

СТОЙКОСТЬ К ОЧЕРСТВЕНИЮ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОБОГАЩЕННЫХ МОЛОЧНЫМИ БЕЛКАМИ

*Ю.М. Ткачук, А.В. Гавриш, А.В. Немирич, Т.И. Ищенко,
В.Ф. Доценко*

Исследована стойкость к очерствению хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта при использовании в технологическом процессе его изготовления молочных белков – казеина и альбумина в комплексе с поверхностно активными веществами. Изучены набухаемость мякиша, количество связанной воды индикаторным методом, состояние влаги методом ядерно-магнитного резонанса и характер изменений интенсивности отраженного излучения в структуре зерен крахмала мякиша хлеба в процессе его хранения. Установлено, что влага в хлебобулочных изделиях с молочными белками и поверхностно активными веществами связывается и удерживается в большей мере при хранении, чем в контрольных изделиях. Определен механизм взаимодействия поверхностно активных веществ с крахмальными полисахаридами, что обуславливает замедление ретроградации амилозы и амилопектина и тем самым увеличение сроков хранения новых изделий.

Введение

Во многих странах мира, в том числе и в Украине, наблюдается недостаточная обеспеченность населения белковыми продуктами питания. Так, дефицит белка в рационе населения Украины составляет не менее 25 %. Белковый и аминокислотный дефицит на фоне неблагоприятных экологических условий негативно отражается на состоянии здоровья, работоспособности и продолжительности жизни людей.

Проблема дефицита пищевого белка в Украине заслуживает особого внимания в зоне радиационного загрязнения в связи с аварией на Чернобыльской АЭС (Житомирская, Киевская, Ровенская, Волынская и другие области). Недостаток белка, как и микронутриентов и витаминов, не только негативно влияет на состояние здоровья, рост и развитие организма, но и изменяет кинетику обмена веществ, увеличивая всасывание радионуклидов в желудочно-кишечном тракте и продлевая время их выведения из организма.

Технологии функциональных хлебобулочных изделий играют важнейшую роль в решении проблемы улучшения здоровья населения Украины, поскольку хлеб является одним из самых распространенных пищевых продуктов повседневного потребления. Он является самым универсальным пищевым продуктом для коррекции пищевой и биологической ценности рационов различных социальных слоев населения, в том числе и возрастных категорий. Ассортимент хлебобулочных изделий, который выпускается в Украине, достаточно широк, однако изделий диетического, лечебно-профилактического и специального назначения для различных групп населения недостаточно, их доля в общем объеме производства не превышает 1–2 % [1, 2]. Исходя из этого, актуальность исследований в указанном направлении подтверждается данными о целесообразности использования молочного сырья для обогащения аминокислотного состава хлеба и булочных изделий. Однако анализ литературных данных свидетельствует, что использование молочного сырья представлено единичными разработками, поскольку при реализации предложенных технологий возникают технологические сложности, связанные с негативным влиянием молочных белков на формирование структурно-механических свойств теста и активность бродильной микрофлоры [3–5].

В связи с этим в Национальном университете пищевых технологий (Украина, г. Киев) разработана технология хлебобулочных изделий, обогащенных молочными белками – казеином и альбумином.

Многоплановыми комплексными исследованиями показана целесообразность и необходимость комплексного использования молочных белков и поверхностно-активных веществ (ПАВ) анионактивного и неионогенного действия.

Для улучшения свойств теста и качества хлеба с казеином подобрано неионогенные

ПАВ – моно-и диглицериды пищевых жирных кислот (Е 471), с альбумином – анионактивные ПАВ – смешанные эфиры глицерина и винной, уксусной и жирных кислот (Е 472 f).

Подобранные виды ПАВ в дозировке 0,5 % к массе муки, как в случае с казеином, так и альбумином, приводят к уменьшению расплываемости теста, улучшения газообразования в нем, объемного выхода, формостойкости, способности к очерствению готовых изделий, приближающихся к показателям контрольного образца без добавления молочных белков.

Для адекватности внедрения новой технологии хлебобулочных изделий в условиях практики производства был предложен бездрожжевой полуфабрикат, который предварительно готовится из части муки по рецептуре, молочных белков, поверхностно активных веществ, жира, части воды и дальнейшее диспергирование рецептурной смеси в течение 3–5 мин.

При использовании бездрожжевого полуфабриката сокращается контакт белковой добавки с тестом, создаются благоприятные рН условия для жизнедеятельности бродильной микрофлоры, набухания белков, что обеспечивает соответствующее газообразование в тесте и позитивно влияет на формирование его реологических свойств [6].

Особенностью технологии производства изделий на бездрожжевом полуфабрикате является усиленная механическая обработка теста.

Данный технологический прием позволяет более равномерно распределить молочные белки и поверхностно активные вещества в объеме теста, способствует снижению части свободной жидкой фазы, что выражается в стабилизации упруго-эластичных свойств теста и повышении его стойкости к разрежению. Применение полуфабриката обеспечивает более полное протекание биохимических, микробиологических, коллоидных процессов и высокие физические характеристики теста, получение изделий высокого качества.

По органолептическим свойствам новые виды хлебобулочных изделий являются привлекательными по внешнему виду, состоянием поверхности, цвету корочки и мякиша не имеют посторонних запаха и привкуса.

Физико-химические показатели их качества отвечают требованиям к данной группе изделий. Показатели микробиологической безопасности, а также регламентирующие предельно допустимое содержание токсичных элементов в хлебобулочных изделиях, обогащенных молочными белками, отвечают требованиям нормативных документов.

Содержание полноценного белка в новых изделиях повышается на 20 % – 45 % в сравнении с традиционными изделиями, в том числе с использованием молока сухого обезжиренного. Гидролиз белков *in vitro* новых изделий проходит в 1,2 раза быстрее, чем в традиционных изделиях.

При добавлении казеина и альбумина в хлебобулочные изделия наблюдается возрастание аминокислотного сора незаменимых аминокислот, которые являются лимитирующими в белках зерновых: лизина в 1,5–2,0 раза, метионина – в 1,6–2,1 раза, триптофана – в 1,1 раза соответственно.

Получены результаты по обогащению минерального состава новых изделий. Установлено, что содержание K^+ увеличивается в 1,5–1,2 раза, Mg^{2+} – в 1,2 раза и Ca^{2+} – в 1,1–1,3 раз в изделиях с казеином и альбумином соответственно по сравнению с традиционными изделиями, в том числе и с добавлением молока сухого обезжиренного.

Целью настоящей работы было изучение стойкости к очерствению и состояния влаги в мякише хлебобулочных изделий с молочными белками и ПАВ в течение пролонгированного хранения.

Результаты исследований и их обсуждение

Как показали результаты предварительных экспериментальных данных, молочные белки не участвуют в формировании клейковины, подавляется бродильная активность дрожжей, ухудшаются реологические свойства теста.

Непосредственное добавление молочных белков в тесто приводит к ухудшению структуры пористости мякиша и получения хлебобулочных изделий уменьшенного объема, с упругим, малоэластичным мякишем и меньшей его пористостью по сравнению с

контрольным образцом.

Итак, для получения хлеба при добавлении молочных белков в определенных дозировках нужно дополнительно применять улучшители с направленной технологической функцией, которыми, в частности, могут быть поверхностно-активные вещества.

Стойкость мякиша хлеба к очерствению при хранении определяли по набухаемости мякиша и содержанию связанной влаги в нем индикаторным методом. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Стойкость к очерствению хлеба с молочными белками и ПАВ при хранении

Образец хлеба	Набухаемость мякиша, %			Содержание связанной влаги, %		
	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч
Из муки пшеничной 1 сорта – контроль	300 ± 3	250 ± 3	172 ± 1	12 ± 1	10 ± 1	8 ± 1
С молоком сухим обезжиренным	350 ± 3	298 ± 3	245 ± 3	13 ± 1	12 ± 1	10 ± 1
С казеином и поверхностно-активными веществами	450 ± 3	425 ± 3	410 ± 3	17 ± 1	15 ± 1	14 ± 1
С альбумином и поверхностно-активными веществами	370 ± 3	325 ± 3	300 ± 3	15 ± 1	12 ± 1	10 ± 1

Как видно из данных таблицы 1, стойкость к очерствению образцов хлеба с молочными белками и ПАВ по показателю набухаемости мякиша в 1,7–2,4 раза больше при пролонгированном хранении, чем у традиционного изделия. Аналогичная тенденция проявляется и для показателя содержания связанной влаги в мякише хлеба, составляет в 1,3–1,8 раза больше, чем у контрольного образца.

Данные по состоянию связанной влаги коррелируют с экспериментальными данными исследований при использовании метода ядерно-магнитного резонанса (ЯМР). Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты ЯМР-исследований мякиша хлеба с молочными белками и поверхностно-активными веществами

Показатель	Хлеб из муки пшеничной 1 сорта – контроль	Хлеб с молоком сухим обезжиренным	Хлеб с казеином и ПАВ	Хлеб с альбумином и ПАВ
Период спин-спиновой релаксации (T_2 , с)	0,120 ± 0,005	0,107 ± 0,01	0,050 ± 0,01	0,095 ± 0,01
Интенсивность сигнала, отн. ед.	3800 ± 100	4000 ± 100	5000 ± 100	4520 ± 100

Как видно из данных таблицы 2, время спин-спиновой релаксации T_2 является наименьшим у образца хлеба с казеином и ПАВ, что свидетельствует о связывании воды в нем в большей мере по сравнению с контролем. Это, очевидно, связано с высокой водосвязывающей и влагоудерживающей способностью данного молочного белка и эмульгирующей способностью ПАВ в исследуемой пищевой системе.

Однако известно, что наибольшее влияние на процесс очерствения мякиша хлеба оказывает изменение крахмала, который при хранении хлебобулочных изделий частично переходит из аморфного состояния в упорядоченную кристаллическую структуру [3].

Полное представление о состоянии крахмала мякиша хлеба в процессе его хранения дает рентгенографический анализ изделий [3]. В связи с этим проведен рентгеноструктурный анализ мякиша новых видов хлебобулочных изделий с комплексным использованием молочных белков и ПАВ, что позволяет более четко представить механизм совместного влияния казеина и альбумина и эмульгатора на сохранение свежести хлеба.

Дифрактограммы образцов хлеба записывали на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 при $\text{CuK}\alpha$ -излучении (детектор сцинтилляционный с амплитудной дискриминацией) через 24, 48 и 72 ч хранения изделий без упаковки. В качестве внешнего эталона при калибровке прибора использован Si ($a = 5,4309 \text{ \AA}$, $l = 1,540562 \text{ \AA}$), приготовленный тонким (50–70 мм) слоем на полированной стороне стандартной кварцевой кюветы.

Характер изменений интенсивности отраженного излучения отображал изменения в

структуре зерна крахмала мякиша хлеба в процессе его хранения.

Результаты исследований показано на рисунках 1–3.

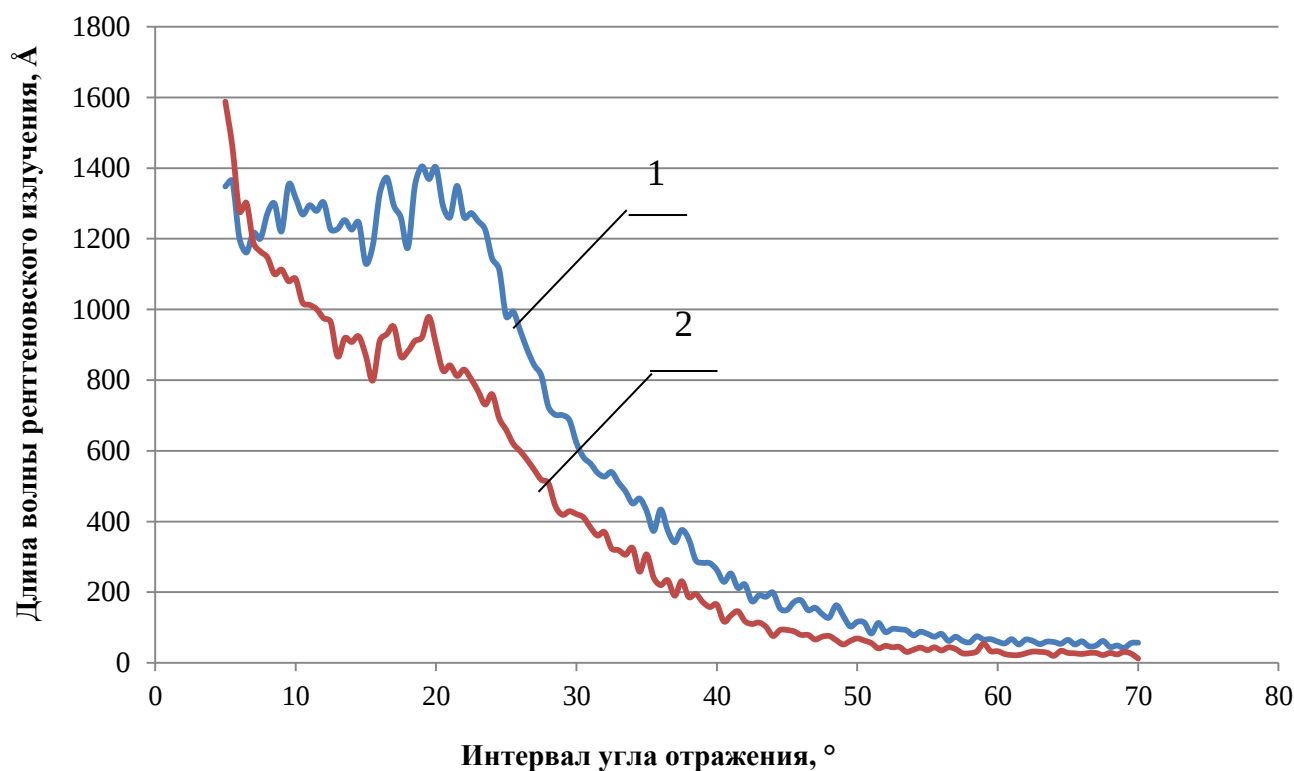
Анализ полученных дифрактограмм изделий (рисунки 1–3) показал, что в интервале углов $(10-55)^\circ$ кривые интенсивности имеют отклонения от общего фона, то есть упорядоченности, которые обусловлены аморфным состоянием крахмала. Поэтому о степени свежести образцов судили по площади превышения интенсивности отобранного излучения над фоном.

Анализ результатов эксперимента свидетельствует о торможении процессов очерствения хлеба с молочными белками и ПАВ. Так, через 24 ч хранения изделий площадь отклонения интенсивности отобранного излучения над фоном для хлеба с казеином и ПАВ превышала площадь у контрольного образца хлеба на 17,4 % – 66,3 %, через 48 ч – на 12,9 % – 55,4 %, а через 72 ч – на 11,5 % – 54,2 %.

Это свидетельствует о том, что скорость ретроградации крахмала мякиша опытных образцов хлеба является меньшей, чем контрольного образца.

Пояснением этому может служить взаимодействие между ПАВ и крахмалом хлеба. Это проявляется, главным образом, в образовании комплексов включения или клатратных комплексов с амилозой. Линейные части молекулы крахмала образцов образуют спираль, во внутреннюю часть которой способны проникать жироподобные молекулы (лиганды).

Липофильная часть эмульгатора представляет собой углеводную цепь жирной кислоты, которая связана эфирной связью с гидрофильной частью. Цепь жирной кислоты служит жироподобной центральной молекулой (лигандом) в крахмальном клатратном комплексе. Точки завинчивания амилопектина препятствуют формированию спирали и ограничивают возможность комплексообразования. Поэтому амилопектин связывает и образует комплексы с ПАВ в значительно меньших количествах, чем амилоза.



1 – из муки пшеничной 1 сорта – контроль, 2 – с казеином и ПАВ

Рисунок 1 – Дифрактограмма образцов хлеба при хранении 24 ч

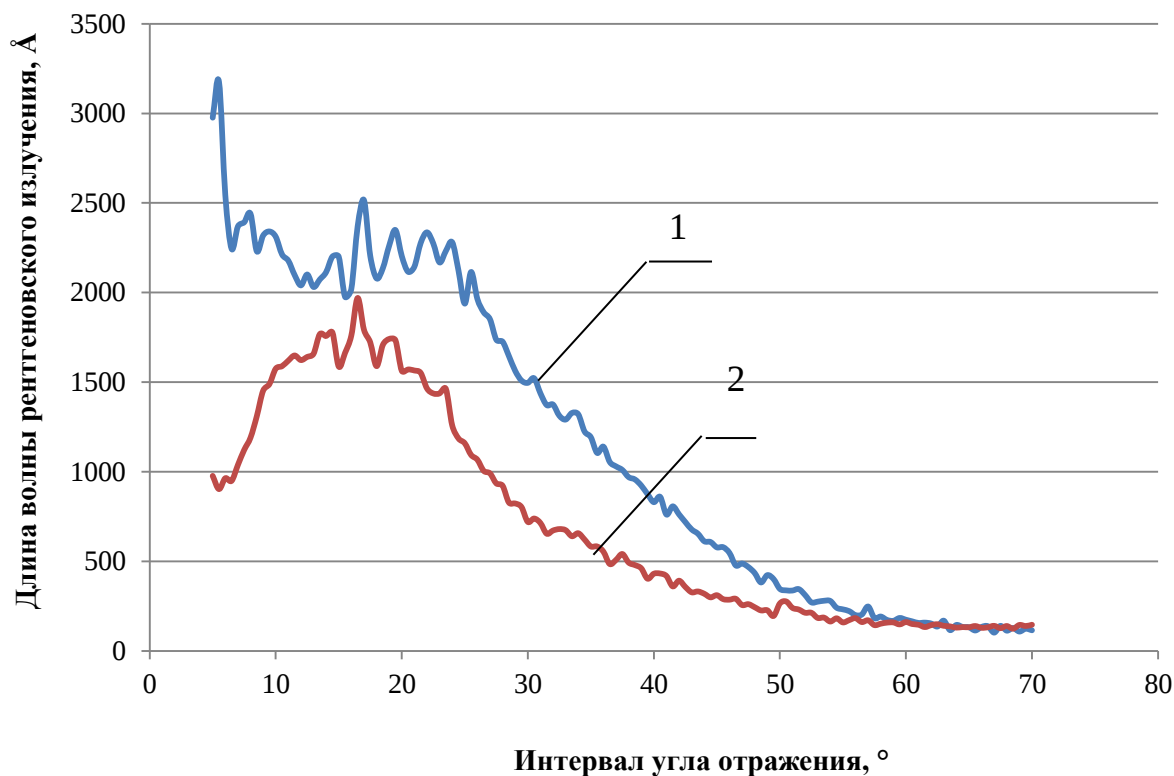


Рисунок 2— Дифрактограмма образцов хлеба при хранении 48 ч

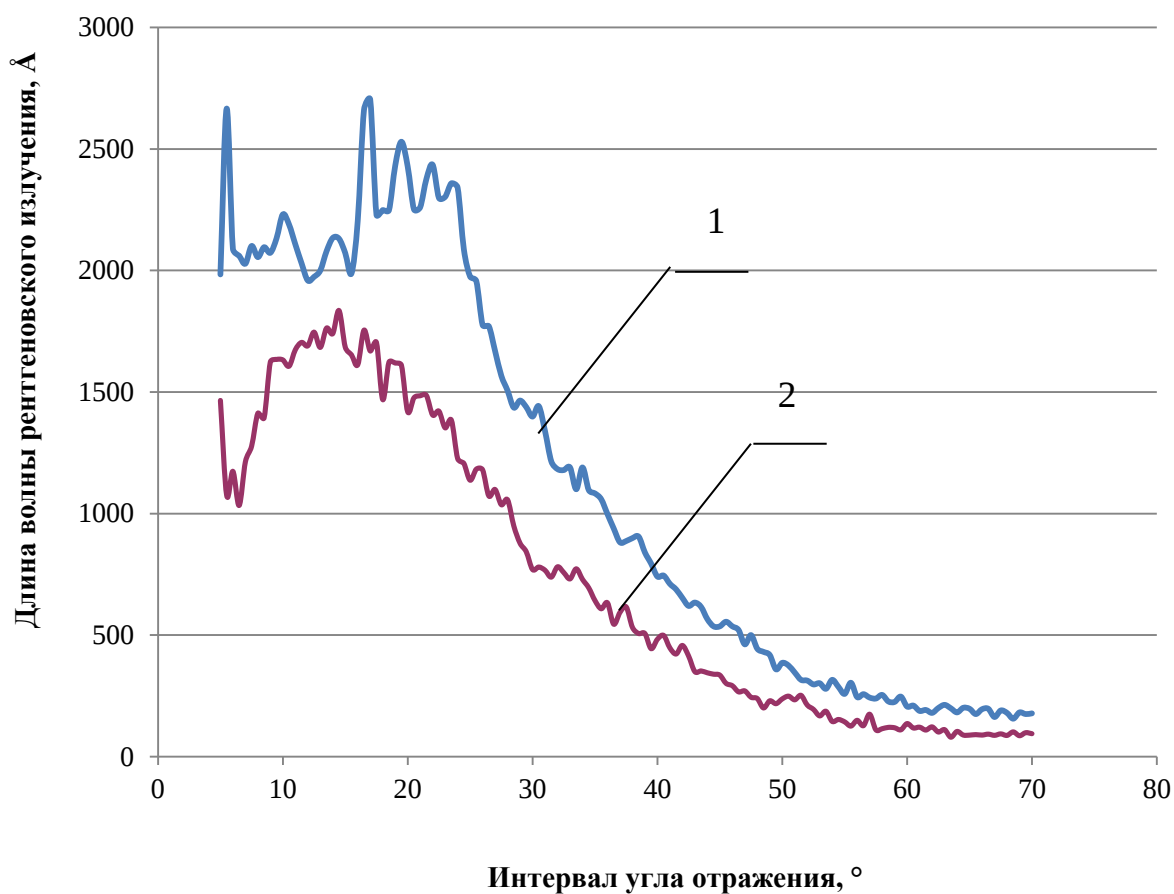


Рисунок 3— Дифрактограмма образцов хлеба при хранении 72 ч

Именно комплексы, образованные амилозой и ПАВ, задерживают кристаллизацию крахмала в хлебе (ретроградацию), что играет ведущую роль в замедлении процесса его

очерствения.

Проведенные рентгеноструктурные исследования подтверждают торможение процесса очерствения хлебобулочных изделий с молочными белками и ПАВ и свидетельствуют о продлении срока свежести хлеба по предложенной технологии.

Таким образом, предложенная технология хлебобулочных изделий с молочными белками и ПАВ позволяет получить изделия повышенной пищевой и биологической ценности, сохраняющие свежесть на 6–8 часов по сравнению с традиционными изделиями.

На новую продукцию – хлебобулочные изделия с молочными белками разработан проект нормативной документации – Технические условия (ТУ У 02070938 095:2009 «Изделия хлебобулочные с молочными белками»), технологическую инструкцию по производству хлебобулочных изделий с молочными белками (ТИУ 020700938 097:2009), рецептуры (РЦУ 02070938 097:2009).

Предложенные технические решения подтверждены патентами на полезную модель Украины № 39819 и № 42070 «Способ производства пшеничного хлеба».

Разработанная технология хлебобулочных изделий, обогащенных молочными белками, апробирована в условиях производства при выпуске опытных партий на ведущих предприятиях отрасли.

Заключение

Разработаны рецептуры и технология хлебобулочных изделий, обогащенных молочными белками, которые обеспечивают заданное повышение их пищевой и биологической ценности. Доказана большая стойкость к очерствению хлебобулочных изделий, обогащенных молочными белками, в присутствии ПАВ по сравнению с контролем по показателям набухаемости мякиша и содержанию связанной влаги индикаторным методом. Показан механизм взаимодействия ПАВ с крахмальными полисахаридами – амилозой и амилопектином, что обуславливает замедление их ретроградации амилозы и амилопектина и тем самым увеличению сроков хранения новых изделий. Предложенные технические решения подтверждены патентами на полезную модель. Новые изделия внедрены в условиях производства.

Литература

- 1 Волгарев, М. Н. О нормах физиологических потребностей человека в пищевых веществах и энергии: ретроспективный анализ и перспективы развития / М. Н. Волгарев // Вопросы питания. – 2000. – № 4. – С. 3–7.
- 2 Федорчук, Н. В. Аспекты отрасли / Н. В. Федорчук // Хлебопекарное и кондитерское дело. – 2009. № 3. – С. 16–17.
- 3 Росляков, Ю.Ф. Научные основы разработки хлебобулочных изделий функционального назначения / Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2009. – №8. – С. 34–35.
- 4 Санина, Т.В. Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий массового потребления / Т.В. Санина, Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева // Хлебопекарное производство. – 2007. – № 6. – С. 47–48.
- 5 Комяtkова, Т.М. Разработка интенсивной технологии хлеба с добавлением молочной сыворотки / Т.М. Комяtkова, С.И. Конева // Ползунов. альм. – 2008. – № 4. – С. 137–138.
- 6 Пат. на полезную модель 39819 Украина, МПК А 21 D 8/02. Способ производства пшеничного хлеба / Ткачук Ю. М., Шидловская Е. Б., Ищенко Т. И., Доценко В. Ф. ; заявитель и патентособственник НУПТ (Украина). – № 200812661 ; заявл. 29.10.2008 ; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5. – 6 с.

Поступила в редакцию 24.12.2014