



**«Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы»  
Серыя 6. Тэхніка»**

Заснавальнік – Установа адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы».

Часопіс зарэгістраваны ў Міністэрстве інфармацыі Рэспублікі Беларусь.

Пасведчанне № 1463 ад 01.07.2011.

Навуковы, вытворча-практычны часопіс

Выдаецца з ліпеня 2011 года, выходзіць раз у паўгоддзе.

**“Vesnik Hrodzenskaha Dziarzhauaha Universiteta Imia Ianki Kupaly.  
Seryia 6. Tekhnika”**

*“Часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь  
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў,  
а таксама*

*ўваходзіць у навукаметрычную базу дадзеных «Расійскі індэкс навуковага цытавання»*

Часопіс асвятляе пытанні фізікі кандэнсаванага стану (тэхнічныя навукі), матэрыялазнаўства і тэхналогіі матэрыялаў, трэння і зносу ў машынах, тэхналогіі і абсталявання механічнай і фізіка-тэхнічнай апрацоўкі, матэматычнага мадэлявання, лікавых метадаў і комплексаў праграм, парашковай металургіі і кампазіцыйных матэрыялаў, нанатэхналогіі і нанаматэрыялаў, тэхналогіі і перапрацоўкі палімераў і кампазітаў, працэсаў і апаратаў харчавых вытворчасцей, машын, агрэгатаў і працэсаў, будаўнічых матэрыялаў і вырабаў, гісторыі навукі і тэхнікі. Публікуюцца таксама рэцэнзіі, артыкулы, прысвечаныя вядомым беларускім вучоным, хроніка навуковага жыцця ГрДУ імя Янкі Купалы, іншыя матэрыялы.

Артыкулы друкуюцца на беларускай, рускай, нямецкай і англійскай мовах.

Разлічаны на спецыялістаў і шырокае кола чытачоў.

**Нашы падпісныя індэксy: для індывідуальных падпісчыкаў – 00680, для арганізацый – 006802.**

Адрас рэдакцыі: вул. Ажэшкі, 22,  
230023, г. Гродна, Рэспубліка Беларусь.  
Тэл./Факс: 8(0152) 73-19-10.

Адрас для карэспандэнцыі: вул. Леніна, 4,  
230025, г. Гродна, Рэспубліка Беларусь.  
Тэл.: 8(0152) 77-21-47, +375 33 6893315,  
e-mail: vesnik@grsu.by

*Адрас вэб-сайта: <http://vesnik.grsu.by>*

Рэдактар: Т. В. Комар. Карэктар: К. М. Дараховіч.  
Падрыхтоўка арыгінал-макета: Т. А. Пахомава.

Падпісана да друку 21.03.2018. Фармат 70 × 108%. Папера афсетная. Рызаграфія.  
Ум. друк. арк. 9,28. Ул.-выд. арк. 11,26. Тыраж 100 экз. Заказ 020.

Надрукавана на тэхніцы выдавецкага цэнтра  
Установы адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы».  
ЛП № 02330/146 да 30.04.2019.

Зав. Тэлеграфны, 15а, 230023, г. Гродна. Тэл.: 8(0152) 72-12-96, e-mail: pko\_izdat@grsu.by

**Том 8, № 1, 2018**

Галоўны рэдактар – **Ірына Фёдарэўна Кітурка**, кандыдат гістарычных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

Намеснік галоўнага рэдактара – **Аляксандр Мікалаевіч Нечухрын**, доктар гістарычных навук, прафесар (Гродна, Беларусь)

**Міжнародны рэдакцыйны савет:**

**Багдановіч Павел Мікалаевіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гомель, Беларусь)

**Багдзявічус Марыёнас**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Вільнюс, Літва)

**Гальдадзе Віктар Антонавіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гомель, Беларусь)

**Грыгор’ева Таццяна Фёдарэўна**, доктар хімічных навук, прафесар (Новасібірск, Расія)

**Раманаў Алег Аляксандравіч**, доктар філасофскіх навук, дацэнт, старшыня рэдакцыйнага савета (Гродна, Беларусь)

**Крупіч Базыль**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Беласток, Польшча)

**Лаўшонка Фёдар Рыгоровіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар, намеснік старшыні рэдакцыйнага савета (Магілёў, Беларусь)

**Ліп Дзмітрый Рыгоровіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гомель, Беларусь)

**Ліона Валерыі Аляксандравіч**, доктар фізіка-матэматычных навук, прафесар, намеснік старшыні рэдакцыйнага савета (Гродна, Беларусь)

**Лоўкіс Знон Валянцінавіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар, член-карэспандэнт НАН Беларусі (Мінск, Беларусь)

**Міхайлаў Аляксандр Мікалаевіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар, намеснік старшыні рэдакцыйнага савета (Данецк, Украіна)

**Панцялеенка Фёдар Іванавіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Мінск, Беларусь)

**Папова Марына Мікалаеўна**, доктар хімічных навук, прафесар (Масква, Расія)

**Рыскулаў Алімжон Ахмаджанавіч**, доктар тэхнічных навук, дацэнт (Ташкент, Узбекістан)

Адказны сакратар рэдакцыі – **Наталія Сяргееўна Шаршаневіч**, кандыдат філасофскіх навук (Гродна, Беларусь).  
Тэл.: 8(0152) 77 21 47, +375 33 6893315, e-mail: vesnik@grsu.by

**Рэдакцыйная калегія:**

**Барсукі Уладзімір Георгіевіч**, доктар тэхнічных навук, дацэнт, адказны рэдактар (Гродна, Беларусь)

**Аўчынінікаў Яўген Вітальевіч**, доктар тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Варанцоў Аляксандр Сяргеевіч**, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Волік Ала Рычардаўна**, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Гарбачэвіч Генадзь Мікалаевіч**, кандыдат тэхнічных навук (Гродна, Беларусь)

**Даўгяла Уладзімір Аляксандравіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гомель, Беларусь)

**Івашка Віктар Сяргеевіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Мінск, Беларусь)

**Ігнатоўскі Міхаіл Іванавіч**, кандыдат тэхнічных навук (Гродна, Беларусь)

**Касцюковіч Генадзь Аляксандравіч**, кандыдат тэхнічных навук (Гродна, Беларусь)

**Краўчанка Віктар Іванавіч**, кандыдат тэхнічных навук (Гродна, Беларусь)

**Лаўшонка Рыгор Фёдаравіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Мінск, Беларусь)

**Лешчык Сяргей Дзмітрыевіч**, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Мусафірава Галіна Яраславаўна**, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Пацеха Валянцін Леанідавіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гродна, Беларусь)

**Пракапчук Мікалай Раманавіч**, доктар хімічных навук, прафесар, член-карэспандэнт НАН Беларусі (Мінск, Беларусь)

**Прушак Віктар Якаўлевіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар, член-карэспандэнт НАН Беларусі (Салігорск, Беларусь)

**Сафончык Дзмітрый Івосіфавіч**, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Скаскевіч Аляксандр Аляксандравіч**, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт (Гродна, Беларусь)

**Струк Васіль Аляксандравіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гродна, Беларусь)

**Троцкая Таісія Паўлаўна**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гродна, Беларусь)

**Тур Віктар Уладзіміравіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Брэст, Беларусь)

**Халадзілаў Алег Віктаравіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гомель, Беларусь)

**Шапавалаў Віктар Міхайлавіч**, доктар тэхнічных навук, прафесар (Гомель, Беларусь)

**Нашы партнёры:**

Беластоцкі політэхнічны ўніверсітэт (Польшча); Вільнюскі тэхнічны ўніверсітэт імя Гедымінаса (Літва); Інстытут хіміі і фізікі палімераў Акадэміі навук Рэспублікі Узбекістан (Узбекістан); Іркуцкі дзяржаўны ўніверсітэт (Расія); Маскоўскі хіміка-тэхналагічны ўніверсітэт імя Д.І. Мендзялеева (Расія); Паўночна-Заходні дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт (Паўночна-Заходні завочны політэхнічны інстытут) (Расія); Ташкенцкі аўтамабільна-дарожны інстытут (Узбекістан); Томскі політэхнічны ўніверсітэт (Расія); Хэйлуцзянскі ўніверсітэт (Кітай).

# Змест

## *Матэрыялазнаўства і тэхналогія матэрыялаў*

- Неменёнок Б. М., Задруцкий С. П., Пивоварчик А. А., Довнар Г. В.**  
*(Минск – Гродно, Беларусь).* Низкотоксичная смесь  
для обработки алюминиевых сплавов..... 6
- Задруцкий С. П., Неменёнок Б. М., Довнар Г. В., Пивоварчик А. А.**  
*(Минск – Гродно, Беларусь).* Низкотоксичный препарат для рафинирующей  
и рафинирующе-модифицирующей обработки расплавов на основе алюминия..... 13

## *Тэхналогія і абсталяванне механічнай і фізіка-тэхнічнай апрацоўкі*

- Исаков С. А., Лещик С. Д., Гостик Ю. А. (Гродно, Беларусь).**  
Сравнительный анализ методов улучшения технологических  
параметров соединений дуговой сваркой в среде защитного газа..... 20

## *Матэматычнае мадэляванне, лікавыя метады і комплексы праграм*

- Жарнова О. А. (Гродно, Беларусь).** Компьютерная диагностика шейного отдела  
позвоночника при его движении в сагитальной плоскости..... 32
- Линник Д. А., Лещик С. Д. (Гродно, Беларусь).**  
Разработка математических моделей колебаний масс колесного трактора  
и метода имитационного моделирования колебаний на ПЭВМ..... 41

## *Нанатэхналогіі і нанаматэрыялы*

- Сергиенко И. Г., Зноско К. Ф., Тарковский В. В. (Гродно, Беларусь).**  
Получение наночастиц и суспензий на их основе методом электроразрядного  
разрушения в жидкости при микросекундном импульсе..... 50

## *Тэхналогія і перапрацоўка палімераў і кампазітаў*

- Свиридёнок А. И., Чижик С. А., Кравцевич А. В., Суслов А. А., Шашура Л. И.,  
Русецкий В. А. (Гродно – Минск – Гомель, Беларусь).** Модернизация метода  
«pull-out» исследования прочности адгезионного соединения  
«армирующее волокно – термопластичная матрица»..... 62

## *Працэсы і апараты харчавых вытворчасцей*

- Троцкая Т. П., Клишанец Е. Т., Апанович З. В. (Гродно, Беларусь).**  
Выделение хитин-глюканового комплекса из биомассы *Aspergillus niger*,  
побочного продукта производства лимонной кислоты, и его товароведная оценка..... 75
- Потеха В. Л., Велямов М. Т., Невская Е. В., Шведко А. А., Потеха А. В.,  
Веренич М. И. (Беларусь – Россия – Казахстан).** Применение микроволновых  
колебаний сверхвысоких частот для повышения эффективности  
технологического процесса производства хлебобулочных изделий..... 83
- Русина И. М., Снитко О. С., Колесник И. М. (Гродно, Беларусь).**  
Выбор оптимальных режимов тестоведения при производстве  
хлебобулочных изделий на основе композитных смесей,  
включающих пшеничную муку высшего сорта и порошок столовой свеклы..... 94

И. М. Русина, О. С. Снитко, И. М. Колесник

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ТЕСТОВЕДЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЕЙ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ПШЕНИЧНУЮ МУКУ ВЫСШЕГО СОРТА И ПОРОШОК СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

В статье проанализированы показатели качества хлебобулочных изделий, полученных в лабораторном эксперименте из мучных композитных смесей с содержанием порошка свеклы столовой 3, 4 и 5 % от массы пшеничной муки при разных режимах подготовки теста. Во введении обоснована необходимость включения в рецептуру хлебобулочных изделий вторичных ресурсов пищевой промышленности, в частности порошка свеклы столовой как источника физиологически активных функциональных ингредиентов: микронутриентов, антиоксидантов, декстринов. В основной части работы описаны технологические свойства композитных смесей на основе муки пшеничной высшего сорта и порошка свеклы столовой, а также полуфабрикатов и готовых изделий пробных выпечек на их основе; подобраны оптимальные длительность и температура брожения, длительность расстойки при проведении пробных выпечек хлеба; изучена возможность предварительной активации хлебопекарных дрожжей суспензией порошка из столовой свеклы. В эксперименте установлено понижение массы сырой клейковины и повышение упругости образцов композитных смесей по сравнению с контролем. Выявлено положительное влияние порошка столовой свеклы на газообразующую активность дрожжей. При пробных выпечках у готовых изделий с включением порошка свеклы столовой сохранились хорошие органолептические показатели и улучшились физико-химические параметры (пористость, формоустойчивость, удельный объем). Проведенные исследования показали эффективность использования порошка столовой свеклы при производстве хлебобулочных изделий функционального назначения, что позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции и использовать вторичные продукты переработки овощей.

**Ключевые слова:** мучные композитные смеси, порошок столовой свеклы, хлебобулочные изделия, функциональное питание, технологические свойства.

**Введение.** Согласно современным представлениям нутрициологии, большинство продуктов питания не полностью удовлетворяют физиологические потребности человека, что приводит к повышению общей заболеваемости, снижению работоспособности, сокращению продолжительности жизни. Наиболее эффективным и экономически доступным путем улучшения обеспеченности населения микронутриентами в общегосударственном масштабе является дополнительное обогащение ими продуктов питания массового потребления до необходимого уровня [1; 2]. Перспективными видами обогащаемых пищевых продуктов являются хлеб и хлебобулочные изделия, ежедневно употребляемые в пищу. Введение в рецептуру изделий порошков и выжимок овощей рассматривается как наиболее доступный и значимый технологический вариант обогащения. Такие вторичные ресурсы пищевой промышленности содержат различные физиологически активные функциональные ингредиенты в высоких количествах. Особый интерес для улучшения качества,

---

*Русина Ирина Михайловна*, канд. биол. наук, доц., доц. каф. технологии хранения и переработки растительного сырья ГГАУ (Беларусь).

**Адрес для корреспонденции:** ул. Терешковой, 28, 230008, г. Гродно, Беларусь; e-mail: rimih\_2010@mail.ru

*Снитко Ольга Сергеевна*, ассистент каф. технологии хранения и переработки растительного сырья ГГАУ (Беларусь).

**Адрес для корреспонденции:** ул. Терешковой, 28, 230008, г. Гродно, Беларусь; e-mail: olga\_snitko93@mail.ru

*Колесник Ирина Михайловна*, ст. преподаватель каф. экологии ГрГУ им. Янки Купалы (Беларусь)  
**Адрес для корреспонденции:** п-к Доватора, 3/1, 230012, г. Гродно, Беларусь; e-mail: i.kolesnik@grsu.by

пищевой и биологической ценности, а также для расширения ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий представляют сухие порошки плодово-овощного сырья, овощное пюре, пробиотические добавки, пектины, белковые добавки и т.п. [3].

В плане перспективной обогатительной добавки при производстве хлебобулочных изделий может рассматриваться порошок столовой свеклы. Ее корнеплоды включают примерно 8–12 % легко доступных для сбраживания углеводов [4], в небольших количествах определяются декстрины и крахмал, можно ожидать положительный эффект свекольного порошка на процесс брожения при производстве мучных изделий. Присутствие в порошке корнеплодов красного пигмента бетанина, обладающего антиоксидантным действием, также может активировать процессы жизнедеятельности дрожжей. Кроме того, в столовой свекле в заметных количествах накапливаются яблочная, лимонная, пальмитиновая, олеиновая, фолиевая кислоты [5]. Преобладающую часть золы корнеплодов составляет калий; регистрируются в значительных количествах железо, кальций, фосфор, натрий, магний, марганец, медь, цинк, алюминий. Следовательно, можно ожидать положительное воздействие компонентов порошка столовой свеклы на состояние клейковинного комплекса, реологические свойства полуфабрикатов и качество готовых хлебобулочных изделий [6–8].

В связи с этим экспериментальная работа по изучению композитных смесей из пшеничной муки и порошка столовой свеклы, а также научное обоснование и разработка технологии производства хлеба на их основе являются актуальными.

Цель работы – оптимизация условий тестоведения при производстве хлебобулочных изделий на основе композитных смесей, включающих пшеничную муку высшего сорта и порошок столовой свеклы.

**Материалы и методы исследования.** В работе применялись мука высшего сорта белорусского производства, порошок корнеплодов свеклы, выращенной в Гродненском регионе Беларуси, реактивы российского производства квалификаций «х.ч.» и «ч.д.а.».

Порошок из столовой свеклы был получен путем высушивания предварительно измельченных корнеплодов в шкафу при температуре 100 °С с последующим размолом на лабораторной мельнице (ЛМЦ-1) и просеиванием через сито № 30.

На основании результатов исследований, проведенных нами ранее [9], составлялись композитные смеси из пшеничной муки и порошка столовой свеклы в следующих соотношениях: 3, 4 и 5 % порошка от массы пшеничной муки высшего сорта.

Определение показателей качества композитных смесей осуществляли согласно ГОСТ 27558-87 «Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста», ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности», ГОСТ 27839-88 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины». Исследование подъемной силы дрожжей (ускоренный метод) проводилось по ГОСТ 171-81 «Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия». Показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий пробных выпечек контролировали по методикам ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности», ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий», ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости», ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба» [10].

Интенсивность брожения изучалась стандартным методом в колбах с сернокислым затвором Мейссля при температуре 30 °С [11; 12].

**Результаты и их обсуждение.** Подбор условий тестоведения для оптимизации технологических параметров с учетом вносимой овощной добавки осуществляли в серии модельных экспериментов. На первом этапе экспериментальной работы составляли композитные смеси из пшеничной муки высшего сорта и порошка столовой свеклы

в соотношениях 3, 4 и 5 % порошка от массы муки. В используемых композитных смесях оценивали состояние клейковинного комплекса и влажность (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты исследования показателей качества композитных смесей, включающих пшеничную муку высшего сорта и порошок столовой свеклы

Показатели	Контроль	Варианты композитных смесей с включением порошка столовой свеклы		
		3 %	4 %	5 %
Количество клейковины, %	31,6 ± 0,3	30,4 ± 0,2	30,2 ± 0,2	29,0 ± 0,2
ИДК, усл. ед.	80,4 ± 0,2	79,2 ± 0,3	77,3 ± 0,3	77,6 ± 0,3
Растяжимость, см	17,0 ± 0,4	18,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	15,0 ± 0,6
Гидратационная способность, %	195,6 ± 0,5	195,8 ± 0,2	195,9 ± 0,6	196,7 ± 0,4
Влажность, %	11,6 ± 0,2	11,3 ± 0,2	11,0 ± 0,3	10,7 ± 0,3

Согласно полученным данным, количество сырой клейковины снижалось в опытных образцах по сравнению с контрольными вариантами с 31,6 до 28,8 %. Так как снижение массы сырой клейковины не было пропорционально количеству вносимой добавки, можно предположить, что определенные компоненты порошка укрепляют клейковину. Эти данные согласовываются с результатами определения качества клейковины по показаниям прибора ИДК. В опытных образцах наблюдалось повышение упругости с 80,4 ед. до 77,3 ед. и 77,6 ед. соответственно для вариантов, включающих 4 и 5 % порошка от массы пшеничной муки. Величины водопоглотительной способности и растяжимости сырой клейковины опытных образцов практически не отличались от контрольного варианта, и полученные изменения не были достоверны. Влажность опытных образцов была незначительно ниже контрольного варианта (таблица 1).

Таблица 2 – Результаты исследования подъемной силы дрожжей по шарикку теста

Время брожения, мин	Время всплытия шарика теста, мин			
	Контроль	Варианты композитных смесей с включением порошка столовой свеклы		
		3 %	4 %	5 %
0	27	15	17	17
30	15	5	3	4
60	16	5	4	7
90	21	8	5	7
120	13	9	5	4
150	11	9	6	5

Все показатели качества опытных образцов были в пределах требований стандартов.

В дальнейшем нами оценивалось влияние порошка столовой свеклы на подъемную силу дрожжей при расстаивании теста. Анализ проводился по двум показателям – времени всплытия шарика теста и массе углекислого газа, выделявшегося в модельном бродильном эксперименте.

Полученные в ходе исследования данные указывали на уменьшение времени всплытия шарика теста во всех опытных пробах (таблица 2). Подъемная сила шарика



теста сокращалась с 27 мин для контрольного образца (пшеничная мука высшего сорта) до 17–15 мин для композитных смесей после замеса теста и, соответственно, с 11 мин до 6–5 мин после 2,5 ч брожения.

При изучении интенсивности брожения в модельном эксперименте хлебопекарные дрожжи подвергались предварительной активации суспензиями, содержащими свекольный порошок в количестве 3, 4 и 5 % от расчетной массы пшеничной муки высшего сорта. В качестве контроля выступала суспензия дрожжей без внесения свекольного порошка. Количество выделенного  $\text{CO}_2$  оценивали по разности массы колбы с серноокислым затвором в начале опыта и через 30 мин наблюдения. Полученные результаты свидетельствовали об активном использовании дрожжами сахаров, содержащихся в порошке столовой свеклы (рисунок 1) и начале бродильных процессов в опытных колбах. Количество выделяемого  $\text{CO}_2$  в течение 30 мин наблюдения было в 14–17 раз выше по сравнению с контролем. Поскольку изменения были пропорциональны количеству вносимой добавки, можно заключить, что в свекольном порошке содержатся субстраты для брожения в легко доступной форме и процесс адаптации к условиям среды проходит быстро.

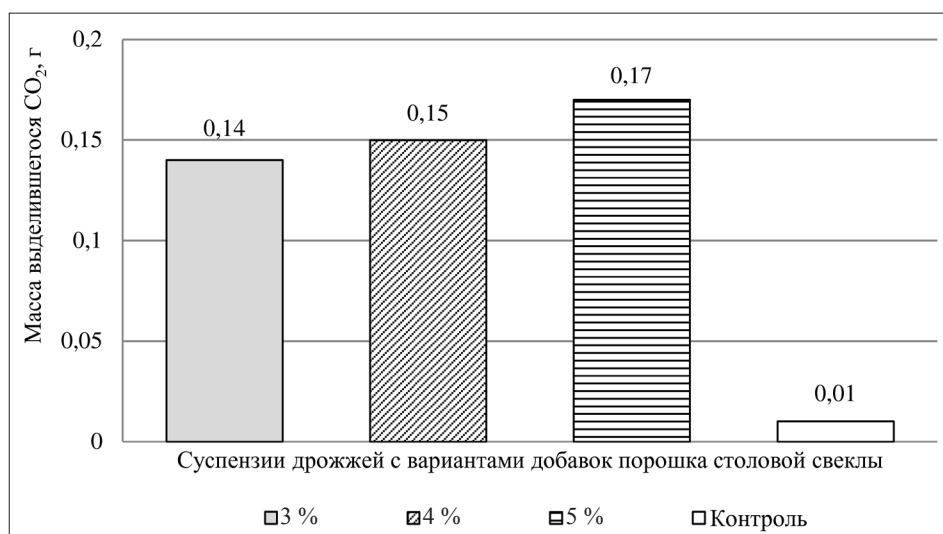


Рисунок 1 – Активация дрожжей суспензиями порошка столовой свеклы

На следующем этапе модельного эксперимента в колбы добавлялась пшеничная мука высшего сорта и процесс брожения продолжали контролировать еще в течение 150 мин. Бродильная активность дрожжей нарастала, и наибольшее количество  $\text{CO}_2$  выделилось в пробе с содержанием свекольного порошка 5 % от расчетной массы муки (рисунок 2). При этом также выяснилось, что газообразующая способность в опытных пробах пропорционально повышалась с увеличением концентрации порошка в среде в 7,1–10,3 раза по отношению к контролю.

Анализ степени равномерности брожения показал, что в образцах с содержанием свекольного порошка 3 и 4 % наиболее интенсивно  $\text{CO}_2$  выделялся в первые 60 мин наблюдения, а при содержании 5 % скорость газообразования была наибольшей в период с 60 по 120 мин наблюдения. При этом в контрольной суспензии в течение первого часа наблюдения еще проходили адаптационные процессы и  $\text{CO}_2$  не выделялся, а максимальная энергия брожения была достигнута только после двух часов наблюдения – со 120 по 150 мин. В целом, поскольку во всех 3 опытных пробах

наблюдалась значительная интенсификация брожения, все они были рекомендованы для проведения пробных выпечек хлеба.

При осуществлении пробных выпечек предварительно в первой опытной группе провели активацию дрожжевой суспензии в течение 15 мин при комнатной температуре порошком столовой свеклы с добавлением поваренной соли. Во второй опытной группе порошок столовой свеклы в тех же концентрациях и соль вносили в воду без этапа предварительной активации дрожжей. Далее добавляли муку и замешивали тесто. В обоих вариантах исследований длительность брожения составляла 120, 135 и 150 мин при температуре 32 °С, расстивали полуфабрикаты в течение 30 мин и температуре 35 °С в соответствии с рекомендациями [13], выпечку осуществляли при температуре 210 °С.

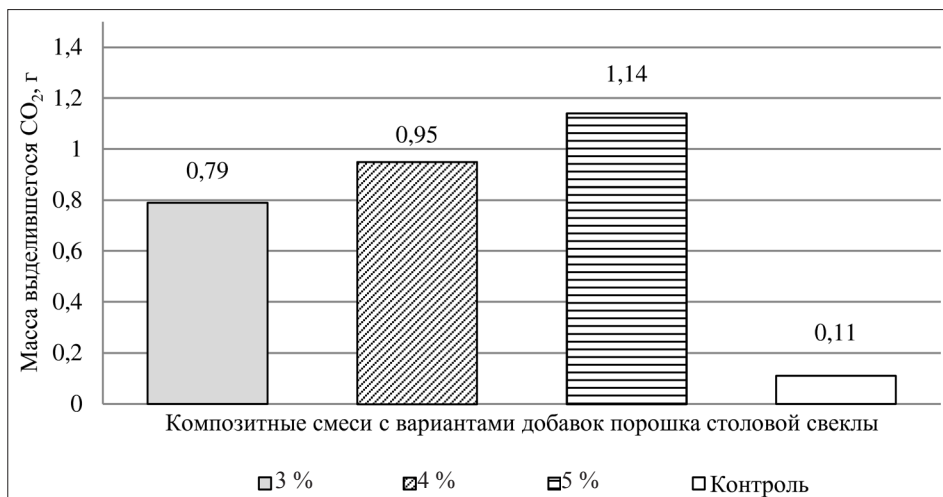


Рисунок 2 – Выделение углекислого газа при брожении теста через 2,5 ч после добавления муки

Показатели качества полуфабрикатов контрольных и опытных проб соответствовали требованиям стандартов (данные не представлены). В работах ряда авторов показано, что вносимые растительные физиологически ценные пищевые ингредиенты не всегда обладают нейтральными вкусом и запахом или имеют слабо выраженные вкус и запах растительного сырья, например натуральные продукты растительного происхождения (плодово-овощные пюре или порошки), и, соответственно, могут оказывать негативное воздействие на потребительские свойства готового продукта [2; 3]. В нашем эксперименте органолептические показатели качества готовых изделий были хорошими, однако при концентрации порошка 5 % от массы пшеничной муки появлялся специфический и сладковатый привкус свеклы. Изделия опытных проб имели насыщенный цвет корки и мякиш с розовым оттенком, равномерную и среднюю по размеру пористость, подрывов корки не наблюдалось.

Результаты исследования физико-химических показателей качества готовых изделий показали, что в условиях предварительной активации дрожжей порошком столовой свеклы характеристики изделий были более высокие по всем вариантам смесей (таблица 3).

Согласно полученным результатам, практически во всех опытных образцах предварительная активация дрожжевой суспензии порошком столовой свеклы привела к повышению значений пористости, формоустойчивости и удельного объема при длительности брожения теста 120 и 135 мин. При брожении в течение 150 мин величины всех показателей качества опытных проб снижались. При концентрации свекольного порошка в рецептуре хлеба 5 % от массы муки все исследуемые характеристики были ниже по сравнению с другими опытными вариантами.



Таблица 3 – Технологические показатели качества готовых изделий пробных выпечек контрольных и опытных образцов с долей порошка столовой свеклы 3, 4 и 5 % от массы пшеничной муки высшего сорта

Время брожения, мин	Контроль (без порошка столовой свеклы)	Варианты композитных смесей с включением порошка столовой свеклы		
		3 %	4 %	5 %
Показатели в условиях предварительной активации дрожжей				
Пористость хлеба, %				
120	64,4	69,0	67,7	65,1
135	65,7	67,5	68,9	64,0
150	67,2	66,8	64,3	63,9
Формоустойчивость хлеба				
120	0,50	0,58	0,56	0,53
135	0,51	0,57	0,58	0,43
150	0,53	0,54	0,52	0,44
Удельный объем хлеба, см <sup>3</sup> /г				
120	1,87	2,02	1,96	1,81
135	1,90	1,99	2,03	1,84
150	1,84	1,88	1,83	1,78
Показатели без предварительной активации дрожжей				
Пористость хлеба, %				
120	61,0	62,5	64,3	55,6
135	63,3	63,4	63,4	56,2
150	64,5	64,3	65,2	60,5
Формоустойчивость хлеба				
120	0,51	0,51	0,46	0,42
135	0,48	0,49	0,45	0,46
150	0,50	0,50	0,47	0,47
Удельный объем хлеба, см <sup>3</sup> /г				
120	2,05	2,04	2,02	2,03
135	2,02	2,03	2,04	2,03
150	2,07	2,02	2,01	2,00

В ходе следующих экспериментов была предпринята попытка оптимизировать другие параметры тестоведения при проведении пробных выпечек без предварительной активации дрожжей порошком столовой свеклы (таблица 4). Технологические параметры тестоведения были следующими: длительность брожения – 120 мин при температуре 32 °С, температура расстойки – 35 °С. Изменениям подвергали продолжительность расстойки (20, 30 и 40 мин).

Опытные образцы по всем вариантам выпечек имели удовлетворительные органолептические характеристики, а исследование физико-химических свойств готовых изделий показало, что наибольшая величина пористости, формоустойчивости и удельного объема изделий наблюдалась у опытных образцов со временем расстойки 30 мин. При этом показатели качества изделий с различными дозировками свекольного порошка практически не отличались, однако наилучшие параметры имели изделия пробных выпечек, содержащие 3 и 4 % свекольного порошка от массы муки. Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов, изучавших влияние комбинированных порошков на основе вторичного сырья на качество хлебобулочных изделий [1–3; 6; 7].

Таблица 4 – Технологические показатели качества готовых хлебных изделий пробных выпечек контрольных и опытных образцов с долей порошка столовой свеклы 3, 4 и 5 % от массы пшеничной муки высшего сорта

Время расстойки, мин	Контроль	Варианты композитных смесей с включением порошка столовой свеклы		
		3 %	4 %	5 %
Пористость, %				
20	62,2	62,8	61,9	63,7
30	64,2	65,0	65,4	64,8
40	64,9	65,4	64,8	64,3
Формоустойчивость хлеба				
20	0,56	0,62	0,57	0,51
30	0,55	0,55	0,56	0,52
40	0,50	0,54	0,52	0,45
Удельный объем хлеба, см <sup>3</sup> /г				
20	2,03	2,04	2,02	2,00
30	2,16	2,16	2,15	2,03
40	2,08	2,17	2,05	1,97

На завершающем этапе работы было исследовано влияние обминок теста на органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий. Проводились две обминки в период 120 мин брожения при температуре 32 °С, длительность расстойки составила 30 мин при температуре 35 °С.

Полученные данные показали, что в результате обминок существенно снизились значения пористости и формоустойчивости изделий. Порошок столовой свеклы способствовал возникновению дополнительных временных связей между молекулами белков в клейковинном комплексе, которые, вероятно, разрушались при интенсивных обминках (данные не представлены). Кроме того, было проведено брожение при более низкой температуре (28 °С) и длительности 120 мин с расстойкой в течение 30 мин. Выяснилось, что снижение температуры брожения существенного влияния на значения показателей качества готовых изделий не оказало. Достоверных различий между величинами показателей качества контрольных и опытных проб и по отношению к результатам предыдущих экспериментов не было выявлено (данные не представлены).

**Заключение.** Таким образом, композитные смеси на основе пшеничной муки высшего сорта и порошка столовой свеклы в соотношениях 3, 4 и 5 % от массы пшеничной муки высшего сорта имели технологические показатели качества в пределах норм требований стандартов. По совокупности результатов оценки органолептических и физико-химических показателей качества изделий пробных выпечек наилучшими оказались образцы, включающие 3 и 4 % порошка столовой свеклы от массы пшеничной муки. Оптимальными параметрами тестоведения были выбраны: продолжительность брожения – 2 ч при условии предварительной активации дрожжей в суспензии порошка столовой свеклы, температура брожения – 32–28 °С, продолжительность расстойки – 30 мин, отсутствие обминок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатнюк, Л. Н. Пищевые микроингредиенты в создании продуктов здорового питания / Л. Н. Шатнюк // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – 2005. – № 2. – С. 18–20.
2. Широков, А. В. Исследование влияния комбинированных порошковых продуктов на основе вторичного сырья на качество хлебобулочных изделий / А. В. Широков, С. М. Козырева, Л. О. Широкова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 5. – С. 312–314.
3. Широков, А. В. Использование комбинированных порошков на основе вторичного сырья в технологии хлебобулочных изделий / А. В. Широков [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 9. – С. 49–51.

4. Леунов, В. И. Столовые корнеплоды в России / В. И. Леунов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 272 с.
5. Кургузова, К. С. Комплексное использование столовой свеклы в специализированных продуктах питания для профилактики железодефицитной анемии и оценка их потребительских свойств : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / К. С. Кургузова. – Краснодар, 2013. – 133 с.
6. Тертычная, Т. Н. Свекловичный пектин в технологии выпечки хлеба / Т. Н. Тертычная, А. М. Жуков // Сахарная свекла : двухмес. производств. журнал. – 2008. – № 6. – С. 34–35.
7. Попов, И. А. Использование корнеплодов столовой свеклы для производства цукатов / И. А. Попов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 8. – С. 92.
8. Родичева, Н. В. Технология ржаного хлеба с использованием порошка столовой свеклы / Н. В. Родичева, В. Я. Черных, Н. Ю. Быкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 8. – С. 53–55.
9. Ковальчук, Е. Использование порошка из столовой свеклы при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий / Е. Ковальчук, И. Русина // Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 82 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, 13–14 квітня 2016 р. / Нац. ун-т пищевых технологий ; Н. В. Акутина (отв. ред.). – Киев, 2016. – Ч. 1. – С. 127–129.
10. Чижов, Б. А. Технологический контроль хлебопекарного производства / Б. А. Чижов, М. С. Шкваркина. – М. : Пищевая промышленность, 1987. – 158 с.
11. Практикум по микробиологии : учеб. пособие / под ред. Н. С. Егорова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 307 с.
12. Русина, И. М. Влияние продуктов пчеловодства на технологические характеристики мучных композитных смесей и качество хлебобулочных изделий / И. М. Русина [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2016. – № 4. – С. 45–53.
13. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник / Л. Я. Ауэрман ; под ред. Л. И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Профессия, 2005. – 416 с.

Поступила в редакцию 22.01.18.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 6. Engineering Science”  
Vol. 8, No. 1, 2018, pp. 94–102  
© Yanka Kupala State University of Grodno, 2018

## Selection of optimal conditions of the dough preparation for bread production based on composite mixtures that include premium grade wheat flour and beetroot powder

I. M. Rusina <sup>1</sup>, O. S. Snitko <sup>2</sup>, I. M. Kolesnik <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grodno State Agrarian University (Belarus)  
Tereshkovoi St., 28, 230008, Grodno, Belarus; e-mail: rimih\_2010@mail.ru

<sup>2</sup> Grodno State Agrarian University (Belarus)  
Tereshkovoi St., 28, 230008, Grodno, Belarus; e-mail: olga\_snitko93@mail.ru

<sup>3</sup> Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)  
Dovatora Lane, 3/1, 230012, Grodno, Belarus; e-mail: i.kolesnik@grsu.by

**Abstract.** In the article it is analyzed the quality indicators of bakery products obtained in a laboratory experiment from composite mixtures containing 3, 4 and 5 % beetroot powder to the weight of wheat flour under various modes of dough preparation. In the introduction the advisability of including secondary resources of food industry in the recipe of bakery products, in particular beetroot powder as a source of physiologically active functional ingredients (micronutrients, antioxidants, dextrans), is discussed. In the main part it is described the technological properties of composite mixtures based on wheat flour of superior quality and beetroot powder, as well as semi-finished products and finished products of trial baking; the optimal duration and temperature of fermentation, the duration of proofing during the trial bread baking are defined; the possibility of baker's yeast preliminary activation by suspension of beetroot powder is investigated. The experiment revealed a reduction in the mass of raw gluten and an increase in the elasticity of composite mixture samples as compared to the control. A positive effect of beetroot powder on the gas-forming activity of yeast is established. Good organoleptic characteristics of finished products containing beetroot powder are preserved and physicochemical properties (porosity, shape stability, specific volume) are improved during trial baking. The conducted researches showed the effectiveness of beetroot powder in the production of bakery products for functional purposes, which will allow expanding the range of products and using secondary products of vegetable processing.

**Keywords:** flour composite mixtures, beetroot powder, bakery products, functional food, technological properties.

## References

1. Shatniuk L. N. Food microingredients in the creation of healthy food products [*Pishchevye mikroingredienty v sozdanii produktov zdorovogo pitaniia*]. *Food ingredients, raw materials and additives*, 2005, No. 2, pp. 18-20.
2. Shirokov A. V., Kozyreva S. M., Shirokova L. O. Investigation of the effect of combined powder products on the basis of secondary raw materials on the quality of bakery products [*Issledovanie vliianiia kombinirovannykh poroshkovykh produktov na osnove vtorichnogo syr'ia na kachestvo khlebobulochnykh izdelii*]. *Scientific and Technical Volga region Bulletin*, 2015, No. 5, pp. 312-314.
3. Shirokov A. V. [et al.]. Use of combined powders based on secondary raw materials in the technology of bakery products [*Ispol'zovanie kombinirovannykh poroshkov na osnove vtorichnogo syr'ia v tekhnologii khlebobulochnykh izdelii*]. *Bread products*, 2014, No. 9, pp. 49-51.
4. Leunov V. I. Table root crops in Russia [*Stolovye korneplody v Rossii*]. Moscow, 2011, 272 p.
5. Kurguzova K. S. Complex use of table beet in specialized foods for the prevention of iron deficiency anemia and an assessment of their consumer properties [*Kompleksnoe ispol'zovanie stolovoi svekly v spetsializirovannykh produktakh pitaniia dlia profilaktiki zhelezodefitsitnoi anemii i otsenka ikh potrebitel'skikh svoistv*]. Krasnodar, 2013, 133 p.
6. Tertychnaya T. N., Zhukov A. M. Sugar beet pectin in bread baking technology [*Sveklovichnyi pektin v tekhnologii vypechki khleba*]. *Sugar beet: two months production journal*, 2008, No. 6, pp. 34-35.
7. Popov I. A. [et al.]. Use of root beet roots for the production of candied fruits [*Ispol'zovanie korneplodov stolovoi svekly dlia proizvodstva tsukatov*]. *Modern high technology*, 2010, No. 8, p. 92.
8. Rodicheva N. V., Chernykh V. Ya., Bykova N. Yu. Technology of rye bread with the use of table beetroot powder [*Tekhnologiya rzhanogo khleba s ispol'zovaniem poroshka stolovoi svekly*]. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2012, No. 8, pp. 53-55.
9. Kovalchuk E., Rusina I. Use of powder from table beet for the production of bakery and confectionery products [*Ispol'zovanie poroshka iz stolovoi svekly pri proizvodstve khlebobulochnykh i konditerskikh izdelii*]. *Scientific achievements of youth - solving problems of nutrition of humanity in the 21st century : proceedings of the 82nd Intl. scientific conference of young scientists, postgraduates and students*, Kiev, Apr. 13-14, 2016; N. V. Akutina (ex. Ed.). Kiev, 2016, part 1, pp. 127-129.
10. Chizhov B. A., Shkvarkin M. S. Technological control of bakery production [*Tekhnologicheskii kontrol' khlebopekarnogo proizvodstva*]. Moscow, 1987, 158 p.
11. Workshop on Microbiology [*Praktikum po mikrobiologii : ucheb. posobie*]; Ed. N. S. Egorov. Moscow, 1976, 307 p.
12. Rusina I. M. [et al.]. Influence of bee products on technological characteristics of flour composite mixtures and quality of bakery products [*Vliianie produktov pchelovodstva na tekhnologicheskie kharakteristiki muchnykh kompozitnykh smesei i kachestvo khlebobulochnykh izdelii*]. *Food industry: science and technology*, 2016, No. 4, pp. 45-53.
13. Auerman L. Ya. Technology of bakery production [*Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva : uchebnik*]; Ed. L. I. Puchkova. 9th ed. St. Petersburg, 2005, 416 p.



*Уважаемые авторы!*

*Более подробно требования к оформлению материалов, а также условия для  
принятия материалов см. на сайте журнала*

<http://vesnik.grsu.by>

Founder – Yanka Kupala State University of Grodno.

The journal is registered in the Ministry of Information of the Republic of Belarus in July 01, 2011.

The certificate of registration number 1463.

The scientific, industrial-practical journal

**“Vesnik Hrodzenskaha Dziarzhavnaha Universiteta Imia Ianki Kupaly.  
Seryia 6. Tekhnika”**

is included into the List of scientific publications of the Republic of Belarus  
for publishing the results of scientific research.  
and into the scientometrical database “Russian Science Citation Index”.

Published since July 2011, issued 2 times a year.

*“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno.  
Series 6. Engineering Science”*

The journal contains publications on various aspects of: physics of condensed state (technical sciences), materials science and technology of materials, friction and wear in machines, technology and equipment of mechanical and physics-technical processing, mathematical modeling, calculation methods and programming complexes, powder metallurgy and composite materials, nanotechnologies and nanomaterials, technology and processing of polymers and composites, processes and equipment of food industry, machines, assembly and processes, build materials and articles, history of science and technique. Reviews, articles about famous Belarusian scientists, scientific life chronicle of the Yanka Kupala State University of Grodno are also published.

Articles are published in Belarusian, Russian, German and English.

The journal is meant both for specialists and a wide circle of readers.

**Read and purchase our journal!**

**Our indices for subscription: for private subscribers – 00680, for institutions – 006802.**

Editorial office address: Ozheshko Str., 22,

230023, Grodno, Belarus.

Tel./Fax: 8(0152) 73-19-10.

Address for correspondence: Lenin Str., 4,

230025, Grodno, Belarus.

Tel.: 8(0152) 77-21-47, +375 33 6893315,

e-mail: vesnik@grsu.by

Website: <http://vesnik.grsu.by>

---

**Vol. 8, No. 1, 2018**

---