

УДК 664.65; 664.66
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-62-68](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-62-68)

Поступила в редакцию 24.08.2022
Received 24.08.2022

Н.С. Лаптенок, А. Н. Дударева, Л. И. Севастей, С. Д. Горошнякова

*Научно-производственное республиканское дочернее унитарное предприятие
«Белтехнохлеб» Республиканского унитарного предприятия
«Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ САХАРА НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МУКИ ПШЕНИЧНОЙ ПЕРВОГО СОРТА

Аннотация. Сахар, как рецептурный ингредиент, оказывает влияние на процесс черствения хлебобулочных изделий из муки пшеничной. В статье представлены результаты исследований изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба из муки пшеничной первого сорта в зависимости от количества добавленного сахара в рецептуру изделия в процессе хранения. Исследования проводились на приборе «Структурометр СТ-2».

Ключевые слова: мука пшеничная, сахар, хлебобулочные изделия, показатели качества, структурно-механические свойства мякиша, сжимаемость мякиша, черствение хлеба, хранение хлеба.

N. S. Laptenok, A. N. Dudareva, L. I. Sevastsei, S. D. Goroshniakova

*Research and production republican subsidiary unitary Enterprise “Beltechnokhleb” RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

INFLUENCE OF SUGAR ON THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS FROM FIRST GRADE WHEAT FLOUR

Abstract. Sugar, as a prescription ingredient, affects the process of staleness of bakery products made from wheat flour. The article presents the results of studies of changes in the structural and mechanical properties of the bread crumb from wheat flour of the first grade, depending on the amount of sugar added to the product recipe during storage. The studies were carried out on the device “Structurometer ST-2”.

Key words: wheat flour, sugar, bakery products, quality indicators, structural and mechanical properties of the crumb, crumb compressibility, staleness of bread, bread storage.

Введение. Хлебобулочные изделия занимают особое место в питании человека и одно из первостепенных мест в пищевом рационе. Они являются существенным источником углеводов, повседневным поставщиком растительной клетчатки, витаминов группы В, некоторых минеральных веществ. Успешное продвижение хлеба на потребительском рынке и его конкурентоспособность зависит от качества.

Качество хлебобулочных изделий зависит от целого комплекса факторов и процессов, происходящих при замесе и созревании теста, как участвующих в формировании свойств готовой продукции, так и определяющих сохранность потребительских характеристик при хранении. Реологические структурно — механические свойства хлебобулочных изделий являются одними из важнейших показателей их качества. Хлебобулочные изделия изменяют свои структурно-механические характеристики в процессе обработки и хранения после изготовления, причем эти изменения происходят за весьма короткое время. Но наиболее значимыми являются биохимические и коллоидные изменения, происходящие с биополимерами муки в процессе созревания теста [1].

В хлебобулочных изделиях при хранении потребительские свойства постепенно ухудшаются. Один из главных вопросов хлебопекарной промышленности — это разработка способов сохранения свежести хлебобулочных изделий, в связи с этим актуальной задачей является исследование структурно-механических свойств мякиша хлеба в процессе хранения и выявление причин черствения изделий. В процессе хранения в изделиях изменяются гидрофильные свойства мякиша, его микроструктура, содержание водорастворимых веществ, растворимость в воде крахмала мякиша изделия, атакуемость крахмала мякиша хлеба амилазами. Снижается способность к набуханию и поглощению воды за счет уплотнения структуры белка, а также уменьшается содержание связанной воды. Чем больше белковых веществ в хлебе, тем медленнее происходит процесс черствения. Но так как белка в хлебе в 5–6 раз меньше в сравнении с крахмалом, то и скорость изменений в нем в 4–6 раз меньше по сравнению с крахмалом, поэтому основная роль в черствении принадлежит крахмалу. В свежем хлебе набухшие крахмальные зерна находятся в аморфном состоянии. При хранении происходит ретроградация крахмала: из аморфного состояния крахмал переходит в кристаллическое за счет того, что отдельные участки ответвлений молекул амилопектина и амилозы связываются водородными связями по гидроксильным группам глюкозных остатков. При этом структура крахмала уплотняется, объем крахмальных зерен уменьшается, появляются трещины между белком и крахмалом. Образование воздушных прослоек является причиной, обуславливающей крошковатость хлеба. В черством изделии снижается способность коллоидов и других веществ мякиша переходить в водный раствор. Перечисленные изменения обусловлены, с одной стороны, потерей изделиями влаги — их усыханием, с другой, изменениями их структурных компонентов при хранении. Поэтому структурно-механические изменения в мякише хлеба являются следствием «старения» полимеров муки — крахмала и белка — главных компонентов сухих веществ выпеченного изделия. Большое влияние на процессы, протекающие при созревании теста, помимо хлебопекарных свойств муки оказывают компоненты рецептуры, в том числе вода, дрожжи, соль, сахар и жировые продукты.[2–5].

Для улучшения качества хлеба и сохранения его в свежем виде более длительное время в рецептуру ряда изделий вводится сахар. Сахар в небольших количествах (до 10 % к массе муки) положительно влияет на спиртовое брожение и, следовательно, интенсифицирует газообразование в тесте. Это объясняется тем, что сахар быстро распадается с образованием глюкозы и фруктозы, которые хорошо сбраживаются дрожжевыми клетками. Внесение сахара способствует тому, что готовые изделия имеют более разрыхленный мякиш, более ярко окрашенную корку. Внесение в тесто сахара снижает его вязкость, т.е. на набухшие клейковинные белки в тесте сахар оказывает дегитратирующее действие. При добавлении сахара набухание клейковины уменьшается, что и вызывает разжижение теста. Роль сахара в технологическом процессе заключается в обеспечении питанием микрофлоры теста, что улучшает качество изделий, особенно вкус и аромат. При добавлении 3–5 % сахара повышается удельный объем хлеба, возрастает сжимаемость мякиша хлеба. Изделия, в рецептуру которых входит сахар, сохраняют свежесть, определяемую по изменению структурно-механических свойств мякиша, более длительное время по сравнению с изделиями без сахара [6–9].

Решение задачи сохранения свежести хлебобулочных изделий из пшеничной муки продлевает «жизнь» хлебу и сокращает потери этого важнейшего продукта питания.

Современные методы исследований позволяют получить более полное представление об изменениях, происходящих при черствении хлеба. Изменение свойств хлеба при хранении можно характеризовать объективными инструментальными методами, исследованием химических превращений составных его частей и органолептической оценкой.

В настоящее время разработаны и совершенствуются объективные методы определения степени свежести хлеба, в основу которых положена характеристика изменений свойств мякиша при его хранении. Наиболее широкое распространение получили методы, основанные на определении структурно-механических свойств мякиша хлеба.

Целью данной работы является изучение влияния добавленного сахара в рецептуре изделия на структурно-механические свойства хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта.

Материалы и методы исследований.

Для достижения поставленной цели выработаны следующие образцы хлеба из пшеничной муки первого сорта М36-30 и М36-27 с добавлением сахара в диапазоне от 0 до 10 %:

- ♦ контрольный образец М36-30 — хлебобулочное изделие из муки пшеничной первого сорта М36-30;

- ♦ контрольный образец М36-27 — хлебобулочное изделие из муки пшеничной первого сорта М36-27;
- ♦ образец № 1-30 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-30 с добавлением сахара 2 %;
- ♦ образец № 1-27 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-27 с добавлением сахара 2 %;
- ♦ образец № 2-30 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-30 с добавлением сахара 5 %;
- ♦ образец № 2-27 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-27 с добавлением сахара 5 %;
- ♦ образец № 3-30 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-30 с добавлением сахара 10 %;
- ♦ образец № 3-27 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-27 с добавлением сахара 10 %.

Исследования реологических характеристик мякиша хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27 с добавлением сахара в различных дозировках и контрольных образцов проводились на информационно-измерительной системе на базе анализатора текстуры (текстурометра) «Структурометр СТ-2» (далее — «Структурометр СТ-2») (рис. 1) [10].



Рис. 1. Прибор «Структурометр СТ-2»
Fig. 1. Instrument «Structurometer ST-2»

Исследования на приборе позволяют определить реологические характеристики мякиша хлеба: общую деформацию мякиша хлеба ($H_{\text{общ}}$), пластическую ($H_{\text{пл}}$) и упругую ($H_{\text{упр}}$), являющиеся его текстурным профилем (рис. 2).

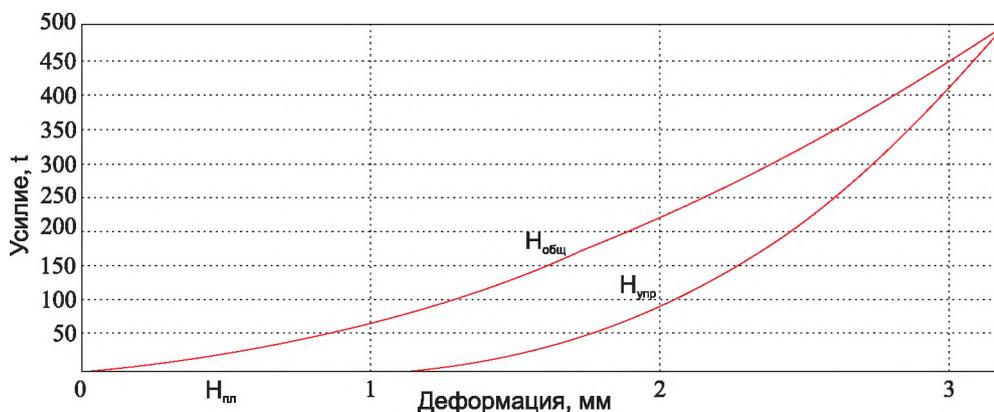


Рис. 2. Текстуальный профиль мякиша хлеба
Fig. 2. Texture profile of the bread crumb

Общая деформация мякиша хлеба — величина, характеризующая сжимаемость мякиша при внедрении индентора «Цилиндр» в мякиш при нагружении, мм.

Пластическая деформация мякиша хлеба — величина, характеризующая «восстановление» мякиша после снятия нагружения, мм.

Упругая деформация — разница между общей и пластической деформацией мякиша хлеба, мм.

Сжимаемость мякиша — один из основных показателей, по которому потребитель оценивает степень свежести или черствости хлеба. После выпечки хлеба при хранении происходят процессы, снижающие сжимаемость хлеба и увеличивающие его способность крошиться. Изделие считается черствым, когда сжимаемость его уменьшается более чем на 40 %.

На приборе для проведения исследований были установлены следующие параметры: F_k — усилие касания с продуктом ($F_k = 7$ г), V_d — скорость движения индентора прибора ($V_d = 1,0$ мм/с), F_n — перемещение индентора «Цилиндр» диаметром 36 мм со скоростью движения V_d вниз до контакта с пробой продукта с усилием F_k ($F_n = 500$ Н).

Сжимаемость мякиша (C , %) изделия определяли по формуле:

$$C = \frac{\Delta D}{D} \times 100, \quad (1)$$

где ΔD — изменение общей деформации мякиша хлеба относительно 24 часов хранения, мм; D — общая деформация мякиша хлеба, мм; 100 — 100 %.

Результаты исследований и их обсуждение Исследования структурно-механических свойств мякиша из муки пшеничной первого сорта осуществлялись в выпеченных хлебобулочных изделиях.

Специалистами Государственного предприятия «Белтехнохлеб» проведены исследования изменений структурно-механических свойств мякиша в процессе черствения хлеба из пшеничной муки первого сорта М36-30 и М 36-27 с различным дозированием дополнительного сырья: сахара 2 %, 5 %, 10 %.

Для проведения исследований образцов хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27 была установлена номенклатура показателей качества, наиболее полно характеризующих сохранение свежести изделий, среди которых: органолептические показатели качества хлеба, структурно-механические характеристики мякиша.

На структурно-механические свойства мякиша хлеба оказывает влияние качество используемой муки. Проведены исследования водопоглотительной способности (далее — ВПС) муки пшеничной первого сорта на приборе Миксолаб. Образец муки пшеничной М36-30 характеризуется более высокой водопоглотительной способностью (57,2 %) в сравнении с образцом муки пшеничной М36-27 (56,1 %). Мякиш хлебобулочных изделий из образца муки пшеничной М36-30 будет обладать лучшими гидрофильными свойствами, способствующими замедлению ретроградации крахмала [12].

Для исследования органолептических показателей качества хлеба из пшеничной муки первого сорта и структурно-механических характеристик мякиша хлеба проведены пробные лабораторные выпечки с добавлением сахара (2, 5, 10) %. Исследуемые образцы хлеба закладывались на хранение при температуре хранения 20,6 °С и относительной влажности воздуха 26,3 %. Оценка органолептических показателей проводилась через 2 часа после выпечки при температуре в центре мякиша не более 25 °С. Органолептические показатели испытуемых образцов хлеба: внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах соответствовали требованиям СТБ 1009-96 «Хлеб из пшеничной муки. ОТУ» [13].

Изучение деформационных характеристик мякиша изделий из муки пшеничной первого сорта проводилось по 5 контрольным точкам через: 4, 24, 48, 72 и 96 часов после выпечки.

Наиболее значимым показателем определения сжимаемости мякиша является общая деформация мякиша хлеба. В таблице 1 приведены данные исследований общей деформации, контрольных и испытуемых образцов хлеба из пшеничной муки марок М36-30 и М36-27, изменения деформации мякиша относительно первых 24 часов хранения и сжимаемость мякиша, в %.

Из представленных данных (табл. 1, 2) видно, что через 24 часа хранения у всех исследуемых образцов пшеничного хлеба и контрольных значительно снизилась общая деформация от 1,5 до 2,0 раз. Далее, через 48, 72 и 96 часов продолжалось снижение общей деформации мякиша хлеба. Через 72 и 96 часов хранения по отношению к 24 часам хранения у контрольных образцов и в образцах с содержанием сахара 2 % общая деформация снизилась в 2 и более раза; у образцов с содержанием сахара 5 % и 10 % через 72 часа до 1,5 раза, через 96 часов — в 1,7 раза.

Т а б л и ц а 1. Реологические характеристики хлеба из пшеничной муки первого сорта М36-30 и М36-27 в процессе хранения
Table 1. Rheological characteristics of bread from wheat flour of the first grade М36-30 and М36-27 during storage

Наименование образца	Общая деформация мякиша хлеба, мм					Сжимаемость мякиша, %			
	часы					24	48	72	96
	4	24	48	72	96				
Контрольный образец М36-30	4,101	3,381	2,928	1,596	1,505	-	13,40	52,8	55,5
Образец 1-30 (2 % сахара)	4,704	2,606	1,938	1,180	1,100	-	25,60	54,70	57,7
Образец 2-30 (5 % сахара)	6,191	3,243	2,626	2,000	1,911	-	19,00	38,30	41,0
Образец 3-30 (10 % сахара)	5,842	3,496	2,668	2,528	2,109	-	31,30	36,90	41,3
Контрольный образец М36-27	5,171	3,900	3,220	2,070	1,510	-	17,40	46,90	61,3
Образец 1-27 (2 % сахара)	4,433	2,176	2,051	1,183	1,050	-	5,70	45,60	51,7
Образец 2-27 (5 % сахара)	4,403	3,603	3,204	2,730	2,303	-	11,09	24,20	36,0
Образец 3-27 (10 % сахара)	4,350	4,033	3,374	2,652	2,409	-	16,30	34,20	40,3

На рис. 3 и 4 представлены графики сжимаемости мякиша хлеба из пшеничной муки М36-30 и М36-27 в зависимости от продолжительности хранения.

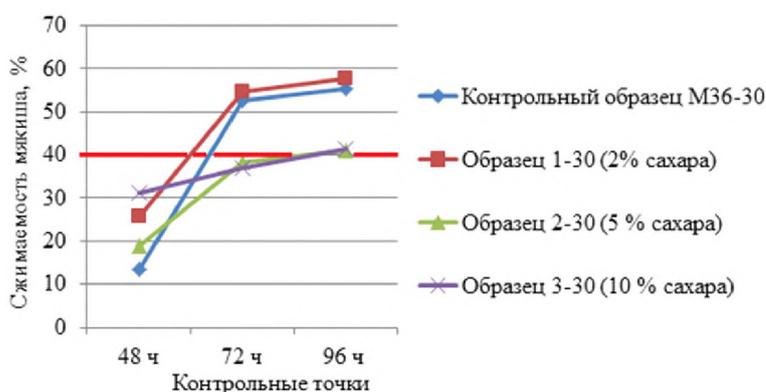


Рис. 3. Зависимость сжимаемости мякиша хлеба из муки пшеничной М36-30 от продолжительности хранения

Fig. 3. Dependence of the compressibility of the bread crumb from wheat flour М36-30 on the duration of storage

Результаты анализа данных, представленных в таблице 1, на рисунках 3 и 4, показывают, что сжимаемость мякиша хлеба у образцов из муки пшеничной первого сорта М36-30 составила менее 40 %:

- ♦ через 48 часов хранения — все образцы;
- ♦ через 72 часа хранения — образцы 2–30 (5 % сахара) и 3–30 (10 % сахара).

Через 96 часов у образцов 2–30 (5 % сахара) и 3–30 (10 % сахара) сжимаемость мякиша была чуть выше порогового значения (41,0 % и 41,3 % соответственно).

Через 72 и 96 часов у образцов контрольного М36-30 и 1–30 (2 % сахара) сжимаемость мякиша была больше порогового значения (40,0 %), т.е. — образцы зачерствели. В образцах хлеба без добавления сахара и с добавлением 2 % сахара свежесть сохранялась в течение 48 часов.

У образцов хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-27 сжимаемость мякиша составила менее 40 %:

- через 48 часов хранения — все образцы;
- через 72 часа хранения — образцы 2–27 (5 % сахара) и 3–27 (10 % сахара).

Через 96 часов хранения — образцы 2–27 (5 % сахара) и 3–27 (10 % сахара), у контрольного образца и образца 1–27 (2 % сахара) хлеба из пшеничной муки М36-27 сжимаемость мякиша была выше 40,0 % — образцы зачерствели.

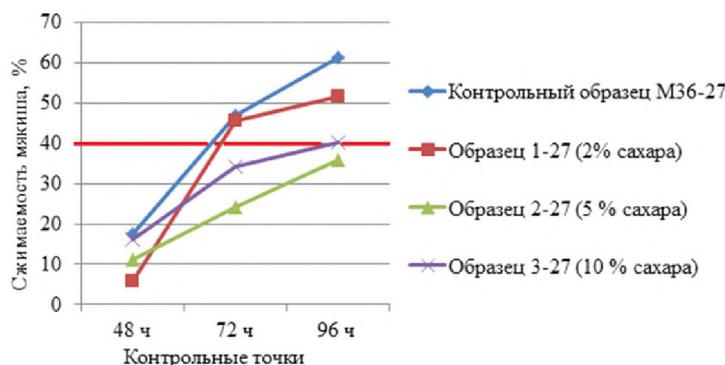


Рис. 4. Зависимость сжимаемости мякиша хлеба из муки пшеничной М36-27 от продолжительности хранения

Fig. 4. Dependence of the compressibility of the bread crumb from wheat flour M36-27 on the duration of storage

Сахар как дополнительное сырье оказывает влияние на набухшие белки клейковинного каркаса в тесте, т.е. оказывает дегидратирующее действие. При увеличении количества вносимого сахара, снижается влажность хлеба. Это один из факторов, влияющих на сжимаемость мякиша в процессе хранения. Таким образом, у большинства образцов происходило постепенное увеличение сжимаемости мякиша хлеба в течение 48 часов, а через 72 часа достигало критического значения — более 40 %.

При сравнении влияния добавленного сахара в рецептуру хлеба из разных марок муки пшеничной следует отметить, что хлебобулочные изделия из муки пшеничной М36-30 (образцы 5 % и 10 % сахара) в сравнении с изделиями из муки пшеничной М36-27 (образцы 5 % и 10 % сахара) обладали несколько лучшими структурно-механическими свойствами (сжимаемость мякиша через 72 часа у образцов 2-30 и 3-30 — 38,3 % и 36,8 %, у образцов 2-27 и 3-27 — 24,2 % и 34,2 % соответственно). Вероятно, это обусловлено лучшими гидрофильными свойствами, способствующими замедлению ретроградации крахмала, установленными на приборе Миксолаб.

При сравнении сжимаемости мякиша контрольных образцов хлеба из пшеничной муки первого сорта и с добавлением 5 % и 10 % сахара к массе муки в рецептуру изделий установлено, что сжимаемость мякиша у контрольных образцов через 72 часа хранения была выше на 30 %, через 96 часов — в среднем на 25 %. При добавлении 2 % сахара сжимаемость мякиша через 72 часа и 96 часов хранения была на уровне контрольных образцов.

Заключение. В результате проведенных исследований выявлено, что сахар оказывает влияние на структурно-механические свойства хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27. Через 72 часа хранения сжимаемость мякиша составила менее 40 % у образцов хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27 с добавлением 5 % и 10 % сахара, через 96 часов сжимаемость мякиша этих образцов находилась на пограничном значении 36,0 — 41,3 %. Добавление 2 % сахара к массе муки не оказало существенного влияния на сжимаемость мякиша и в период исследований была практически на уровне контрольного образца.

Установлено, что для сохранения свежести хлеба из пшеничной муки М36-30 и М36-27 в течение 96 часов оптимальным количеством добавленного сахара к массе муки является 5 % и 10 %.

Для сохранения свежести хлеба, необходимы технологии для замедления изменений в крахмальных и белковых веществах.

Список использованных источников

1. Болтенко, Ю. А. Определение реологических свойств мякиша хлебобулочных изделий / Ю.А. Болтенко // Хлебопродукты. — 2008. — №12. — С. 58–59.
2. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп.; под общ. ред. Л.И. Пучковой / Л. Я. Ауэрман. — СПб: Профессия, 2005. — 416 с.
3. Горячева, А. Ф. Сохранение свежести хлеба / А.Ф. Горячева, Р.В. Кузминский. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 240 с.
4. Пащенко, Л. П. Физико-химические основы технологии хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко. — Воронеж, 2006. — 312 с.
5. Ауэрман, Л. Я. О роли белковых веществ мякиша хлеба в процессе его черствения / Л. Я. Ауэрман, Р. Г. Рахманкулова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1957. — №2. — С. 22–26.
6. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность: Учеб.-справ. пособие / А. С. Романов [и др.]; под общ. ред. В. М. Позняковского. 2-е изд., испр. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. — 278 с.
7. Ким, Л. В. О черствении хлеба / Л. В. Ким // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1975. — №5. — С. 19–20.
8. Влияние сахара на свойства теста и хлеба [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://astrahleb.ru/vliyanie-sahara-na-svoystva-testa-i-hleba>. — Дата доступа: 16.07.2022.
9. Влияние сахара на характеристики хлеба [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://hleb-produkt.ru/sohranenie-svezhesti-hleba/16-vliyanie-sahara-na-harakteristiki-hleba.html>. — Дата доступа: 30.07.2022.
10. Черных, В.Я. Практическое применение прибора СТРУКТУРОМЕТР СТ-2 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://strukturoometr.ru/publikaczii/publikacziya-6.html>. — Дата доступа: 30.07.2022.
11. Влияние компонентов рецептуры, условий технологического режима на свойства теста и качество готовых изделий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5909673/page:3>. — Дата доступа: 30.07.2022.
12. Юсупова, Г.Г. Методы контроля качества муки по реологическим свойствам теста / Г. Г. Юсупова, О. Н. Бердышникова // Хлебопекарное производство. — 2011. — №2. — С. 48–53.
13. Хлеб из пшеничной муки. Общие технические условия: СТБ 1009-96. — Изм. №6 Введ. 01.01.20174. — Минск: Государственное предприятие «Белтехнохлеб», 1996. — 94 с.

Информация об авторах

Лаптенок Наталья Сергеевна — директор Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: laptenokn@mail.ru

Дударева Анастасия Николаевна — заместитель директора Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: texnolog77@mail.ru

Севастей Людмила Ивановна — главный технолог — заведующий отделом технологий и стандартизации Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: texnolog77@mail.ru

Горошнякова Снежана Дмитриевна — инженер-технолог 2 категории отдела технологий и стандартизации Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: texnolog77@mail.ru

Information about authors

Laptenok Natalia Sergeevna — PhD (Engineering), Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: laptenokn@mail.ru

Dudareva Anastasiya Nikolaevna — Deputy Director of the State Enterprise “Beltekhnohleb” (30, Rakovskaya str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: texnolog77@mail.ru

Sevastey Lyudmila Ivanovna — Chief Technologist — Head of Technology and Standardization Department of State Enterprise “Beltechnohleb” (30, Rakovskaya str., 220004, Minsk, Belarus).

E-mail: texnolog77@mail.ru

Goroshnyakova Snezhana Dmitrievna — engineer-technologist of the 2nd category of the Department of Technology and Standardization of the State Enterprise “Beltekhnohleb” (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: texnolog77@mail.ru