили аналогичные тенденции (табл.).

Из данных таблицы следует, что удельный вес хлебобулочных изделий, вырабатываемых из низших сортов муки, сокращается, а это значит, что снижается потребление организмом питательных веществ, белков, минеральных веществ за счет хлеба. Кроме того, во многих хлебобулочных изделиях минеральные элементы находятся в неблагоприятных для усвоения организмом человека соотношениях. Так, хлеб пшеничный из муки I сорта содержит в соотношении белок: углеводы – 1:6,5 при рекомендуемом соотношении 1:4, а соотношение Са:Р:Мг составляет 1:5:2 при рекомендуемом соотношении 1:1,5:0,7, а Na:K – 1:0,75 вместо 1:2.

Полученные данные еще раз подчеркивают необходимость направленного регулирования химического состава хлебобулочных изделий с целью получения продукта с более высоким содержанием полноценного белка со сбалансированным соотношением питательных веществ. Одним из путей решения проблемы недостатка белка является использование фундаментального естественнонаучного задела в таких отраслях, как физическая и биохимическая химия, молекулярная биология, генетика и селекция. Результатом явились новые технологии получения пищевого белка из сырья, ранее не используемого и теряющегося в процессе получения продуктов питания, но содержащего полноценный белок.

При традиционных способах производства лишь часть белка в виде растительной продукции потребляется непосредственно в пищу, но большая часть подвергается переработке в пищу непрямыми методами, включающими, по крайней мере, три стадии: растениеводство – животноводство – пищевой продукт, каждая из которых сопровождается значительными потерями.

Перспективность тех или иных источников пищевого белка определяется ресурсными соображениями, например, возобновляемым характером и масштабами производства этого пищевого белка и научно-техническим уровнем, достигнутым в области выделения из данного вида сырья пищевого белка с высокими и варьируемыми функциональными свойствами.

К наиболее перспективным источникам пищевого белка относятся семена масличных, дрожжи и бобовые, а также вторичное сырье пищевой промышленности, образующееся при производстве растительных масел, крахмала, при переработке молока и мяса.

Таблица

*Структура ассортимента хлебобулочных изделий, производимых хлебопекарными предприятиями Волгоградской области*

Сорт хлеба	Выработка по годам (% от общего производства хлебобулочных изделий)				
	1993 г.	1995 г.	2005 г.	2009 г.	2010 г.
Хлеб из ржаной муки и смеси ржано-пшеничной	8,20	14,70	13,30	13,60	14,80
Хлеб из пшеничной муки II сорта	5,60	5,80	6,20	5,40	4,80
Хлеб из пшеничной муки I сорта	19,20	21,20	19,70	19,70	20,80
Хлеб и булочные изделия из пшеничной муки в/с	56,18	57,20	59,74	60,24	58,54
Диетические изделия хлебобулочные	0,82	1,10	1,06	1,06	1,06

Биохимические исследования показали, что семена нута являются дешевым высококачественным белковым сырьем для производства белковых препаратов для пищевой промышленности.

Цель исследований заключалась в разработке нанотехнологии производства белковых препаратов, выработанных из семян нута, и применении их в технологии создания хлебобулочных изделий функционального значения.

#### Объекты и методы исследований

Объектом исследований является технология производства новых функциональных продуктов питания с заданным химическим составом. В ходе экспериментальных исследований использовались современные методы определения фракционного состава белков в семенах бобовых культур. При исследовании влияния нутовой муки на качество выпеченных изделий, сохранность витаминов и пищевой ценности проводили выпечку хлеба в лабораторных и производственных условиях. При проведении исследований хлебобулочных изделий использовали пшеничную муку I сорта, дрожжи прессованные, а также соль и дрожжевую добавку «Фервитал» и ферментный препарат «Рекицен», показатели которых соответствовали требованиям государственных стандартов.

Полуфабрикаты в процессе брожения оценивали по изменению активной и общей титруемой кислотности, динамике накопления диоксида углерода, объема теста. В полуфабрикатах также определяли содержание аминного азота (метод Пока и Стивенса) и общего сахара (метод Бертрана), влажность полуфабрикатов на приборе ВНИИСХП-134. Структурно-механические свойства теста определяли на приборе «Реотест-2». Динамику размножения микроорганизмов в тесте определяли микробиологическим методом с помощью микроскопа марки БИОЛАМ-Р14 и по уровню накопления молочной и уксусной кислот методом титрования.

#### Экспериментальная часть

Сопоставительный анализ химического состава пшеничной и нутовой муки показал существенное их различие в химическом составе. Нутовая мука содержит в 3 раза больше белка, в 4,8 раза – жира, в 18,2 раз – растворимых углеводов, в 2,6 раза – золы и меньше крахмала – в 3 раза, пищевых волокон – в 2,3 раза,

чем пшеничная мука. В связи с этим нутовая мука обладает более низкой калорийностью. Ее энергетическая ценность на 21,2% меньше пшеничной муки. Подробное исследование аминокислотного состава белков, микро- и макроэлементов нутовой муки в сопоставлении с пшеничной позволило получить полную характеристику этого нового белкового препарата, которая показала, что нутовая мука имеет одну лимитирующую аминокислоту метионин+цистин (82% скор), тогда как пшеничная мука имеет две лимитирующие аминокислоты – лизин (45,5% скор) и треонин (75% скор). По скору незаменимых аминокислот нутовая мука превосходит на 10% пшеничную муку.

Результаты исследований показали, что нутовая мука может служить источником аминокислот, витаминов, минеральных веществ, недостающих в пшеничной муке I сорта. Разные лимитирующие аминокислоты указывают на эффект взаимообогащения. Так, одинаковое соотношение муки нутовой и пшеничной выравнивает скор по лизину и треонину в белках последней, а пшеничная мука улучшает свойства нутовой муки по метионину+цистину. Кроме того, составляющие ее компоненты укрепляют клейковину пшеничной муки. Об этом свидетельствуют результаты, полученные на ИДК-1. При анализе теста с добавлением нутовой муки показания прибора колебались в пределах от 80 до 70 ед., что означает качество клейковины «отличное». Без добавления нутовой муки оценка качества клейковины на ИДК-1 была «хорошая» (83 ед.). Качество клейковины зависит от дозы внесения нутовой муки в пшеничную. Увеличение дозы от 5 до 30% к общей массе пшеничной муки показания прибора ИДК-1 увеличивало от 70 до 109 ед. при снижении массы клейковины.

#### Результаты и их обсуждение

С точки зрения газообразования нутовая мука благоприятно влияет на качество теста, но, судя по данным объема теста, она обладает более низкой газоудерживающей способностью, чем пшеничная. Так, объем теста с нутовой мукой достигает 144 см<sup>3</sup> через 120 мин. брожения, и далее этот показатель снижается, тогда как по контрольному варианту (без добавления нутовой муки) объем теста возрастает и достигает 130 см<sup>3</sup> через 180 мин. брожения. Этот факт можно объяснить низким содержанием глутени-

нов и глиадинов, которые образуют белковый комплекс (клейковину). Кроме того, по данным ряда авторов [1, 2], крахмал, содержащийся в муке в определенной концентрации, может быть ингибитором. Для улучшения реологических свойств пшеничного теста необходимо вносить нутовую муку в уточненной дозе с целью снижения общего содержания крахмала в тесте. В ходе экспериментальных исследований установлено, что рекомендуемая норма внесения нутовой муки в общую пищевую массу – 25% к общей массе муки. Эта норма рекомендуемая специалистами по питанию человека обеспечивает рациональное соотношение белок: углеводы (1:4).

В ходе проведения экспериментальных исследований был получен изолят нутового белка с содержанием в своем составе 95,64% (на с.в.) белка, жира – 0,78% (на с.в.), углеводов – 0,95% (на с.в.) и золы – 3,33% (на с.в.). Этот порошок очень хорошо растворим в воде, так как он содержит 29,6% водорастворимых и 69,2% солерастворимых белков. Кроме того, по сумме незаменимых аминокислот он превосходит пшеничную и нутовую муку на 60 и 30% скор соответственно [3].

В аспекте разработки практических подходов к рациональному использованию белковых препаратов из семян нута в качестве обогатителей при приготовлении хлеба представляло интерес провести исследования влияния нутовой муки и изолята нутового белка на брожение теста. С этой целью пшеничную муку смешивали с нутовой мукой или изолятом белков семян нута, приготавливали тесто безопарным способом и фиксировали во времени изменения объема теста и выделение газа.

Экспериментальные данные показали, что нутовые препараты по-разному оказывают влияние на процесс брожения теста. Нутовая мука стимулирует газообразующую способность теста и увеличивает объем его более эффективнее по сравнению с белковым изолятом. Это связано с особенностями углеводного состава, в частности, с наличием моно- и дисахаридов-субстратов для получения энергии и образования метаболитов, одним из которых является углекислый газ. В связи с интенсивностью газообразования объем теста также увеличен по сравнению с контрольным образцом на 9,8% [4].

Использование нутового изолята белка в отличие от нутовой муки несколько

снижало интенсивность процесса брожения. Так, количество выделившегося углекислого газа в начале брожения на 25% меньше контрольного образца, а к концу брожения на 2% больше контрольного образца. Это объясняется практически полным отсутствием субстратов для бродильных процессов, которые теряются в процессе выделения белков. Это связано с тем, что белки нута муки и изолят белка нута содержат проламины и глютелины, участвующие в образовании клейковины, в очень малых количествах [5].

Для улучшения реологических свойств теста, создания условий для интенсивного процесса брожения были использованы препараты ферментов с протеолитической и амилолитической активностью: «Рекицен», полученный из штамма дрожжей *Sacharomuces Vini T8* (Россия), и «Фервитал», содержащий дрожжевых клеток  $15,2 \times 10^9$  кл/г, полученных МГУПП, и рекомендованный для использования в хлебопечении [6].

Согласно приложенной характеристике препараты содержат комплекс ферментов: амилазы, инвертазы, галактокиназы, алкогольдегидрогеназы, а также кислоты, принимающие участие во вкусообразовании хлеба (лимонная, пировиноградная, щавелевая, яичная, янтарная). Внесение этих ферментных препаратов в дозировке 0,15 и 0,19% к общей массе сырья позволяет активизировать процесс брожения и положительно влияет на физические свойства клейковины теста (норма внесения препаратов установлена согласно рекомендациям по их использованию) [7].

Положительное влияние препаратов связано с гидролитическими процессами, о которых можно судить по достаточно интенсивному накоплению сахаров. Как показали данные, большее увеличение содержания общего сахара в модифицированном полуфабрикате, было отмечено после ферментации 60 мин. с нутовой мукой, тогда как с изолятом белка наибольшее содержание общего сахара было отмечено в полуфабрикате после 45 мин. Причем количество сахара в полуфабрикате без ферментации почти в 2 раза меньше, чем под действием фермента, который интенсивно расщепляет полисахариды нутовой муки и изолята нутового белка.

В опытных пробах тестовых полуфабрикатов, приготовленных с использованием нутовой муки и изолята, по сравнению с контрольными, отмечалось повышение

газообразующей способности теста при безопасном способе – на 16,2%, при опасном – на 18,4%, что обусловлено увеличением броуидельной активности дрожжей [8].

### Выводы

Результаты показали, что внесение нутовой муки в количестве 25% к общей массе муки без предварительной ферментации негативно влияет на качество клейковины и повышает конечную кислотность продукта до 4 град., что не соответствует требованиям ГОСТ 27844-88. Для решения этих проблем проводили обработку гидролизата нутовой муки ферментными препаратами «Рекицен» и «Фервитал», которые в равной степени не снижали качество клейковины, сокращали продолжительность брожения теста и конечную кислотность продукта.

Важное значение при разработке технологии производства хлеба имеет уровень сохранности биологически ценных веществ. Проведенные исследования показали, что содержание витаминов в контрольных образцах хлеба при различных способах тестоприготовления было неодинаковым. При приготовлении теста с добавлением гидролизованной ферментативно обработанной нутовой муки в количествах 25% к общей муке содержание витаминов (В<sub>1</sub>) в хлебе возрастало на 69,85-70,95%; 76,86-73,17% (В<sub>2</sub>) и на 54,6-53,9% (РР), причем увеличение содержания витаминов в опытных пробах хлеба отмечалось при всех способах тестоприготовления. Следует также обратить внимание на то, что во всех пробах хлеба, приготовленных с использованием нутовой муки, содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР соответствует требованиям СанПиН 42-123-4717-88 (0,25-0,4 и 2-3 мг/100 г готового продукта соответственно). Наименьшая сохранность тиамин и рибофлавина имела место при безопасном способе приготовления теста (соответственно, 72 и 66,7%). Большой стабильностью при всех изучавшихся способах приготовления теста отмечался ниацин, его сохранность составляла 88,29-88,60%.

Такие данные можно объяснить не только различной термостойкостью витаминов, но и продолжительностью их контактирования с дрожжевыми клетками,

интенсивностью ассимиляции их микрофлорой.

О целесообразности использования белковых препаратов из семян нута в хлебопечении свидетельствуют и качественные показатели хлеба. Анализ полученных данных готовых изделий показывает, что физико-химические и органолептические показатели хлеба «Нутовый» превосходят показатели хлеба пшеничного. Влажность изделий находится в пределах 43-46%, что допускается ГОСТом, кислотность – 3,6-3,2 град. Наилучшее значение общей сжимаемости мякиша отмечена у проб хлеба, выпеченных ИК (ΔНобщ = 102 ед. пр.) и СВЧ (89 ед. пр.) способами. Эти изделия имеют хорошие органолептические показатели: равномерную тонкостенную пористость, выраженный вкус и аромат.

### Библиографический список

1. Аникеева Н.В. Научное теоретическое и практическое обоснование лечебно-профилактических свойств нута и продуктов, созданных на его основе. – Волгоград: Изд-во ИПК «Царицын», 2002. – 230 с.
2. Аникеева Н.В. Новые свойства хлеба // Вестник. – 2002. – № 4. – С. 52-53.
3. Аникеева Н.В. Получение нутовой муки: информационный листок 51-116-02. – Волгоград: ЦНТИ, 2002. – 3 с.
4. Аникеева Н.В. Один из способов получения нутового молока: информационный листок № 51-195-02. – Волгоград: ЦНТИ, 2002. – 3 с.
5. Аникеева Н.В. Способ получения биологически активной добавки из нута: информационный листок № 51-118-02. – Волгоград: ЦНТИ, 2002. – 2 с.
6. Аникеева Н.В. Характеристика способов производства хлебобулочных изделий с белковыми продуктами: информационный листок № 51-012-03. – Волгоград: ЦНТИ, 2003. – 2 с.
7. Аникеева Н.В. Исследование состава, структуры и функциональных свойств белоксодержащих продуктов: информационный листок № 51-005-03. – Волгоград: ЦНТИ, 2003. – 3 с.
8. Аникеева Н.В. Хлебопекарные показатели хлебопекарных изделий с белковыми продуктами, их достоинства и недостатки: информационный листок № 51-017-03. – Волгоград: ЦНТИ, 2003. – 3 с.

