

УДК 621.646

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.39>

ВПЛИВ СПОСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА З ДОДАВАННЯМ КВАСУ СТОЛОВОГО БУРЯКА НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Кравченко Р. Ю. – аспірант спеціальності «Харчові технології»

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ORCID ID: 0000-0002-3309-9962

Стадник І. Я. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри обладнання харчових технологій

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ORCID ID: 0000-0003-4126-3256

Scopus-Author ID: 57202160255

Піддубний В. А. – доктор технічних наук, професор

Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут спирту
та біотехнології харчових продуктів»

ORCID ID: 0000-0002-1497-7133

Веселовська Т. Є. – кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи

Камянець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

ORCID ID: 0000-0001-9361-1553

У статті розглянуто можливість використання квасу із буряка столового при виробництві пшеничного хліба з борошна І татунку. Використання в рецептурі бурякового квасу із добавками льону, жинних сухариків та сироватки дозволить не тільки збагатити продукт вітамінами, мінералами, харчовими волокнами, пектином, клітковиною, а також покращити – і зробити помітним зовнішній вигляд виробу. Мета роботи – дослідження впливу квасу столового буряка (КСБ) на технологію пшеничного хліба з борошна першого татунку. Завдання: обґрунтувати вибір зразків досліджуваних збагачувачів КСБ та оптимізацію технологічного процесу; встановлення впливу застосування КСБ у технології пшеничного хліба на показники якості при його зберіганні. При дослідженні застосовували метод органолептичного аналізу за умов росту бактерій *Bacillus subtilis* та *Bacillus mesentericus* та метод математичного аналізу залежності енергії ферментації P від температури води T і часу настоювання, описану у вигляді функціоналу $P(T,x)=f(T,x)$. Для оцінки сировини, напівфабрикатів та готових виробів застосовувалися сучасні методи аналізу, що дозволяють визначити хімічний склад, харчову та біологічну цінність, фізико-хімічні та органолептичні показники досліджуваних зразків. Пробні випічки проводили на базі кафедри обладнання харчових технологій ТНТУ м. Тернопіль. Тісто готували безопарним і опарним способами. У ході дослідження встановлено позитивний вплив квасу буряка столового на технологічні властивості тіста, а також якість готового хліба при його зберіганні. Використання квасу під час замісу показало прискорення підйомної сили дріжджів і під час зберігання готового виробу продовжений термін технологічних властивостей.

Ключові слова: борошно, квас столового буряка, хлібобулочні вироби, моделювання, оптимізація.

Kravchenyuk R. Yu., Stadnyk I. Ya., Piddubnyi V. A., Veselovska T. Ye. The influence of methods of preparing the dough with the addition of table beet kvass on the quality indicators of wheat bread

The article considers the possibility of using kvass juice from table beet in the production of wheat bread from flour of the 1st grade. The use of beet kvass with the addition of flax, gin crackers and whey in the recipe will not only enrich the product with vitamins, minerals, dietary fibers, pectin, fiber, but also improve and make the appearance of the product noticeable. The purpose of the work is to study the influence of table beet kvass on the technology of wheat bread from first grade flour. The task: justify the selection of samples of the studied KSB enrichers and optimization of the technological process of obtaining KSB; justify the use of table beet kvass in the technology of wheat bread on quality indicators during its storage. The research used the method of organoleptic analysis under the conditions of growth of *Bacillus subtilis* and *Bacillus mesentericus* bacteria and the method of mathematical analysis of the dependence of fermentation energy P on water temperature T and infusion time described in the form of the functional $P(T,x)=f(T,x)$. To evaluate raw materials, semi-finished products and finished products, modern methods of analysis were used, allowing to determine the chemical composition, nutritional and biological value, physico-chemical and organoleptic indicators of the studied samples. Trial baking was carried out on the basis of the Department of Food Technology Equipment of the National Technical University of Ukraine Ternopil. The dough was prepared unsteamed, unsteamed with long-term proofing, and steamed methods. In the course of the study, the positive influence of table beet kvass on the technological properties of the dough, as well as the quality of the finished bread during its storage, was established. The use of kvass during kneading and storage of the finished product showed an acceleration of the lifting power of yeast and an extended shelf life of technological properties.

Key words: flour, table beet kvass, bakery products, modeling, optimization.

Вступ. Основними напрямками розвитку хлібопекарського виробництва є розширення виробничої бази, вдосконалення асортименту та якості виробництва продукції, удосконалення технологічного процесу. Відомо кілька сотень видів і сортів хліба, які випускаються в Україні. Всі вони різні за органолептичним і фізико-хімічним показником. Основні відмінності готових виробів пов'язані з використанням існуючих технологій та з різними добавками. Однією з основних причин використання харчових добавок при виробництві хлібобулочних виробів є необхідність підвищення їх якості харчової цінності.

Сьогодні у розгляді проблем представляють коренеплоди, у тому числі буряк столовий. Він є джерелом волокон, вітамінів, мікроелементів, амінокислот. Величезна цінність переробки буряку для людини пов'язана з наявністю в ній різних органічних сполук та поживних речовин, які мають багаточисельні лікувальні властивості [1].

Мета роботи – дослідження впливу квасу столового буряка на технологію пшеничного хліба з борошна першого сорту. Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі: – обґрунтування вибору зразків досліджуваних збагачувачів КСБ; – вивчення впливу КСБ на показники якості та зберігання пшеничного хліба.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори [2] розробили технологію приготування КСБ та в отриманих зразках (квас із льоном; квас із сироваткою та сухариками житніми) визначили масову частку сухих речовин, активну кислотність і хімічний склад. Для виробництва пшеничного хліба з використанням рослинної сировини, їх продуктів переробки у порошки [3], в тому числі і квасу, важливо обґрунтувати вибір цих інгредієнтів з точки зору впливу на структуру, смак, та поживну цінність хліба. Високий вміст вуглеводів підтримує процеси ферментації, що прискорює дозрівання тіста та покращує об'єм хліба, а харчові волокна можуть позитивно впливати на пористість. Автори [4] відзначають, що наявність калію (400 мг) і фосфору (60–70 мг) можуть підвищити загальний баланс мінералів у хліба, що позитивно впливатиме на здоров'я споживачів.

Особливою перевагою продуктів переробки буряка є квас [5], що має високий вміст природних барвників, таких як бетаїн, бетанін, β -каротин і хлорофіл. Ці сполуки не лише додають яскравий природний колір до кінцевого продукту, а й мають високу біологічну активність. Вони сприяють поліпшенню антиоксидантного статусу організму, мають радіопротекторні властивості та допомагають знижувати рівень оксидативного стресу. З огляду на хімічний склад та вплив на реологію тіста [6], було виділено кілька ключових аспектів, які стали визначальними при виборі двох зразків для дослідження: квас із додаванням сухариків та квас із сироваткою [1].

Також автори [7], в своїх роботах доводять якісний вплив порошку буряка на хлібобулочні та макаронні вироби. Зокрема, квас із сироваткою вирізняється низьким вмістом білків (0,8–1,0 г) та жирів (0,2–0,5 г), що є важливим критерієм для ряду експериментів. Водночас, рівень вуглеводів у цьому зразку становить 2–3 г, що забезпечує його збалансованість у випадках, коли не потрібні високі показники вуглеводів або жирів. Така характеристика робить його перспективним варіантом для подальших досліджень.

Квас із житньо-пшеничних сухариків відзначається підвищеним вмістом вуглеводів (6,0–7,0 г) і значною кількістю харчових волокон (27 г) [2]. Такий склад може суттєво впливати на текстуру, смакові характеристики та поживну цінність кінцевого продукту, зокрема хліба. Обидва зразки – квас із житньо-пшеничних сухариків і квас із сироваткою – мають свої унікальні переваги. Вивчення їхніх властивостей відкриває нові можливості для оптимізації технології приготування пшеничного хліба з урахуванням балансу хімічного складу та бажаних органолептичних характеристик.

Матеріали та методи. Створення рецептури пшеничного хліба ґрунтується на вивченні показників якості готових виробів у залежності від дозування рослинної добавки. Якість пшеничного хліба з борошна 1 сорти з додаванням квасу оцінювали за органолептичними та фізико-хімічним показникам, згідно рекомендацій авторів [5, 7].

Для наукового підґрунтя технології настоювання, нами запропоновано встановлення динаміки ферментації оптимального періоду та температури. Тому моделювання процесу ферментації квасу через залежність енергії ферментації P від температури води T і часу настоювання описано через математичний функціонал $P(T, x) = f(T, x)$. Енергію ферментації $P(T, x)$ описано на основі закону Арреніуса, який показує залежність швидкості хімічних реакцій від температури:

$$P(T, x) = A e^{-\frac{E_a}{RT} x}$$

де: A – константа (пропорційність швидкості реакції);

E_a – енергія активації процесу ферментації;

R – універсальна газова стала (8.314 Дж/моль·К);

T – температура води в Кельвінах;

x – час ферментації (в годинах).

З урахуванням змін ферментації $P(T, x)$ при додаванні компонентів до квасу, основна формула виглядає так:

$$P(T, x, C) = A' e^{-\frac{E_a'}{RT}} (1 - e^{-k' x})$$

де: A' , E_a' , k' – параметри, що враховують вплив добавок (каліни, сироватки, сухариків і льону) на інтенсивність, енергію активації і насичення процесу;

C – концентрація добавок, яка може модифікувати ці параметри.

Для визначення взаємозв'язку способу приготування тіста з додаванням квасу на властивості пшеничного тіста, квас вносили в тісто з водою у співвідношенні: 50:50. Контрольним варіантом служив пшеничний хліб з борошна першого сорту по ГОСТ 26987-86 [8]. Тісто готували безопарним і опарним способами. При безопарному способі тісто готували в одну стадію. Основна відмінність та особливість даної технології, на відміну від традиційних способів приготування, полягає в підготовці квасу буряка столового, що є найбільш тривалим етапом. При опарному способі, опару для хліба з додаванням квасу готували на великий густий опарі [4]. Опару залишали для бродіння на 45 хв. Після закінчення часу – вносили залишок пшеничного борошна, сіль, олію. Замість тіста проводили протягом 5 хв. до одержання однорідної консистенції. Готове тісто відправляли на вистоювання. Зріле тісто округляли, формували та випікали при температурі 190–200° протягом 40 хв.

Особливу увагу приділяли оцінці впливу використаного бурякового квасу на стійкість хлібобулочних виробів до розвитку «картопляної хвороби». Для цього застосовували метод органолептичного аналізу в умовах, що стимулюють ріст бактерій *Bacillus subtilis* та *Bacillus mesentericus*. Готові зразки хліба обгортали у вологий папір і поміщали до термостата з температурою 37 °С, що створювало сприятливе середовище для розвитку бактерій. Через 24 години хліб розрізали і візуально, а також за допомогою органолептичних властивостей, визначали наявність ознак захворювання, таких як специфічний запах або липкість м'якуша. У разі відсутності ознак захворювання, вироби продовжували витримувати в тих самих умовах, перевіряючи кожні 12 годин. Такий підхід дозволяв визначити стійкість виробу до мікробіологічного псування і зробити висновки щодо антибактеріальної дії компонентів бурякового квасу.

Результати. На рис. 1 подано тривимірний графік, що ілюструє залежність ферментаційної енергії від температури, часу ферментації та ферментаційної енергії для квасу столового буряка із середніми значеннями додавання компонентів.

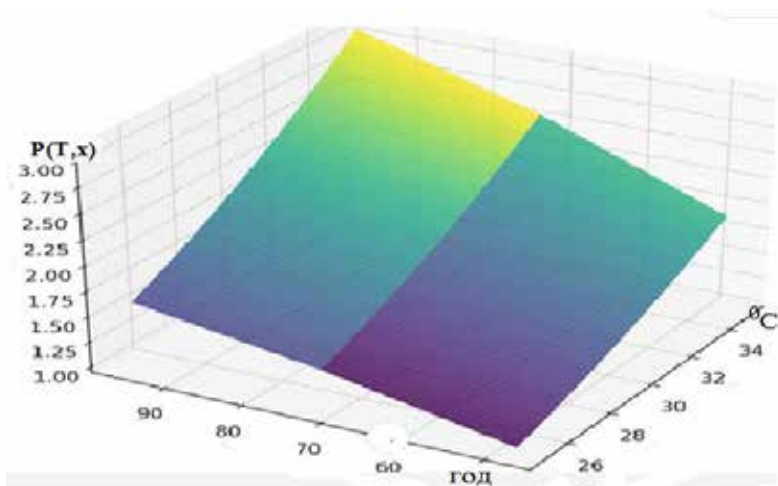


Рис. 1. Тривимірний графік залежності ферментаційної енергії від температури та часу

Цей графік допомагає візуалізувати, як змінюється процес ферментації в залежності від температури та часу, що може бути корисно для оптимізації рецептури бурякового квасу з добавками. Параметри можна варіювати в залежності від конкретних цілей – для більш кислого смаку можна збільшити час ферментації, а для збереження свіжого смаку скоротити його.

Отримані зразки хліба, приготовлені двома різними способами показують, що за безопарного способу приготування тіста (найменша тривалість) вийшов хорошої якості, але при випічці сильно змінився колір хліба, що говорить про руйнування пігментів буряка столового. При опарному (двофазному) способі випечений хліб вийшов з кращими характеристиками: тонкостінною пористістю, еластичним м'якушем і з хорошими органолептичними показниками. Отримані зразки пшеничного хліба з борошна 1 сорту з додаванням квасу в порівнянні з контрольним зразком представлено на рис. 2.



Рис. 2. Зразки хліба при різних способах приготування:
1 – контроль; 2 – опарний; 3 – безопарний

У процесі лабораторної випічки зразків пшеничного хліба з борошна 1 сорту з додаванням квасу відзначається активне бродіння тіста. Це пов'язано з кількісним змістом в ньому макроелементів – калію, натрію, фосфору, магнію, кальцію, які є активаторами багатьох ферментативних реакцій [1; 7]. Тістові заготовки з встановленою дозою квасу при безопарному способі накопичували кислотність за температури 25...26 °С протягом 40..45 хв, а заготовки опарним способом – протягом 38...40 хв. У контрольному зразку пшеничного хліба (без використання квасу) кислотність накопичувалася за 60 хв. Отже, квас стимулює мікробіологічні процеси в тісті: сприятливо впливає на активність дріжджових клітин і прискорення процесу бродіння. За результатами дослідження, у хлібу з пшеничного борошна 1 сорту з додаванням КСБ вміст: калію – 187,8 мг/100 г; заліза – 2,23 мг/100 г та Р-каротину – 0,16 мг/100 г.

Маркетингові дослідження та дегустаційна оцінка хліба серед експертів підтвердили перспективність створення нового хлібобулочного виробу. 95% респондентів висловилися за важливість виробництва, підкреслюючи його привабливість і потенціал на ринку. Що стосується органолептичних характеристик, більше половини опитаних оцінили зовнішній вигляд та аромат збагачених хлібобулочних

виробів максимальною бальною оцінкою 5 (53,3% та 51,6% відповідно). Це свідчить про високу оцінку естетичних якостей виробу, які є важливими для споживачів. Додатково, майже половина респондентів (49,1%) вважають смак продукту чудовим, що є важливим критерієм для прийняття рішення про його покупку.

Ці результати підтверджують, що хліб має всі перспективи для успішного впровадження на ринок, враховуючи позитивне сприйняття споживачами та високі оцінки якості продукту.

Оцінка розвитку «картопляної хвороби» хліба за допомогою органолептичного аналізу показала підвищену стійкість зразка, збагаченого квасом, до даної вади порівняно з контролем. Перші ознаки розвитку *Bacillus subtilis*, що є основною причиною «картопляної хвороби», спостерігалися у зразку зі квасом лише через 72 години зберігання, що вказує на затримку в розвитку пліснявих процесів. У той же час, у контрольному зразку ознаки цієї хвороби були виявлені вже через 48 годин зберігання. Ці результати підтверджують про сприяння покращення якості та збереженості хлібобулочних виробів, знижуючи ризик розвитку мікробіологічних порушень, зокрема «картопляної хвороби».

Обговорення. Проведене дослідження надало важливу інформацію, яка має значення для хлібопекарської галузі, зокрема у сфері раціонального використання рослинної сировини та коренеплодів. Використання продуктів переробки столового буряка, таких як квас, доповнений різними добавками, забезпечує наявність мінеральних речовин, необхідних для організму людини. Крім того, такі добавки позитивно впливають на зовнішній вигляд і аромат хлібобулочних виробів, а також підвищують їхню стійкість до розвитку *Bacillus subtilis*.

Отримані результати дозволили визначити низку ключових аспектів, які мають перспективу як для подальших наукових розробок, так і для практичного впровадження у виробництво. Зокрема, вони стосуються підвищення поживної цінності хлібобулочних виробів, оптимізації їх текстурно-смакових характеристик і подовження терміну зберігання продукції.

Висновки. Проведені дослідження підтвердили, що квас із столового буряка є перспективною сировиною для збагачення пшеничного хліба. Встановлено, що використання квасу із буряка покращує якісні показники хліба з борошна першого сорту, зокрема підвищує пористість, вологість і кислотність виробу. Крім того, додавання квасу стимулює активність дріжджових клітин, що сприяє інтенсивнішому процесу бродіння та скорочує його тривалість.

Отже, застосування квасу із столового буряка (КСБ) у виробництві хлібобулочних виробів дозволяє не лише покращити органолептичні властивості, такі як смак, аромат і текстура, але й значно підвищити їхню стійкість до псування. Це, своєю чергою, є важливим фактором для продовження терміну зберігання продукції та підвищення її конкурентоспроможності на ринку.

Результати аналізу продемонстрували, що використання КСБ сприяє покращенню мікробіологічної стабільності хліба, завдяки чому знижуються ризики розвитку небажаних мікроорганізмів. Такий підхід є вагомим досягненням у контексті оптимізації процесів збереження хлібобулочних виробів та задоволення потреб сучасного споживача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кравченко Р., Стадник І. Технологія приготування та визначення властивостей квасу із столового буряка для використання у хлібопеченні. *Здоров'я людини і нації*, 2024. № 3 (2024). С. 35–46.

2. Пахомська О.В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. № 25. Т. 2. С. 276–283.

3. Карпик, М. Кухтин, В. Сельський, І. Назарко, О. Покотило, М. Гайдамака Дослідження технологічних властивостей хліба з додаванням бурякового квасу. *Науковий вісник ЛНУВМБ. Серія: Харчові технології*, вип. 23, 2021. С. 3–7. <https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

4. Кравченко Р.Ю., Кравченко Г.Ю., Стадник І.Я., Сабадаш Г. Вплив вальцювального подрібнення пророщеного насіння льону на якісні показники печива Тернопільське // *Вісник ТНТУ*, 2024, № 2(114), С. 51–59.

5. Igor Stadnyk, Olena Kolomiets, Oksana Dziana. SUBSTANTIATION OF FOAMY STRUCTURE FORMATION IN A GLUTEN-FREE BISCUIT *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* vol. 14, 2020 p. 1008–1019. <https://doi.org/10.5219/1399>

6. Samilyk M., Helikh A., Ryzhkova T., Bolgova N., Nazarenko Y. Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2, No 11(104). 2020. P. 46–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199527>.

7. Stadnyk Igor, Piddubnyi Volodymyr, Chahaida Andrii, Fedoriv Viktor, Hushtan Tetiana, Kraievska Svitlana, Kahanets-Havrylko Lesia, Okipnyi Ihor Energy saving thermal systems on the mobile platform of the mini-bakery. *Contents of Journal of Mechanical Engineering – Strojnícky časopis*, Volume 73, No. 1 2023: pp. 169–186. DOI: 10.2478/scjme-2023-0014

8. Tetiana Lisovska, Igor Stadnik, Volodymyr Piddubnyi, Nina Chorna Effect of extruded corn flour on the stabilization of biscuit dough for the production of gluten-free biscuit. *Ukrainian Food Journal* Volume 9, 2020. Issue 1 Kyiv, C. 159–174.

REFERENCES:

1. Kravchenyuk R. & Stadnyk I. (2024) Technology of preparation and determination of properties of kvass from table beet for use in bread baking. *Human and nation's health*, no. 3, pp. 35–46.

2. Pakhomskaya, O.V. (2019). Scientific approach to the creation of functional bakery products]. *Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy – Scientific works of the National University of Food Technologies*, 25 (2), 276–283.

3. Karpyk, M. Kukhtyn, V. Selskyi, I. Nazarko, O. Pokotylo, M. Haidamaka (2021) Research of technological properties of bread made with the addition of beet kvass. *Scientific Messenger LNUVMB. Series: Food Technologies*, vol. 23, 3–7 <https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

4. Kravchenyuk R.Yu., Kravchenyuk H.Yu., Stadnyk I.Ya., Sabadash G. (2024) The effect of roller crushing of germinated flax seeds on the quality indicators of “Ternopilske” cookies // *Bulletin of the TNTU*, 2024, No. 2(114), P. 51–59.

5. Igor Stadnyk, Olena Kolomiets, Oksana Dziana (2020) SUBSTANTIATION OF FOAMY STRUCTURE FORMATION IN A GLUTEN-FREE BISCUIT *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* vol. 14, p. 1008–1019. <https://doi.org/10.5219/1399>

6. Samilyk M., Helikh A., Ryzhkova T., Bolgova N., Nazarenko Y. (2020) Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2, No 11(104). P. 46–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199527>.

7. Stadnyk Igor, Piddubnyi Volodymyr, Chahaida Andrii, Fedoriv Viktor, Hushtan Tetiana, Kraievska Svitlana, Kahanets-Havrylko Lesia, Okipnyi Ihor (2023) Energy saving thermal systems on the mobile platform of the mini-bakery. *Contents of Journal of Mechanical Engineering – Strojnícky časopis*, Volume 73, No. 1: pp. 169–186. DOI: 10.2478/scjme-2023-0014

8. Tetiana Lisovska, Igor Stadnik, Volodymyr Piddubnyi, Nina Chorna (2020) Effect of extruded corn flour on the stabilization of biscuit dough for the production of gluten-free biscuit. *Ukrainian Food Journal* Volume 9, Issue 1 Kyiv, C. 159–174.