

## ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА НА ЗАКВАСКАХ

Федорова Д. В., Слащева А. В., Ланська В. Д.

### ВСТУП

Світовий ринок виробництва безглютенових продуктів має стабільну позитивну динаміку зростання. В останні роки безглютенова продукція вийшла з ніші спеціалізованого харчування та наразі на магазинних полках займає місце в ряді продуктів здорового харчування.

За останні 30 років споживання безглютенових продуктів значно зросло, особливо у розвинутих країнах Європи, Північної Америки та Австралії, населення яких етнічно належить до так званого «світу пшениці», де традиційно злаки є основою раціону та мають соціальну значимість<sup>1</sup>. Це визначається багатьма факторами, включаючи численні повідомлення в медичній літературі та традиційних ЗМІ про клінічні переваги, пов'язані з уникненням глютену, а також продуманий маркетинг з боку виробників і роздрібних торгових точок, орієнтований на споживачів, що дотримуються принципів здорового способу життя. Згідно з сучасними дослідженнями, проведеними в лабораторіях Німеччини та США, глютен здатний викликати звикання і навіть розвиватися в сучасні залежності. Саме з цієї причини дієтологи і лікарі все частіше пропонують своїм пацієнтам (навіть тим, хто не хворіє целиацією) перейти на безглютенове харчування<sup>2</sup>. Наразі споживачі часто обмежують глютен у своєму раціоні з різних причин, таких як покращення шлунково-кишкових і нешлунково-кишкових симптомів, а також уявлення про те, що глютен потенційно шкідливий, і, отже, обмеження означає здоровий спосіб життя.

Питанню розробки технологій безглютенових хлібобулочних виробів приділяють увагу науковці та виробники багатьох країн світу. Проблема створення безглютенових хлібобулочних виробів є

---

<sup>1</sup> Kulshrestha R. Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds) Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham, 2022. P. 79–93. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_9).

<sup>2</sup> Palmieri B, Vadala M, Laurino C. Gluten-free diet in non-celiac patients: beliefs, truths, advantages and disadvantages. *Minerva Gastroenterol Dietol*. 2019. Vol. 65 (2). P. 153–162. <https://doi.org/10.23736/S1121-421X.18.02519-9>.

актуальною і в Україні<sup>3</sup>, однак потреби населення в них забезпечуються переважно коштовною імпортною продукцією, тому майже весь асортимент безглютенового хліба в країні представлений закордонними (польськими, італійськими, німецькими) виробниками, а саме: “Bezgluten”, “Glutenex”, “Dr. Schar”, “Balviten”, “Gluten Free Life”, “Abonett”, “GFL”, “Gullon”, “Sonko”. При цьому ціни на імпортні безглютенові продукти не відзначаються доступністю для багатьох верств населення України, що вимагає активізації роботи науковців та виробників хліба в напрямку розробки вітчизняних доступних технологій такого соціально значущого продукту, як хліб.

Глютенвісні продукти з пшениці та інших злакових культур є традиційною основою харчового раціону населення України, тому впровадження безглютенової дієти для людей з глютензалежними захворюваннями є доволі складним завданням в нашій країні<sup>4</sup>. Серед продуктів, які традиційно виготовляються із глютенвісної зернової сировини, найбільш проблематичним є виготовлення безглютенових хлібобулочних виробів, оскільки споживачі хочуть отримувати хліб із традиційними органолептичними властивостями (з пористо-губчастим каркасом, золотавою скоринкою та вираженим злаковим присмаком з кислинкою), проте, основну роль у формуванні цих показників виконує глютен та речовини, що утворюються при бродінні<sup>5, 6, 7</sup>. Ця проблема потребує нових технологічних рішень та наукових досліджень.

Оскільки хліб має неабияке соціальне значення у харчуванні українців, дослідження, що спрямовані на удосконалення та розробку технологій безглютенових хлібобулочних виробів, які зможуть конкурувати із закордонними аналогами не лише за ціновою політикою, а й за високими показниками якості, є актуальними та своєчасними. Враховуючи проблематичність створення безглютенового хліба із

---

<sup>3</sup> Новойтенко І. В., Малиновський В. В. Стан та основні тренди розвитку хлібопекарської промисловості України. *Ефективна економіка*. 2020. № 11. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.11.52>.

<sup>4</sup> Šmídová Z, Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*. 2022. 11 (3). 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>.

<sup>5</sup> Красовська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенових харчових продуктів. *Товари і ринки*. 2018. № 4. С. 36–46.

<sup>6</sup> Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф., Федоренко Ю. О. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целиакію. *Зберігання та переробка зерна*. 2017. № 3 (211). С. 43–48.

<sup>7</sup> Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 214 с.

певними органолептичними властивостями, притаманними традиційним видам хліба із глютенвмісної сировини<sup>8</sup>, доцільно розглянути накопичені наукові дані та практичний досвід стосовно створення даної продукції.

## 1. Теоретичні аспекти виробництва безглютенових хлібобулочних виробів

В Законі України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів» визначено, що «глютен – це протеїнові фракції з пшениці, жита, ячменю, вівса або їхніх гібридних видів та їхніх похідних, які можуть спричиняти непереносимість у людей, які їх споживають, і які є нерозчинними у воді та 0,5 М розчині хлористого натрію». Глютен (клейковина) відноситься до сімейства білків, відомих як проламіни (головним чином, глютенін і гліадин), які становлять запасний білок у крохмалистому ендоспермі багатьох зернових культур, таких як пшениця, ячмінь і жито. Терміном «глютен» позначають групу білків злакових культур, до яких відносять проламіни пшениці (гліадин), жита (секалін), ячменю (гордеїн) та глютеліни пшениці – глютенін. Кожен тип зерна містить різну кількість глютену, а також інших білків. Різні проламіни (наприклад, глютенін, гліадин), повинні перетравлюватися в просвіті тонкої кишки після споживання; однак, ці пептидні макромолекули, багаті проліном і глутаміном, людині важко засвоїти. Крім того, у зв'язку з появою нових пептидів глютену шляхом генетичної модифікації в результаті сучасної практики сільського господарства, в продуктах із злакових спостерігається збільшення пептидів глютену, що активують імунну систему<sup>9, 10</sup>.

За різними даними, частка населення з гіперчутливістю до глютену коливається і в середньому становить 10 %, а близько 1 % населення планети страждає на абсолютну непереносимість глютену (целиакію,

---

<sup>8</sup> Lanska V., Fedorova D., Slashcheva A. Scientific and theoretical aspects of using rice flour-based spontaneous fermentation sourders in gluten-free bread technology. *Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2022. P. 49–53. URL: <https://sci-conf.com.ua/1-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-technology-problems-prospects-and-innovations-19-21-10-2022-osaka-yaponiya-arhiv/>.

<sup>9</sup> Newberry C. The Gluten-Free Diet: Use in Digestive Disease Management. *Curr Treat Options Gastroenterol*. 2019. Vol. 17 (4). P. 554–563. <https://doi.org/10.1007/s11938-019-00255-0>.

<sup>10</sup> Yazar G., Duvarci O. C., Tavman S., Kokini J. L. LAOS behavior of the two main gluten fractions: Gliadin and glutenin. *Journal of Cereal Science*. 2017. Vol. 77. P. 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.014>.

або глютену ентеропатію)<sup>11</sup>. Безглютенова дієта, важливою складовою якої є хлібобулочні вироби, має бути безумовною основою щоденного раціону хворих на целиакію.

Целиакія (лат. coeliakia; від грец. Κοιλιακός – «кишечний, розлад кишечника») – це аутоімунна ентеропатія, що виникає внаслідок специфічної імунної відповіді на пептид, отриманий з глютену. Патогенез целиакії включає молекулярну взаємодію між пептидами глютену, кишковим епітелієм і клітинами Т-лімфоцитів, активність яких посилюється трансглютаміназою, розташованою на епітеліальному щіточному краї<sup>12</sup>. Целиакія проявляється діареєю, здуттям живота, припухлістю та болями в животі, значною втратою ваги, блюванням<sup>13</sup>. Целиакія призводить до хронічного запалення поверхні слизової оболонки тонкого кишечника та атрофії кишкових ворсинок, що призводить до порушення нормального всмоктування поживних речовин<sup>14</sup>, а саме: кальцію, вітаміну D, заліза, йоду, вітамінів групи B, харчових волокон. Це може спричиняти залізодефіцитну анемію, низькорослість (9–10 % хворих на целиакію), патології щитовидної залози (10–13 %), крихкість кісток (75 %) та остеопороз (35 %), лактазну недостатність, біль у кістках або суглобах, артрит, депресію, занепокоєння, судоми, поколювання, оніміння рук та ніг, герпетиформний дерматит<sup>15</sup>. На сьогодні в Україні, за попередніми

---

<sup>11</sup> Lebwohl B., Sanders D. S., Green P. H. R. Coeliac disease. *Lancet*. 2017. Vol. 391. Is. 10115. P. 70–81 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31796-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31796-8).

<sup>12</sup> Surabhi P. Nutritional Aspects and Health Implications of Gluten-Free Products, Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds). Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham, 2022. P. 17–34. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_2).

<sup>13</sup> Hardy M. Y., Tye-Din J. A., Stewart J. A., Schmitz F., Dudek N. L., Hanchapola I., Purcell A. W., Anderson R. P. Ingestion of oats and barley in patients with celiac disease mobilizes cross-reactive T-cells activated by avenin peptides and immunodominant hordein peptides. *Journal of Autoimmunity*. 2015. № 56. P. 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.10.003>.

<sup>14</sup> Mukhopadhyay C. D. Current Advances in Celiac Disease: Consequences and Improvement Strategies. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds) Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham, 2022. P. 1–16. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_1).

<sup>15</sup> Varino S. Active Coeliac: Disassembling Gluten and Coeliac Disease. *Somatechnics*. 2019. Vol. 9. Is. 2–3. P. 188–205. <https://doi.org/10.3366/soma.2019.0279>.

оцінками, живуть приблизно 500 тис. осіб, які страждають на недіагностовану целиакію (глютенову ентеропатію)<sup>16</sup>.

Варто відзначити, що людей, які дотримуються безглютенової дієти значно більше, ніж хворих із верифікованою целиакією, оскільки існують інші захворювання, пов'язані зі споживанням в їжу глютену. До них відносять алергію на білки пшениці та інших злаків, якою страждають 2–9% населення. Крім цього, у 2012 р. було виявлено нову форму глютензалежної патології – непереносимість глютену без целиакії (gluten sensitivity)<sup>17</sup>, при чому число людей з цим захворюванням значно перевищує кількість хворих на целиакію та становить 7–16%<sup>18</sup>.

Крім того, безглютенова дієта відіграє важливу роль в харчуванні людей із синдромом роздратованого кишечника (шлунково-кишкових розладів внаслідок імуніоопосередкованої реакції на глютен), з шизофренією (такі хворі мають вищий рівень антигліадинових аутоантитіл), з фіброміалгією, з ендометріозом і хронічним тазовим болем.

Безглютенова дієта також рекомендована при аутоімунних захворюваннях: ендокринної системи (тиреїдит Хашимото, інсулінзалежний діабет, безпліддя та ін.), кровотворної системи (перніціозна анемія та ін.), нервової системи (енцефалопатія, розсіяний склероз, хвороба Альцгеймера та ін.), сполучної тканини (системний склероз, вітіліго, ревматизм та ін.), внутрішніх органів (міокардит, неспецифічний виразковий коліт та ін.), суглобів (ревматоїдний артрит та ін.), розповсюдженість яких збільшилася на фоні пандемії Covid-19 за рахунок спотвореної реакції імунної системи на вірус SARS-CoV-2<sup>19</sup>. Також деякі спортсмени виступають за безглютенову дієту для підвищення продуктивності та витривалості.

В цілому, кількість потенційних споживачів безглютенових продуктів збільшується з кожним роком, що призводить до зростання

---

<sup>16</sup> Степанов Ю. М., Саленко А. В. Целиакия: сучасний погляд на діагностику та лікування. *Gastroenterologia*. 2018. № 52 (4). С. 249–253. <https://doi.org/10.22141/2308-2097.52.4.2018.154145>.

<sup>17</sup> Bardella M. T., Elli L., Ferretti F. Non-celiac Gluten Sensitivity. *Curr Gastroenterol Rep*. 2016. Vol. 18 (12). P. 63. <https://doi.org/10.1007/s11894-016-0536-7>.

<sup>18</sup> Sergi C, Villanacci V, Carroccio A. Non-celiac wheat sensitivity: rationality and irrationality of a gluten-free diet in individuals affected with non-celiac disease: a review. *BMC Gastroenterol*. 2021 Vol. 21 (1) № 5. <https://doi.org/10.1186/s12876-020-01568-6>.

<sup>19</sup> Niland B., Cash B. D. Health benefits and adverse effects of a gluten-free diet in non-celiac disease patients. *Gastroenterol Hepatol*. 2018. № 14. P. 82–91. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5866307/>.

попиту на якісні та безпечні безглютені харчові продукти<sup>20</sup>. Безглютені продукти в даний час є найперспективнішою категорією в хлібопекарській промисловості. Пояснюється така популярність просто: багато споживачів, які не страждають на цю хворобу, віддають перевагу безглютеній дієті, вважаючи, що це просто допомагає їм почуватися краще.

Довічне дотримання безглютенної дієти є єдиним терапевтичним засобом для осіб, які страждають на целиацію, що супроводжується низкою проблем.

По-перше, така дієта вимагає уникнення багатьох традиційних повсякденних харчових продуктів, таких як хлібобулочні, макаронні та кондитерські вироби, пластівці для сніданку, а також більшість оброблених харчових продуктів: від супів швидкого приготування до кетчупу, що зазвичай містять пшеницю як основний інгредієнт та/або як харчову добавку.

По-друге, оскільки більшість комерційних харчових продуктів обробляються та упаковуються на спільних підприємствах з продуктами, що містять глютен, поширеним явищем є перехресне забруднення. Таким чином, різні харчові продукти, що у своєму складі не містять глютен, все ж можуть містити залишкові сліди глютену в різних кількостях, що може впливати або не впливати на пацієнтів з целиацією (на відміну від важкої алергії на глютен, коли навіть мінімальні сліди глютену можуть мати небезпечні для життя та потенційно смертельні наслідки). Безпечність залишкового глютену є одним із предметів суперечок, оскільки законодавство різних країн сильно різниться щодо маркування безглютенної їжі: у США встановлено ліміт у 10 ppm (10 частин на мільйон), у Канаді – 5 ppm, у Норвегії – 20 ppm, у Швейцарії – 5 ppm.

Відповідно до вимог міжнародного стандарту Codex Alimentarius (CODEX STAN 118-1979), безглютенними можуть вважатися продукти, які містять не більше 20 ppm (parts per million, частинок на мільйон, або мг/кг) глютену. Для маркування цих продуктів використовують позначення “gluten-free”. Відповідно до останніх норм ЄС вміст глютену не повинен перевищувати 20 мг/кг у продуктах “gluten-free” та 100 мг/кг у продуктах, спеціально оброблених для зниження вмісту клейковини з пшениці<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Красовська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенних харчових продуктів. *Товари і ринки*. 2018. № 4. С. 36–46. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary\\_2018\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2018_4_6).

<sup>21</sup> Codex Alimentarius-Commission. Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten: CODEX STAN 118-1979 (amendment: 1983 and 2015).

В Законі України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів» визначається, що «позначення «без глютену» може бути застосовано лише за умови, що вміст глютену у харчових продуктах не перевищує 20 мг/кг загальної маси харчового продукту; позначення «з дуже низьким вмістом глютену» може бути застосовано лише за умови, що харчові продукти, що складаються з або містять один чи більше інгредієнтів, виготовлених з пшениці, жита, ячменю, вівса або їх гібридних видів, що були спеціально оброблені для зменшення вмісту глютену, містять не більше ніж 100 мг/кг загальної маси харчових продуктів».

У даний час в Україні лише офіційне отримання ліцензійного дозволу на маркування ТМ «Перекреслений колосок» гарантують безпеку та якість товарів без глютену. Завдяки зусиллям ВГО «Українська Спілка целіакії» стає можливим впровадження Європейської Системи Ліцензування (ELS) харчових продуктів з метою офіційного отримання українськими виробниками ліцензійних прав на маркування безглютенової продукції символом «Перекреслений колосок» і надбання відповідності стандартам АЕОС (Асоціація Європейських Спілок Целіакії), які гарантують якість і безпеку безглютенових товарів. Продукція, що має на упаковці символ перекресленого колоска, і всі інгредієнти такої продукції повинні містити не більше 20 мг глютену на один кілограм виробу. Сертифікуються тільки продукти, що складаються з декількох інгредієнтів, або перероблені продукти, наприклад, хліб або фруктові батончики. Підприємства-виробники продукції, сертифіковані АЕОС, повинні проводити щорічні аудити, а також щорічно проводити випробування готової продукції в акредитованих лабораторіях<sup>22</sup>.

На сьогоднішній день в «Українській Спілці целіакії» ліцензовано лише одного виробника безглютенових видів борошна – це ТОВ «Каскад», ТМ “Ms. Tally”, м. Полтава. Тому для розробки безглютенового хліба для спеціалізованого харчування доцільно використовувати продукцію цього виробника.

---

URL: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandard%252FCXS%2B118-1979%252FCXS\\_118e\\_2015.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandard%252FCXS%2B118-1979%252FCXS_118e_2015.pdf).

<sup>22</sup> Наумова О. О., Донцова О. В., Аграмакова Н. В. Перспективи підвищення відповідальності вітчизняних виробників харчової продукції без глютену з використанням Європейської системи ліцензування (ТМ «Перекреслений колосок»). *Бізнесінформ*. 2017. № 12. С. 325–330. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf\\_2017\\_12\\_50](http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2017_12_50).

## 2. Сучасні напрями вдосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів

Теоретичним та практичним аспектам виробництва безглютенової хлібобулочної продукції присвячені праці вітчизняних та зарубіжних вчених: Дробот В. І., Доценка В. Ф., Кузнецової О. А., Шаніної О. М., Грищенко А. М., Кучерук З. І., Лобачевої Н. Л., Шнейдер Д. В., Мороні А. (Alice V. Moroni), Белло Ф. (Fabio Dal Bello), Дан Г. (Hangyan Dan), Лі Ч. (Cheng Li), Ді Карно Р. (Raffaella Di Cagno), Мур М. (Michelle M. Moore), Хонда Ю. (Yuji Honda), Фукаса М. (Michuki Fucasa) та ін.

Розроблення технологій безглютенових хлібобулочних виробів базується на двох принципових напрямках:

- 1) видалення або модифікація гліадину в глютенвмісній сировині;
- 2) використання природної агліадинової сировини рослинного походження<sup>23</sup>.

Пошук шляхів модифікації гліадину та глютеніну в борошні традиційних злакових культур з метою зменшення його вмісту до < 20 ppm є прогресивним напрямком у розробленні технологій безглютенового хліба. Проте, його основним недоліком, на нашу думку, є складність ведення технологічних прийомів. Наприклад, італійські вчені пропонують пшеничне борошно піддавати ферментації в присутності молочнокислих бактерій *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus plantarum* та грибних протеаз, продукованих *Aspergillus oryzae* і *Aspergillus niger* протягом 18 год за температури 37°C. Також є спосіб гідратації зерен пшениці тривалістю 1 год з наступним видаленням води та мікрохвильовим обробленням гідратованих зерен протягом 2 хв при потужності 1000 Вт<sup>24, 25</sup>.

З огляду на доцільність раціональної організації виробництва, більш практичним принциповим напрямом є використання природної безглютенової сировини у поєднанні зі структуроутворювачами та поліпшувачами.

---

<sup>23</sup> Breadmaking: Improving Quality / Book: Third Edition. Editors: Stanley P. Cauvain. Witney, United Kingdom: Woodhead Publishing, 2021. 766 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02039-6>.

<sup>24</sup> Rifna, E. J., Dwivedi, M., Kulshrestha, R. (2022). Novel Approaches in Gluten-Free Bread Making: Case Study. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds) Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_8).

<sup>25</sup> Спосіб детоксифікації глютенних білків у зернах злаків: пат. 116780 Україна: МПК А23L 5/20, 5/30, 7/10. № а201503538; заявл. 29.04.2013; опубл. 10.05.2018, Бюл. № 9.



Як основну сировину для виробництва безглютенових хлібобулочних виробів поширеним є використання нативних та модифікованих крохмалів (рисового, кукурудзяного, соргового, пшонаного, картопляного), безглютенових видів борошна (рисового, кукурудзяного, гречаного, амарантового, горохового, соєвичного, соєвого, соргового, лляного, нутового, квасолевого, пшонаного, вівсяного, борошна з тефу, кіноа або зеленої гречки), а також їх комбінацій у різних співвідношеннях. Доцільним є також використання слизового насіння (тобто такого, що набрякає при контакті з водою та утворює слизи), таких як насіння чіа, льону, базиліку, гірчиці, або шроту олійного насіння, наприклад, з ріпаку, соняшника, арахісу, кунжуту, амаранту, конопель, гарбуза тощо.

Аналіз літературних джерел показав, що найпростіший спосіб створення безглютенових виробів, що органолептично імітують традиційні глютенвмісні кондитерські та хлібобулочні вироби, є розробка технологій на основі нативних крохмалів (із безглютенової сировини) з додаванням гідроколідів та хімічних розпушувачів. Такий підхід є дуже прийнятним для кондитерської борошняної продукції, оскільки дозволяє отримувати вироби, які за структурою та органолептикою не поступаються традиційним<sup>26</sup>. Проте, для хлібобулочного виробництва приготування виробів із пружною пористою хлібною м'якушкою вимагає як основу використовувати не крохмалі, а безглютенове борошно. Тому наразі більшість розроблених рецептур хліба містять безглютенове борошно (або їх суміш), крохмалі (або без них), структуроутворювачі (гідроколіди), а технології потребують проведення не хімічного, а біологічного способу розпушення тіста, тобто дріжджового бродіння.

Як основну сировину деякі дослідники пропонують використовувати один вид безглютенового борошна, пропонуючи покращувати прогнозований невиражений смак хліба за рахунок попереднього ферментативного гідролізу частини борошна  $\alpha$ -амілазою та

---

<sup>26</sup> Юдіна Т., Романенко Р., Безрученко О. Підвищення технологічного потенціалу аглютенної борошняної сировини. *Товари і ринки*. 2020. № 4 (36). С. 93–103. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(36\)09](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(36)09).

глюкоамілазою<sup>27</sup>, або додавання молочних продуктів<sup>28,29</sup>, або шроту насіння гарбуза<sup>30,31</sup>, або шроту соняшника<sup>32</sup>.

Більш сучасним і ефективним напрямком є комбінування різних видів борошняної безглютенової сировини у заданому співвідношенні, оскільки використання саме таких безглютенових сумішей надає можливість збалансувати пріснуватий смак хліба та розширити асортимент безглютенової продукції.

Так, наприклад, Грищенко А. М. (НУХТ, м. Київ) було розроблено технологію безглютенового хліба, в рецептурі якого використовували суміш кукурудзяного і картопляного (не менше 20 %) крохмалю, камедей ксантану та гуару (при співвідношенні 70:30 у кількості 1 % до маси крохмалю). Для покращення смакових властивостей та харчової цінності такого хліба запропоновано використовувати борошно круп'яних культур, а саме рисове – (до 30 %), кукурудзяне – 25 % і гречане – 15 % замість крохмалю<sup>33</sup>.

---

<sup>27</sup> Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф. Дослідження впливу амілолітичних ферментів на мікробіологічні процеси в тісті та якість рисового хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24, № 2. С. 175–186. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt\\_2018\\_24\\_2\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt_2018_24_2_21).

<sup>28</sup> Хліб безглютеновий: патент на корисну модель 142991 Україна: А21 D 13/066 / Дробот В. І., Сорочинська Ю. С.: заявник та власник патенту: Національний університет харчових технологій. № u201911851 ; заявл. 12.12.2019 ; опубл. 10.07.2020, Бюл. № 13/2020.

<sup>29</sup> Дробот В. І., Сорочинська Ю. С., Грищенко А. М. Перспектива збагачення хлібобулочних виробів казеїном. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25. № 5. С. 117–124. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt\\_2019\\_25\\_5\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt_2019_25_5_14).

<sup>30</sup> Дробот В. І., Сорочинська Ю. С., Бондаренко Ю. В., Ренкас О. І. Використання шроту насіння гарбуза в технології безглютенового хліба. *Харчова промисловість*. 2019. № 26. С. 6–13. URL: [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34345/1/Improving\\_the\\_technology\\_of\\_gluten-free\\_bread\\_using\\_sorghum\\_flour.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34345/1/Improving_the_technology_of_gluten-free_bread_using_sorghum_flour.pdf).

<sup>31</sup> Сорочинська Ю. С. Удосконалення технології безглютенового хліба з використанням борошна з зерна сорго : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Київ, 2021. 277 с.

<sup>32</sup> Шаніна О. М., Жуков Є. В., Нуреева А. В. Вплив технологічних факторів на ступінь пенетрації хлібобулочних виробів спеціального призначення. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 2/4 (28). С. 30–35. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.65462>.

<sup>33</sup> Грищенко А. М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Київ, 2011. 222 с.

Під керівництвом професора Дробот В. І. (НУХТ, м. Київ)<sup>34</sup> розроблено технологію безглютенового хліба із суміші рисового та кукурудзяного борошна (50:50) без додавання крохмалю. Для покращення в'язко-пластичних властивостей та газоутримувальної здатності тіста доцільним вважають використання ксантану і ГПМЦ у співвідношенні 0,5:1 в кількості 1–1,5 % до маси борошна.

В Інституті продовольчих ресурсів НААН (м. Київ) розроблено рецептури хліба з використанням сумішей із кукурудзяного, пшонаного, гречаного і нутового борошна. Для поліпшення структурно-механічних властивостей тіста додавали крохмаль кукурудзяний і картопляний, камеді ксантану, гуару та ГПМЦ<sup>35</sup>. Писарець О. М., Бела Н. І. та ін. пропонують технології безглютенового хліба на основі суміші з кукурудзяного і картопляного крохмалю, кукурудзяного, рисового та пшонаного борошна; як структуроутворювачі використовуються псилліум та ГПМЦ у співвідношенні 3:1<sup>36</sup>.

Шаніна О. М. із співавторами розробили спосіб виробництва парового безглютенового хліба, в якому як борошняну сировину використовують суміш з борошна кукурудзяного та борошна соргового, або суміш з борошна кукурудзяного та борошна лляного, або суміш з борошна кукурудзяного та борошна вівсяного. Як коректор структури виробів застосовують меланж яечний<sup>37</sup>.

Турецькими науковцями з університету Ege University<sup>38</sup> розроблено технологію безглютенового хліба, до складу якого входять картопляний крохмаль, борошно рисове, гречане і кіноа; як гідроколоїд використовують ксантанову камідь.

---

<sup>34</sup> Семенова А. Б., Приходько Ю. С., Дробот В. І. Проблеми та перспективи виготовлення безглютенових хлібобулочних виробів в Україні. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/24722/1/Tsabpipvbhvvu.pdf>.

<sup>35</sup> Спосіб виробництва парового безглютенового хліба: пат. 107391 Україна: МПК А21D 8/02. № u201508626; заявл. 17.09.2015; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11.

<sup>36</sup> Писарець О. П., Бела Н. І., Гетьман І. А., Семенова А. Б. Доцільність застосування псилліуму у якості структуроутворювача в технології безглютенових хлібобулочних виробів. *Продовольчі ресурси*. 2018. Вип. 10. С. 232–236. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr\\_2018\\_10\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr_2018_10_30).

<sup>37</sup> Шаніна О. М., Галясний І. В., Лобанова Н. Л. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба. *East European Scientific Journal*. 2015. № 4. С. 56–60. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr\\_2018\\_10\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr_2018_10_30).

<sup>38</sup> Gulsum M. Turkut, Hulya Cakmak, Seher Kumcuoglu, Sebnem Tavman. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*. 2016. № 69. P. 174–181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>.

Іспанські дослідники<sup>39</sup> пропонують додавати до рисового борошна 10–30 % борошна окари (соєвої пульпи) і 15–45 % кукурудзяних висівок, що дозволяє покращити органолептичні показники та поживну цінність хліба.

Бразильські вчені із Santista Federal University<sup>40</sup> пропонують міксувати рисове борошно та картопляний крохмаль з цільним борошном чіа, що надає безглютеновому хлібу приємного смаку та аромату.

Зарубіжні фірми “GFL”, “Bezgluten” і “Celiko” (Польща), “Schar” (Італія) виробляють широкий асортимент універсальних сумішей для випікання безглютенового хліба. Аналіз їх рецептурного складу показав, що в більшості продукції основу сумішей складають рисове або кукурудзяне борошно, кукурудзяний або картопляний крохмаль, загущувачі (камідь ксантану, гуару, рожкового дерева, ГПМЦ, фруктоолігосахариди, очищені препарати харчових волокон, емульгатор (моно- і дигліцериди жирних кислот (Е 471)). Проте, інформація про співвідношення рецептурних інгредієнтів у цих сумішах не розголошується.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш технологічними, високопродуктивними та доступними для виробництва безглютенового хліба є борошно з рису (білого або нешлифованого), кукурудзи та гречки, в тому числі зеленої.

Найчастіше сировиною для виробництва борошна рисового (БР) виступає білий шліфований рис. Продукт має м'який смак, біло-сніжний колір та високу засвоюваність. Завдяки гіпоалергенним властивостям БР використовують в дієтичному харчуванні людей всіх вікових категорій, особливо дітей. Вміст білка в ньому є невисоким (5–7 %) порівняно з іншою зерновою сировиною. Проте, білок БР має найвищу біологічну цінність серед всіх злакових культур, є збалансованим за амінокислотним складом (близький до материнського

---

<sup>39</sup> Rafaiane Macedo Guimarães, Tatiana Colombo Pimentel, Thaisa Alves Matos de Rezende, Jhessika de Santana Silva, Heloísa Gabriel Falcão, Elza Iouko Ida & Mariana Buranelo Egea. Gluten-free bread: effect of soy and corn co-products on the quality parameters. *European Food Research and Technology*. 2019. Vol. 245. P. 1365–1376. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03261-9>.

<sup>40</sup> Sandri L. T. B., Santos F. G., Fratelli C., Capriles V. D. Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science & Nutrition*. 2017. Vol. 5, Is. 5. P. 1021–1028. <https://doi.org/10.1002/fsn3.495>.

молока), а його засвоюваність складає 95,9%<sup>41</sup>. Ліпіди БР характеризуються високим вмістом ненасичених жирних кислот, токофероли володіють підвищеною вітамінною активністю, а вуглеводи представлені, в основному, крохмалем (75–82%). До вітамінно-мінерального комплексу БР в значній кількості входять вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, біотин, натрій, калій, фосфор, магній і селен<sup>42</sup>. Серед продуктів переробки рису розповсюдження набуває виробництво борошна з коричневого рису, тобто попередньо не шліфованого. При цьому зберігається висівкова оболонка зерна, яка містить значну кількість вітамінів групи В, в тому числі фолієвої кислоти, цінних мінеральних речовин, клітковини. Відомості про розроблення безглютенових хлібобулочних виробів на основі борошна з нешліфованого рису нами не виявлені, що, ймовірно, пов'язано з його специфічним кольором та великою крупністю частинок. Проте, аналіз даних щодо його хімічного складу дають підстави прогнозувати перспективність його використання в технології безглютенового хліба. Незважаючи на всі перераховані переваги, слід відзначити, що рисове борошно характеризується низькими хлібопекарськими властивостями і не забезпечує утворення тіста з необхідними структурно-механічними характеристиками, що дозволяють отримати вироби високої якості з достатньо розпушеною м'якушкою. Тому для розроблення технології рисового хліба технологічно важливим є пошук способів вдосконалення технології безглютенового хліба з метою усунення виявлених недоліків: невираженого смаку та аромату, блідої скоринки, сухої консистенції м'якушки, низької кислотності тіста та швидкої ретроградації крохмалю і, як наслідок, коротких термінів зберігання.

Перераховані вище недоліки безглютенового хліба дослідники пропонують вирішувати різними способами. Розглянемо їх переваги та недоліки.

Дослідження безглютенової сировини показали, що стан вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур не може забезпечити необхідну для розпушування тістових заготовок інтенсивність процесу спиртового бродіння в безглютеновому тесті. Як відомо, у забезпеченні необхідної інтенсивності процесу бродіння

---

<sup>41</sup> Кулініч В. І., Гавриш А. В., Доценко В. Ф. Рисове борошно – перспективна сировина для безглютенових продуктів. *Наукові праці ОНАХТ*. 2013. Вип 44, Т. 1. С. 175–178. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np\\_2013\\_44%281%29\\_44](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_44%281%29_44).

<sup>42</sup> Mollakhalili Meybodi N., Mohammadifar M. A., Feizollahi E. Gluten-free bread quality: a review of the improving factors. *Journal of food quality and hazards control*. 2015. Vol. 2. Is. 3. 81–85. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318323613\\_Gluten-Free\\_Bread\\_Quality\\_A\\_Review\\_of\\_the\\_Improving\\_Factors](https://www.researchgate.net/publication/318323613_Gluten-Free_Bread_Quality_A_Review_of_the_Improving_Factors).

в тісті важливу роль відіграють цукри, оскільки саме вони являються джерелом живлення для дріжджів-сахароміцетів та молочнокислих бактерій<sup>43</sup>. Оскільки хімічний склад БР характеризується невисоким вмістом моно- і дисахаридів (0,6–0,7%), деякі дослідники пропонували додаткове внесення сахарози у кількості 3 %<sup>44</sup>, що призводить до збільшення сумарного об'єму виділеного вуглекислого газу. Проте, недоліком такого способу є розрідження тіста за високих концентрацій дисахариду, оскільки молекули сахарози під час контакту з водою вкриваються гідратними оболонками, що збільшує міжмолекулярний об'єм.

В даний час активно розвиваються дослідження в області попереднього ферментативного гідролізу крохмалю борошна<sup>45</sup>, що сприяє збільшенню кількості цукрів у тісті та призводить до інтенсифікації процесу бродіння, покращення газоутворення при дозріванні та на ранніх стадіях випікання<sup>46</sup>. Для покращення якості хліба і подовження терміну його зберігання застосовують грибку  $\alpha$ -амілазу (яка інактивується в пекарській шафі за температури 63...71 °С, що виключає надмірне утворення декстринів і запобігає липкості м'якушки), мальтогенну амілазу (яка використовується для уповільнення процесу черствіння хлібобулочних виробів, проте, для активізації процесу бродіння в тісті її не застосовують, оскільки за температури 30...35 °С її активність є зниженою),  $\beta$ -амілазу та глюкоамілазу (яка сприяє уповільненню черствіння завдяки ферментативному впливу на зовнішні бічні ланцюги амілопектину)<sup>47</sup>, або їх суміш<sup>48</sup>.

---

<sup>43</sup> Schirmer M., Hôchstôtte A., Jekle M. [et al.] Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*. 2018. № 32. P. 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.032>.

<sup>44</sup> Demirkesen I., Mert B., Sumnu G., Sahin S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*. 2018. № 96. P. 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.

<sup>45</sup> Tarafdar A., Pandey A., Sirohi R., Dussap G. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Advances in Food Engineering. Elsevier, 2022. 450 p. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-04192-7>.

<sup>46</sup> Kuddus M. *Enzymes in food biotechnology: production, applications, and future prospects*. London : Academic Press, 2019. URL: <https://www.elsevier.com/books-and-journals>.

<sup>47</sup> Шаніна О. М., Лобанова Н. Л., Зверев В. О. Вплив ферменту транс-глютаміназа на властивості білків борошна. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2014. № 5 (11). С. 28–33.

<sup>48</sup> Лобанова Н. Л., Шаніна О. М. Технологічні аспекти формування структури виробів з безглютенової борошняної сировини. *Вісник Харківського*

На наш погляд, БР являється потенційною сировиною для модифікації його вуглеводного складу з використанням ензимів або заквасок. Оскільки БР характеризується високим вмістом крохмалю (75–82 %), можливим є підвищення кількості моно- та дисахаридів у тісті за рахунок її власних резервів.

Японські вчені пропонують простий і практичний спосіб покращити якість безглютенового хліба з рисового борошна, а саме: замішувати тісто з гарячою водою з температурою близько 70°C, що дає можливість отримувати вироби із гарними реологічними показниками без додавання загусників<sup>49</sup>.

Дослідники National Metal and Materials Technology Center (Таїланд)<sup>50</sup> пропонують поєднувати борошно з жасминового рису з оклейстеризованим тапіоковим крохмалем та трансглютаміназою, що дозволяє збільшити об'єм хліба та зменшити твердість м'якушки та її жувальну здатність.

Проте, всі розглянуті способи удосконалення є менш ефективними у порівнянні із застосуванням структуроутворювачів та заквасок (або стартерів) з точки зору наближення органолептики безглютенового хліба до традиційних глютенвмісних аналогів. Важливим напрямком у виробництві хліба є впровадження методів закваски, що активно впроваджується в Україні протягом останніх 10 років, головним чином через попит споживачів на хліб вищої якості, без хімічних добавок і глютену<sup>51</sup>. Основні переваги застосування закваски можна підсумувати як: нижчі показники псування хліба (затримка черствіння), більш висока стійкість до плісняви<sup>52</sup>, задоволення потреб споживачів щодо безпечніших продуктів зі зниженим вмістом

---

національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2013. Вип. 140. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg\\_2013\\_140\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2013_140_12).

<sup>49</sup> Saito K., Okouchi M., Yamaguchi M., Takechi T. et al. Quality improvement of gluten-free rice flour bread through the addition of high-temperature water during processing. *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. Is. 11. P. 4820–4830. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16333>.

<sup>50</sup> Pongjaruvat W., Methacanon P., Seetapan N., Fuongfuchat A., Gamonpilas Ch. Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 36. P. 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.09.004>.

<sup>51</sup> Plessas S. Innovations in Sourdough Bread Making. *Fermentation*. 2021 Vol. 7. № 29. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.

<sup>52</sup> Fraberger V., Unger C., Kummer C., Domi, K. J. Insights into Microbial Diversity of Traditional Austrian Sourdough. *LWT*. 2020. 127 (6). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109358>.

хімічних консервантів, покращені поживні властивості<sup>53</sup>, нижчий глікемічний індекс та зниження засвоюваності крохмалю, покращений смак і текстура та більш привабливі органолептичні властивості порівняно з дріжджовим хлібом<sup>54</sup>.

### 3. Перспективи використання заквасок у виробництві безглютенового хліба

Всі дослідники та споживачі відзначають, що хліб на безглютеновому борошні, як правило, має прісний смак та бліду скоринку. Цього недоліку можна позбавитись, використовуючи додаткову складову, яка сприяє формуванню смако-ароматичного комплексу хліба<sup>55</sup>, а саме: закваски (культурні або спонтанного бродіння)<sup>56</sup>.

Закваска – це суміш борошна та води, яка ферментується з молочнокислими бактеріями (МКБ) і дріжджами<sup>57</sup>; ці мікроорганізми визначають його характеристики з точки зору кислотоутворення, а також ароматичні та розпушувальні властивості.

Закваски умовно поділяють на три групи: спонтанні, культурні та комбіновані.

Спонтанні закваски – це дріжджі і МКБ, які в таких заквасках розвиваються з мікрофлори, присутньої в значній мірі у зовнішньому середовищі та сировині (борошні, воді, повітрі, ізюмі або винограді,

---

<sup>53</sup> Fekri A., Torbati M., Khosrowshahi A. Y., Shamloo H. B., Azadmard-Damirchi S. Functional Effects of Phytate-Degrading, Probiotic Lactic Acid Bacteria and Yeast Strains Isolated from Iranian Traditional Sourdough on the Technological and Nutritional Properties of Whole Wheat Bread. *Food Chemistry*. 2020. 306. 125620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125620>.

<sup>54</sup> Caglar, N.; Ermis, E.; Durak, M. Z. Spray-Dried and Freeze-Dried Sourdough Powders: Properties and Evaluation of Their Use in Breadmaking. *Journal of Food Engineering*. 2021. № 292. 110355. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110355>.

<sup>55</sup> Zannini E., Pontonio E., Waters D. M., Arendt E. K. Applications of microbial fermentations for production of gluten-free products and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*. 2012. Vol. 93. № 2. P. 473–485. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3707-3>.

<sup>56</sup> Jin J., Nguyen T. T. H., Humayun S., Park S., Oh H., Lim S., Mok I.-K., Li Y., Pal K., Kim D. Characteristics of Sourdough Bread Fermented with *Pediococcus Pentosaceus* and *Saccharomyces Cerevisiae* and Its Bio-Preservative Effect against *Aspergillus Flavus*. *Food Chemistry*. 2021. № 345. 128787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128787>.

<sup>57</sup> Михонік Л., Гетьман І. Технологія безглютенового хліба з використанням заквасок спонтанного бродіння. *Товари і ринки*. 2019. № 1. С. 95–103. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019\(29\)09](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(29)09).



якщо вони були використані для установки закваски)<sup>58</sup>. Борошно значно осіменене різною мікрофлорою, яка починає розвиватися при створенні сприятних умов<sup>59</sup>.

Культурні закваски – це такі, в які МКБ і дріжджі вносяться з надійних, «культурних» джерел, як-то: дріжджі (сухі, пресовані) та/або сухі лактобактерини з культурними МКБ. Оскільки склад і якість спонтанних заквасок непередбачувані, то використання культурних штамів дріжджів і МКБ є єдиним способом приготування заквасок на хлібозаводах та у крафтових пекарнях для досягнення гарантованого результату<sup>60</sup>. 100 % культурні закваски можна отримати навіть вдома або на маленьких виробництвах, наприклад, за допомогою біфідо-лактобактеріальних комплексів<sup>61</sup>.

Комбіновані закваски – це такі, в яких МКБ отримують спонтанним способом, а дріжджі вносяться культурні. При цьому дріжджі можуть бути внесені як на початковому етапі бродіння, так і на кінцевому, в залежності від способу отримання закваски.

За способом ведення закваски поділяються на одно- та багаторазові.

Одноразовими заквасками є такі, які виводяться щоразу заново перед випіканням хліба і не зберігаються. Окремим випадком таких заквасок може бути традиційна пшенична дріжджова опара, пуліш і біга<sup>62</sup>. Всі ці три види опар є по суті одноразовими заквасками, тому що в них до кінця бродіння повз дріжджі розвиваються і спонтанні МКБ. МКБ потрапляють в опару або разом із борошном, або разом із пресованими чи сухими дріжджами, які містять у незначній кількості

---

<sup>58</sup> Galimberti A., Bruno A., Agostinetto G., Casiraghi M., Guzzetti L., Labra M. Fermented Food Products in the Era of Globalization: Tradition Meets Biotechnology Innovations. *Current Opinion of Biotechnology*. 2021. № 70. P. 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.006/>.

<sup>59</sup> De Vuyst L., Van Kerrebroeck S., Harth H., Huys G., Daniel H.-M., Weckx S. Microbial Ecology of Sourdough Fermentations: Diverse or Uniform? *Food Microbiology*. 2014. № 37. P. 11–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.002>.

<sup>60</sup> Gobbetti M., De Angelis M.; Di Cagno R., Calasso M., Archetti G., Rizzello C. G. Novel Insights on the Functional/Nutritional Features of the Sourdough Fermentation. *International Journal of Food Microbiology*. 2019. № 302. P. 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>.

<sup>61</sup> Pétel C., Onno B., Prost C. Sourdough Volatile Compounds and Their Contribution to Bread: A Review. *Trends of Food Science Technology*. 2017. № 59. P. 105–123. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.015>.

<sup>62</sup> Jagelaviciute J., Cizeikiene D. The Influence of Non-Traditional Sourdough Made with Quinoa, Hemp and Chia Flour on the Characteristics of Gluten-Free Maize / Rice Bread. *LWT*. 2021. Vol. 137. <https://doi.org/10/ghzf8q>.

МКБ. Пуліш та біга мають тривалий час ферментації, таким чином, МКБ маю достатньо часу для свого розвитку<sup>63</sup>.

Багаторазові закваски – це такі, які постійно відновлюються шляхом освіження новою порцією борошна та води з наступним бродінням. При цьому закваски можуть вестись безперервно та дискретно. Безперервні закваски в хлібопекарнях, після досягнення заданої кислотності, відразу освіжаються. Дискретні закваски, здебільшого в домашніх умовах, консервуються шляхом зберігання в холодильнику і освіжаються лише перед новою випічкою.

За застосуванням закваски можна розділити на універсальні та специфічні. Універсальні закваски можна використовувати для випікання будь-якого сорту хліба. До таких заквасок відносяться традиційні закваски та мезофільні нетрадиційні. Специфічними заквасками є закваски, що застосовуються для випікання обмеженої кількості сортів хліба. Прикладом таких заквасок може бути термофільна закваска.

Більшість продукції без глютену виробляють на гідроколоїдах, які необхідні для формування структури в цих продуктах. Гідроколоїди здатні зв'язувати велику кількість води, що призводить до набагато вищої активності води у безглютеновому хлібі, ніж у глютенвмісних аналогах. Це призводить до значного скорочення терміну зберігання, що, головним чином, пов'язано з ростом цвілі. Особливо це актуально для нетрадиційних видів борошна, що виробляється в тропічних і субтропічних країнах регіонах (тефу, чіа, кіноа тощо), де клімат і погані умови зберігання сприяють росту грибків і виробленню мікотоксинів. З цієї причини використання модифікованого атмосферного пакування та/або хімічних консервантів вкрай необхідно. Інтерес до концепції біоконсервації їжі, тобто контролем одного організму іншим, значно збільшився за останні роки. Використання МКБ як спосіб запобігання розвитку цвілевих грибків, що пеують хліб, є перспективним альтернатива хімічному консервуванню<sup>64</sup>.

Закваски інтенсифікують накопичення кислот у тісті та пришвидшують процеси його дозрівання. У результаті життєдіяльності молочнокислих бактерій готовий хліб має яскраво виражені смак і аромат, спостерігається їх позитивний вплив на об'єм хліба та

---

<sup>63</sup> Gänzle M. G., Zheng J. Lifestyles of Sourdough Lactobacilli – Do They Matter for Microbial Ecology and Bread Quality? *International Journal of Food Microbiology*. 2019. № 302. P. 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.019>.

<sup>64</sup> Gluten-free cereal products and beverages / Edited by Elke Arendt, Fabio Dal Bello, Elke Arendt, Fabio Dal Bello. London : Academic Press, 2011. 445 p.

його пористість<sup>65</sup>. Установлено, що додавання заквасок із борошна круп'яних культур інтенсифікує накопичення кислот у тісті, а тривалість вистоювання тістових заготовок скорочується на 10–15 хв порівняно з контролем. Це підтверджують і закордонні дослідники з Іспанії та Аргентини – на прикладі безглютенового злакового борошна, з Туреччини – на прикладі закваски із рисового борошна, з Нігерії – на прикладі закваски із кукурудзяного борошна, з Німеччини – на прикладі закваски із амарантового борошна<sup>66</sup>.

Чеські дослідники<sup>67</sup> продемонстрували нові можливості використання ліофілізованих гречаних заквасок у виробництві безглютенового хліба. Свіжі та сублімовані (при температурах 20, 40 і 60 °С) закваски додавали в кількості 10, 20, 30 і 40 % від загального вмісту борошна. Спостерігались суттєві та сприятливі зміни якості хліба під впливом різної кількості добавки свіжих та сублімованих заквасок. Ліофілізовані гречані закваски на рівні 20 і 30 % дали найкращі результати хлібопечення. Істотно змінився рН хліба, що позитивно вплинуло на підвищення його придатності до зберігання. Найбільш рекомендована гречана закваска, висушена при 40 °С. Ліофілізовані гречані закваски можна використовувати безпосередньо в переробці, таким чином виключаючи тривале бродіння закваски.

Українськими вченими<sup>68</sup> доведено ефективність використання заквасок спонтанного бродіння з кукурудзяного, гречаного та рисового борошна в технології безглютенового хліба. Ці закваски інтенсифікують накопичення кислот у тісті та пришвидшують процеси його дозрівання. У результаті життєдіяльності молочнокислих бактерій готовий хліб має яскраво виражені смак і аромат, спостерігається їхній позитивний вплив на об'єм хліба та його

---

<sup>65</sup> Arendt E. K., Moroni A., Zannini E. Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread. *Microbial Cell Factories*. 2021. № 10/1. <http://www.microbialcellfactories.com/content/10/S1/S15>.

<sup>66</sup> Yuwei Hu, Jialan Zhang, Shaojin Wang, Yingbao Liu, Li Li, Mengxiang Gao. Lactic acid bacteria synergistic fermentation affects the flavor and texture of bread. *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. Is. 4. P. 1823–1836. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16082>.

<sup>67</sup> Różyło R., Rudy S., Krzykowski A., Dziki D., Gawlik-Dziki U., Różyło K., Skonecki S. Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality. *International Journal of Food Science & Technology*. 2015. Vol. 50. Is. 2. P. 313–322. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12622>.

<sup>68</sup> Михонік Л. А., Грищенко А. М. Використання шроту з насіння розторопші в технології хліба з пшеничного цільнозернового борошна *Зберігання та переробка зерна*. 2017. № 3 (211) С. 40–43.

пористість. Хліб із заквасками має еластичну м'якушку з рівномірною пористістю, яскраво виражений смак і аромат, більший на 6–12 % об'єм, кращий показник пористості, ніж у контрольного зразка. Хліб без додавання закваски мав прісний смак та бліду скоринку. Установлено, що додавання заквасок із борошна круп'яних культур інтенсифікує накопичення кислот у тісті, а тривалість вистоювання тістових заготовок скорочується на 10–15 хв порівняно з контролем.

Ірландські науковці Школи харчових наук дослідили закваски спонтанного бродіння з гречаного борошна в різних умовах ферментації та виявили в них широкий спектр розвиненої мікрофлори: різні види молочнокислих бактерій та дріжджів, які були традиційними для пшеничних і житніх заквасок, а деякі види, зокрема, *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc holzapfelii*, *Lactobacillus gallinarum*, *Lactobacillus vaginalis*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus graminis* і *Weissella cibaria*, *Lactobacillus plantarum*, були нетрадиційними. Вони довели, що склад стабільної мікрофлори в цілому залежить від умов ферментації<sup>69</sup>.

Китайські дослідники з Yangtze University (Jingzhou, Hubei) вказують, що штами *L. plantarum* і *L. delbrueckii*, окремо або разом, сприяли бродінню дріжджів для приготування хліба. Оцінено питомий об'єм, консистенцію та ароматичні речовини хліба для заміни тіста натурального бродіння змішаним. Дріжджове бродіння за допомогою *L. plantarum* покращило питомий об'єм, текстуру та аромат хліба. Характерними присмаками були етил-2-гідрокси-пропіонат і z-3-гексенол у хлібі. Таким чином, вони доходять висновку, що бродіння *S. cerevisiae* і *L. plantarum* могло б замінити тісто природного бродіння для покращення якості хліба.

Дотримання безглютенової дієти є надзвичайно складним завданням, враховуючи низку проблем, пов'язаних із перехресним забрудненням, відсутністю чіткої політики щодо маркування харчових продуктів і низькою якістю безглютенових продуктів порівняно з багатими на глютен аналогами. Навіть якщо використання закваски в безглютенових системах все ще знаходиться в зародковому стані, наявні літературні дані переконливо вказують на те, що закваску, безсумнівно, можна розглядати як технологічний інструмент для покращення текстури та смакових характеристик безглютенових продуктів, а також для подовженню термінів їх зберігання. Комерційне застосування цієї традиційної біотехнології

---

<sup>69</sup> Salmenkallio-Marttila M., Katina K., Autio K. Effects of Bran Fermentation on Quality and Microstructure of High-Fiber Wheat Bread. *Cereal Chemistry Journal*. 2021. Vol. 8. № 4. P. 429. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.4.429>.

також має бути актуальним. З іншого боку, роль молочнокислих бактерій закваски в лікуванні шлунково-кишкових захворювань була визначена як «нова та інтригуюча». Виходячи з наведених вище досліджень, використання молочнокислих бактерій на заквасці, безумовно, усуне будь-які сліди епітопів глютену в оброблених харчових продуктах і мінімізує довгостроковий ризик для багатьох людей, уражених целиакією в усьому світі.

#### **4. Дослідження якісних показників безглютенового хліба на спотанних та культурних заквасках**

За результатами проведеного моніторингу різних виробників рисового борошна в Україні та огляду існуючих наукових даних для досліджень було обрано борошно ТМ “Ms. Tally” (ТОВ «Каскад»), яке характеризується присутністю маркування «перекреслений колосок» на пакуванні, має наявні протоколи випробувань харчової продукції, в тому числі на вміст глютену, та відрізняється за хімічним складом. Для рисового борошна характерні свої специфічні особливості хімічного складу, які відрізняються від пшеничного борошна, традиційно використовованого для виробництва хліба, що, вірогідно, буде відображатись на його технологічних властивостях та здійснювати вплив на властивості тіста і готових виробів.

Попередніми технологічними дослідженнями встановлено, що використання борошна з нешлифованого рису ТОВ «Каскад» в суміші із кукурудзяним, пшоняним жорновим або гречаним дозволяє отримати безглютеновий хліб із поліпшеними органолептичними характеристиками та поліпшеною харчовою цінністю порівняно з існуючими аналогами. Порівняння хімічного складу борошна з нешлифованого рису, пшоняного, кукурудзяного та гречаного борошна ТОВ «Каскад» із пшеничним здійснювали на основі аналізу існуючих даних виробника (ТОВ «Каскад»)<sup>70</sup> та інших науковців<sup>71, 72</sup> (табл. 1).

---

<sup>70</sup> <https://kaskad.dn.ua/>

<sup>71</sup> Медвідь І., Федоренко Ю., Шидловська О., Доценко В. Рисове борошно – перспективна сировина для виробництва безглютенового хліба. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека* : матеріали міжн. наук.-практ. конф., 25–26 травня 2017 р. Київ : НУХТ, 2017. С. 58–60.

<sup>72</sup> Юргачова К. Г., Макарова О. В., Хвостенко К. В., Рибалка О. І. Визначення технологічних властивостей борошна з безамілозної пшениці за станом вуглеводно-амілазного комплексу. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 37–40.

Таблиця 1

**Хімічний склад нешлифованого рисового, гречаного,  
кукурудзяного, пшонаного і пшеничного борошна**

Нутрієнти	Вміст, на 100 г борошна				
	борошно з нешлифованого рису ТОВ «Каскад»	борошно пшонане ТОВ «Каскад»	борошно гречане ТОВ «Каскад»	борошно кукурудзяне ТОВ «Каскад»	борошно пшеничне вищого сорт
Вода, %	12,0	13,5	9,0	11,0	14,0
Білки, %	7,9	11,5	13,6	7,2	10,3
Жири, %	2,9	4,3	1,2	1,5	1,1
Вуглеводи, %, у т. ч.	72,2	75,0	71,9	72,1	71,1
моно- і дисахариди	1,45	1,2	1,4	1,3	1,6
крохмаль	70,8	69,0	61,2	66,3	68,5
Харчові волокна, %	24,8	13,9	2,8	4,4	3,5
Зола, %	1,6	0,9	0,75	0,7	0,6
Енергетична цінність, ккал	347	382	353	361	336
Мінеральні елементи:					
Калій, мг	250	224	130	147	122
Магній, мг	116	119	48	30	16
Фосфор, мг	311	285	250	109	86
Ферум, мг	1,29	3,94	4,0	2,7	1,2
Селен, мкг	17,1	2,7	5,7	15,4	6,0
Цинк, мг	2,13	1,68	-	1,73	0,7
Вітаміни:					
В <sub>1</sub> , тіамін, мг	0,541	0,42	0,4	0,35	0,17
В <sub>2</sub> , рибофлавін, мг	0,095	11,2	0,18	-	0,04
В <sub>5</sub> , пантотенова кислота, мг	1,065	0,85	0,44	0,658	0,3
В <sub>6</sub> , піридоксин, мг	0,477	0,37	-	0,37	0,17
В <sub>9</sub> , фолієва кислота, мкг	23,0	40,0	-	-	27,1
РР, мг	6,494	6,02	6,3	3,0	2,9

З'ясовано, що борошно з нешліфованого рису, а також пшоняне, гречане та кукурудзяне борошно значно перевершують пшеничне борошно вищого сорту за вмістом мінеральних речовин (калію, магнію, фосфору, заліза) та вітамінів групи В і РР. За вмістом харчових волокон борошно з нешліфованого рису є лідером з усіх обраних видів борошна і містить їх 24,8 %.

Водночас встановлено, що рисове борошно містить на 2,4 % менше білків порівняно з борошном пшеничним вищого сорту, що може значно вплинути на здатність поглинати воду в тісті. Проте, використання його в композиції із пшоняним або гречаним дозволить поповнити загальний вміст білків у композиції. Вищий вміст жирів у борошні з нешліфованого рису та інших безглютенових видів борошна, вірогідно, впливатиме на здатність виробів до зберігання. Вміст крохмалю в борошні з нешліфованого рису ТОВ «Каскад» є вищим на 2,3 % порівняно з борошном пшеничним.

За результатами порівняльної оцінки вуглеводного складу рисового борошна встановлено, що останнє містить менше крохмалю та значно більшу кількість клітковини, золи, мінеральних елементів і вітамінів порівняно із борошном пшеничним<sup>73</sup>. Це зумовлено технологією помелу, за якої залишається поживна насіннева оболонка рисового зерна. Так, вміст харчових волокон перевищує їх кількість у борошні рису в 7,1 рази, що, очевидно, матиме значний вплив на його ВПЗ.

Були проведені пробні лабораторні випікання хліба з масовою часткою вологи в тісті від 53 % до 55 %. Діапазон вологості обирали, враховуючи існуючі в науковій літературі дані щодо водопоглинальної здатності безглютенових видів борошна<sup>74</sup>.

За результатами серії технологічних відпрацювань і дегустацій здійснено узагальнення органолептичних характеристик безглютенових зразків хліба і обрані варіанти найкращих за сенсорними характеристиками композицій (табл. 2):

\*контроль 1 – хліб пшеничний з борошна пшеничного вищого гатунку;

\*\*контроль 2 – хліб безглютеновий на основі рисового борошна ТМ «Каскад»;

---

<sup>73</sup> Юдіна Т. І., Безрученко О. М. Технологічні властивості борошна круп'яних культур для виробництва безглютенових кексів. *Продовольчі ресурси*. 2022. 10 (19). С. 176–183. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-20>.

<sup>74</sup> Грищенко А. М. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. *Хранение и переработка зерна*. 2011. № 4 (142). С. 61–62.

\*\*\* хліб безглютеновий (на рисово-кукурудзяно-пшоняно-гречаній суміші);

\*\*\*\* хліб безглютеновий (на рисово-гречаній суміші).

Таблиця 2

**Органолептичні показники хліба**

<b>Вид хліба</b>	<b>Зовнішній вигляд</b>	<b>Стан поверхні</b>	<b>Колір</b>	<b>Стан м'якуша</b>	<b>Смак і аромат</b>
1	2	3	4	5	6
Хліб пшеничний (контр-роль 1)*	Хліб правильної форми, відсутні бокові напливи і притиски	Поверхня хліба чиста, має надривів та тріщин	Світло-жовтий, характерний даному виробу	М'якуш має дрібну пористість, немає пустот та частин з непромісами. Не має сторонніх домішок, добре пропечений, не липкий та не вологий на дотик. Після натиску відновлює початкову форму	Смак та аромат властивий свіжоспеченому хлібу, тонкий присмак кислоти
Хліб безглютеновий на основі рисового борошна ТМ «Каскад» (контр-роль 2)**	Хліб правильної форми, скоринка блідно-жовта	Поверхня хліба чиста, має невеликі надриви та тріщини	Блідно-жовтий, характерний даному виробу	М'якуш має крупну пористість, немає пустот та частин з непромісами. Скоринка тверда з тріщинами, липкий, вологий на дотик. Після натиску відновлює початкову форму	Смак і аромат нейтральні, прісні; без сторонніх смаків та запахів



## Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6
Хліб безглютенний на основі борошняної композиції № 1***	Хліб правильної форми, скоринка золотисто-жовта	Поверхні хліба чиста, має невеликі надриви та тріщини	Молочний колір з жовтим відтінком, властивий кукурудзяному борошну	М'якуш має середню пористість, немає пустот та частин з непромісами. Скоринка тверда та тріщинами пропечений с закалом, липкий, вологий на дотик. Після натиску на нього відновлює початкову форму	Смак ніжно-солодкий, з молочним присмаком і легкою кислункою аромат властивий свіжоспеченому хлібу
Хліб безглютенний на основі борошняної композиції № 2***	Хліб правильної форми, скоринка світло-коричне-ва	Поверхні хліба чиста, неоднорідна, та плоска має невеликі надриви та тріщини	Сірувато-молочного кольору, що характерний даному виробу	М'якуш має порпну пористість, в ньому немає пустот та частин з непромісами. Не пропечений, липкий, вологий на дотик. Після натиску на нього не відновлює початкову форму	Смак та аромат властивий свіжоспеченому хлібу, з присмаком кислоти і ароматом гречаного борошна

Отримані результати свідчать про покращення смако-ароматичних властивостей безглютенних виробів на основі борошняних сумішей порівняно із виробами, приготованими тільки на основі рисового борошна. Безглютенний хліб, приготований на основі лише борошна рисового мав невиражений прісний смак і нейтральний аромат, не характерний дріжджовим хлібним виробам. Завдяки використанню

додаткових видів борошна смакова різноманітність виробів збагачена кислувато-солодкими відтінками, які притаманні традиційному дріжджовому хлібу пшеничному. В ароматі безглютенового хліба на сумішах водночас з'явилися приємні горіхові і гречані відтінки. Отримані дані свідчать про позитивний вплив додавання гречаного, кукурудзяного і пшоняного борошна на смакові і ароматичні характеристики безглютенового хліба. Проте, структурно-механічні властивості виробів потребують удосконалення.

Перспективним напрямом для пекарень середньої та малої потужності є підкислення тіста за допомогою біологічних заквасок спонтанного бродіння<sup>75</sup>, які не тільки інтенсифікують технологічний процес, а й збагачують вироби низкою органічних кислот, водорозчинними білками, вуглеводами, а також ароматичними сполуками, які утворюються в процесі їх бродіння<sup>76</sup>. Проте, закваски спонтанного бродіння часто неконтрольовані у процесі тістоведення, що значно перешкоджає отриманню продукції гарантованої та стабільної якості.

Традиційна технологія приготування заквасок спонтанної дії носить безперервний характер і є довготривалою, оскільки потрібно створювати сприятливі умови для отримання заквасок належної якості. Для енергійного накопичення кислот та ароматичних речовин в циклі розведення заквасок використовують чисті культури молочнокислих бактерій. Однак, не кожне підприємство має достатні ресурси для ведення таких процесів. Перспективним напрямом для пекарень середньої та малої потужності є підкислення тіста за допомогою біологічних заквасок спонтанного бродіння, які не тільки інтенсифікують технологічний процес, а й збагачують вироби органічними кислотами, водорозчинними білками, вуглеводами, а також ароматичними сполуками, які утворюються в процесі їх бродіння. Крім того, періодичність процесу ведення закваски спонтанного бродіння дозволяє підлаштувати його до змінного режиму (12-годинного) роботи підприємства та оперативно реагувати на потреби ринку в різних сортах хліба, збільшувати або зменшувати об'єми виробництва в залежності від попиту в різні пори року.

---

<sup>75</sup> Ланська В. Д., Федорова Д. В., Слащева А. В. Проблеми та перспективи виробництва безглютенових хлібобулочних виробів в Україні. *Scientific World Journal*. 2022. Is. 15, Part 1. P. 8–13. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-15-01-018>.

<sup>76</sup> Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. 22. № 1. С 180–184.

Сучасні інновації тістоведення показали ефективність використання стартових культур (стартерів) для приготування заквасок на підприємствах малої потужності. Вони мають комбінований склад мікрофлори і дріжджових клітин. Дані щодо використання стартових культур та рослинної сировини у виробництві заквасок для безглютенової хлібопекарської продукції в Україні відсутні. Виведення біологічних культурних заквасок пов'язано з певними фізико-хімічними, біохімічними та мікробіологічними процесами, швидкість і характер яких залежить від різних параметрів: тривалості й температур бродіння, кислотності напівфабрикату<sup>77</sup>. Зазначені параметри, у свою чергу, залежать від фізико-хімічних показників борошна, і ця залежність потребує детального вивчення. Зважаючи на це, актуальним є порівняння показників якості безглютенового хліба на заквасках спонтанного бродіння та з використанням стартових культур.

Відомо, що використання заквасок спонтанної дії в технології традиційних видів хліба дозволяє покращити органолептичні властивості – текстуру і смакові якості, аромат хліба, поживну цінність і подовжити термін зберігання готових виробів, а також інтенсифікувати процес дозрівання тіста<sup>78</sup>. Ці характерні особливості є результатом комплексної метаболічної активності молочнокислих бактерій і дріжджів, що містяться у заквасці. Результатом такої активності є підвищення кислотності середовища, продукування екзополісахаридів, протеолітико-амілолітична і фітазна активність, продукування антимікробних речовин<sup>79</sup>. Ці ефекти були ретельно вивчені та добре описані для традиційної випічки, тоді як мало відомо про роль закваски у виробництві безглютенового хліба GF. Мікробіологічні та якісні характеристики ферментованих GF продуктів вказують на схожість мікробіоти ферментації пшениці/жита та припускають, що позитивна метаболічна активність мікробіоти закваски все ще зберігається під час ферментації культур GF. Таким чином, використання закваски у технології хлібобулочних виробів GF може бути новим напрямом досліджень для покращення якості, безпеки та органолептичної прийнятності хліба GF.

---

<sup>77</sup> Челябієва В., Соседова К. Використання заквасок спонтанного бродіння та борошна бобових культур у виробництві хліба. *Технічні науки та технології*. 2018. 3 (13). С. 251–257.

<sup>78</sup> Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. 22. № 1. С 180–184.

<sup>79</sup> Alice V. Moroni, Fabio Dal Bello, Elke K. Arendt. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel sue? *Food Microbiology*. 2009. Vol. 26, Is. 7. P. 676–684. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>.

Закваска – це натуральна змішана мультиштамова закваска, яка використовувалася в усьому світі з давніх часів. Закваску середньої тривалості після рецидиву зернового борошна та води та спонтанної ферментації молочнокислими бактеріями (МКХ) та дріжджами у борошні або навколишньому середовищі. Під час ферментації закваски мікроорганізми виробляють різні метаболіти, такі як поліпептиди, амінокислоти та коротколанцюгові жирні кислоти і т. д. Синергетичний ефект різних метаболітів може покращити якість та смак продуктів, ферментованих на заквасці. Дріжджі виробляють CO<sub>2</sub> для позитивного збільшення обсягу хліба, в той час як LAB покращує реологію тесту та структуру хліба за рахунок утворення органічних кислот та позаклітинних полісахаридів (EPS), а також надає аромат за рахунок синтезу летких сполук<sup>80</sup>. Присутність молочної та оцтової кислот знижує рН закваски, а підкислення покращує властивості тесту за рахунок модифікації основних структурних компонентів, таких як крохмаль та арабіноксилан, та підвищення розчинності білка, що призводить до більш м'якої текстури м'якуші хліба. Більш того, підкислення тесту також може активувати ендогенні протеази та амілази. І гідроліз крохмалю під дією кислоти та амілази також надає позитивний вплив на частинки крохмалю, підвищуючи їх водозв'язувальну здатність та покращуючи водоутримуючу здатність тіста. Повідомлялося, що біохімічні властивості, такі як органічні кислоти та амінокислоти, сильно залежать від метаболічної активності мікробів. Тому необхідно визначити мікробний склад рисової закваски, щоб краще зрозуміти взаємозв'язок між бактеріальною спільнотою та біохімічними характеристиками рисової закваски. Технологія високопродуктивного секвенування може використовуватись для визначення динамічних змін мікробного складу під час ферментації<sup>81</sup>.

Крім того, ферментація на заквасці дуже ефективна для збільшення м'якості та обсягу традиційного хліба. Нещодавні дослідження

---

<sup>80</sup> Abudayyeh M., Abu-Jdayil B., Al-Muhtaseb A. H. Effect of adding different concentrations of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) extract on rheological and baking properties of gluten-free rice bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. 50 (11). P. 2472–2478. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2019.31964.7678>.

<sup>81</sup> Hangyan Dan, Zepeng Gu, Cheng Li, Zhengfeng Fang, Bin Hu, Caixia Wang, Saiyan Chen, Xiaoshu Tang, Yuanyuan Ren, Wenjuan Wu, Zhen Zeng, Yuntao Liu. Effect of fermentation time and addition amount of rice sourdoughs with different microbial compositions on the physicochemical properties of three gluten-free rice breads. *Food Research International*. 2022. Vol. 161. 111889. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111889>.

показали, що при використанні у відповідних пропорціях закваска може бути використана для вирішення більшості проблем, пов'язаних з виробництвом нежакісного хліба GF, при цьому вона є рентабельною та екологічно безпечною.

Хоча повідомлялося про дослідження з поліпшення якості безглютенового хліба на рисовій заквасці, досліджень, які систематично вивчають вплив змін мікрофлори на фізико-хімічні властивості рисової закваски в процесі ферментації, а також вплив мікробних метаболітів на закваски на реологію рисового тіста GF. Таким чином, метою цього дослідження були моніторинг мікробного розмаїття IRS, JRS та WRS при різному часі ферментації за допомогою технології секвенування 16sRNA та вимірювання мікробних метаболітів у цих заквасках, а також оцінка впливу часу ферментації та дозування трьох видів закваски. закваски за якістю безглютенового рисового хліба, надаючи рекомендації щодо промислового виробництва безглютенового рисового хліба.

Особливості технології, специфічність рецептурних складових та перспективи подальшого використання розроблених безглютенових кексів з молочно-білковим концентратом сколотин визначили необхідність дослідження їх якості.

Сучасні інновації тістovedення показали ефективність використання стартових культур для приготування заквасок на підприємствах малої потужності. Вони мають комбінований склад мікрофлори і дріжджових клітин. В технології безглютенових виробів встановлено перспективність використання стартової культури «ЛВ1» ТМ «LIVENDO», що виробляються французькою фірмою Leasaffre. Стартова культура не містить глютену, містить молочнокислі бактерії і дріжджі, сприяє покращенню кислотонакопичення в тісті, утворенню смакових та ароматичних речовин, розпушенню тіста. Дані щодо використання її у виробництві безглютенової хлібопекарської продукції в Україні відсутні. Цікавим з науково-практичної точки зору є отримання нових експериментальних даних щодо застосування стартової культури «ЛВ1» у виробництві заквасок спонтанної дії на основі нешліфованого рисового борошна ТОВ «Каскад».

Використання рослинної сировини дозволяє отримати безглютенові хлібобулочні вироби із високими споживчими властивостями й поліпшеною харчовою цінністю. Експериментально встановлено, що екстракти і пюре з китайського гліду та ягід годжі покращують процеси бродіння у рисовому безглютеновому тісті, сприяють

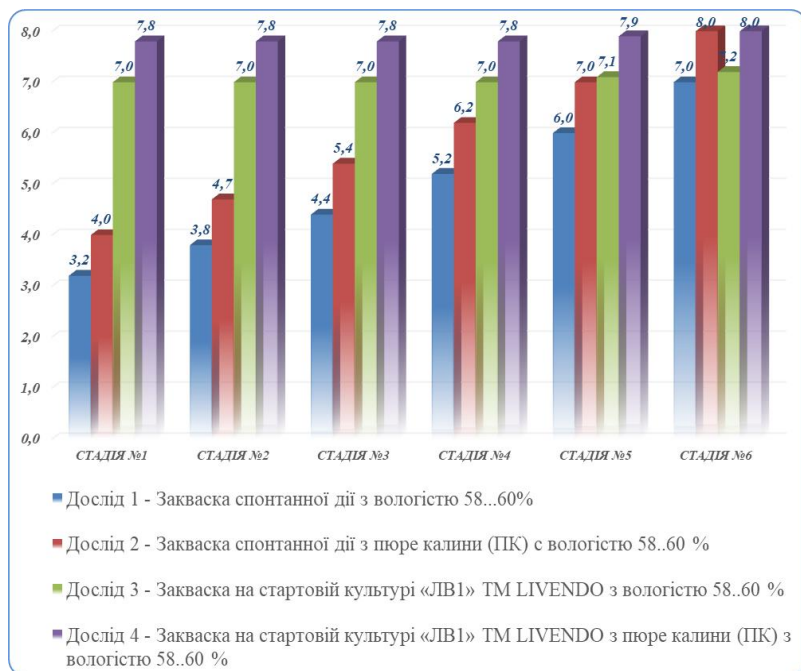
підвищенню активності ферментів<sup>82</sup>. Серед локальної рослинної сировини України представляють певний науковий інтерес плоди калини. Вони характеризуються, передусім, високим вмістом вітаміну С, поліфенольних сполук, є джерелом хлорогенової кислоти і проантоціанідинів. Цінний нутрієнтний склад свідчить про високий вміст у калині речовин із високою антиоксидантною та антибактеріальною активністю, що може мати технологічні перспективи в процесі визрівання борошняної закваски і тістоведення – щодо активізації власних ферментів і внесених стартових культур, прискорення процесів бродіння і утворення молочнокислих бактерій. Також речовини з антиоксидантною активністю можуть прискорювати процес дозрівання тіста, а у виготовлених випечених виробках – сприяти уповільненню окисних процесів і продовження їх свіжості. При цьому певний науковий інтерес представляє порівняння технологічних показників якості заквасок спонтанної дії та заквасок з використанням стартової культури «ЛВ1», а також впливу пюре калини на процеси дозрівання заквасок і тістоведення в безглютеновому хлібопеченні. З метою обґрунтування технологічної доцільності використання заквасок на рисовому борошні ТОВ «Каскад» в технології безглютенових виробів проводили серію попередніх технологічних відпрацювань з приготування заквасок спонтанної дії та культурних заквасок на стартовій культурі «ЛВ1» ТМ “LIVENDO”. При цьому готували закваски на воді у співвідношенні 1:1, та на розведеному пюре з ягід калини, доводячи вологість закваски до 58–60 %. Метою досліджень було встановлення впливу пюре ягід калини на технологічний процес приготування заквасок для безглютенових виробів, збагачення цих виробів життєво необхідними речовинами та покращення їх смакових властивостей.

В результаті спостереження за процесами дозрівання заквасок на рисовому борошні, встановлено переваги використання стартової культури «ЛВ1». Закваски, що приготовані на стартовій культурі «ЛВ1» дозрівали у 5 разів швидше порівняно із заквасками спонтанної дії. Накопичення бажаного рівня кислотності (7,2 °Н) у них відбувалося за 1 добу (у заквасці спонтанного бродіння – 5–6 діб). Закваска на стартовій культурі керована за температурою і часом, накопичення ароматичних речовин у ній прискорюється і якісно покращується. Встановлено, що значно вищу активність мають

---

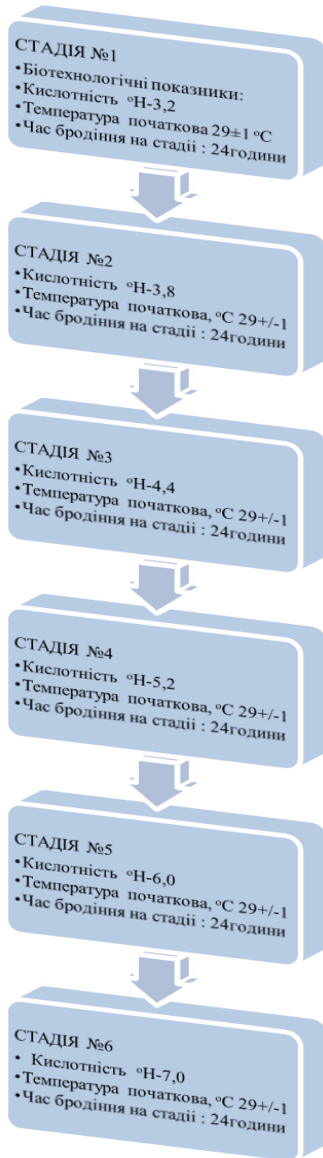
<sup>82</sup> Gao Q., Wang M., Zhao Q., Wei Y., Gao Z. Effects of goji berry and blueberry extracts on the properties of gluten-free rice-based batter and sponge cake. *LWT – Food Science and Technology*. 2019. Vol. 102. P. 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.123>.

бактерії в заквасках на стартовій культурі ЛВ1 – від 33,8 до 44,6 %, а використання пюре калини дозволяє підвищує активність бактерій ще на 13,1–22,3 %.



**Рис. 1. Кислотність спонтанних та культурних заквасок**

Введення пюре калини додатково збагачує середовище поживними речовинами для живлення мікрофлори заквасок та покращує умови для бактеріального росту. Отже, використання заквасок на стартовій культурі «ЛВ1» ТМ LIVENDO з пюре калини значно інтенсифікує накопичення кислотності тіста і, відповідно, прискорює його дозрівання, збагачує вироби органічними кислотами, мінеральними речовинами та харчовими волокнами, антиоксидантами, які містяться в борошні з різних видів круп'яних культур та калині. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу біологічних заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур на технологічний процес та якість хліба.



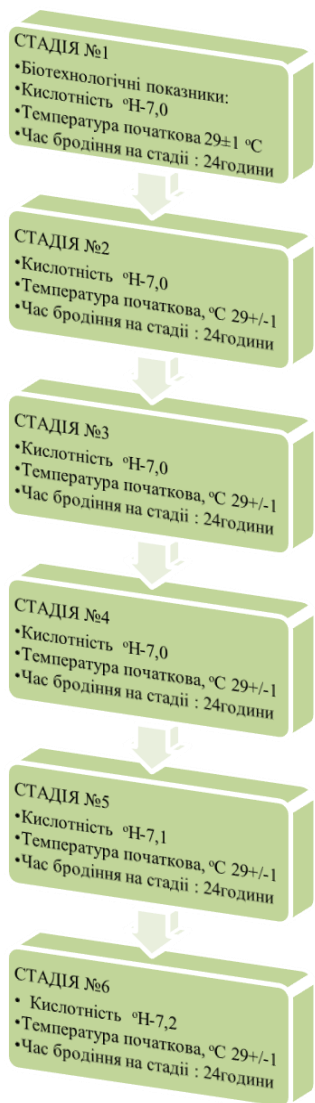
а)



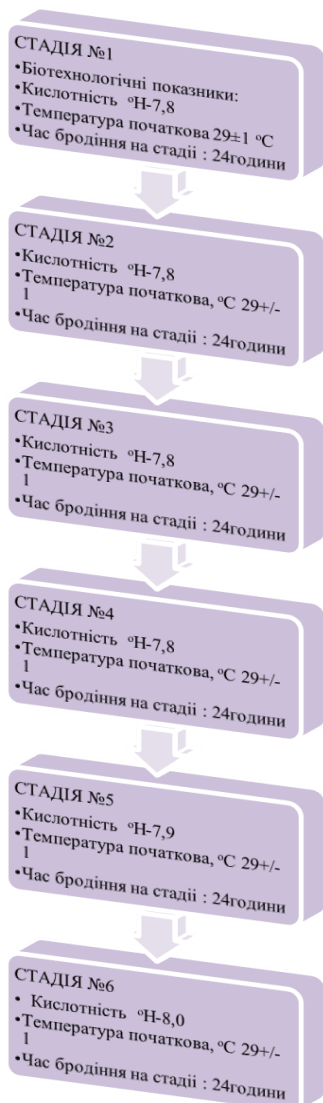
б)

**Рис. 2. Біотехнологічні показники спонтанних заквасок:**  
 а) закваска спонтанної дії (вологість 58...60 %);  
 б) закваска спонтанної дії з пюре калини (вологість 58.60 %).





а)



б)

**Рис. 3. Біотехнологічні показники культурних заквасок:**  
**а) закваска на стартовій культурі «ЛВ1» ТМ «LIVENDO» (вологість 58...60 %);**  
**б) закваска на стартовій культурі «ЛВ1» ТМ «LIVENDO» з пюре калини (вологість 58...60 %)**

## ВИСНОВКИ

Аналіз наукової літератури показав, що актуальною проблемою хлібопекарської галузі в Україні є удосконалення та розробка технологій безглютенових хлібобулочних виробів, які зможуть конкурувати із закордонними аналогами як за ціною політикою, так і за певними органолептичними властивостями, притаманними традиційним видам хліба з глютенном. Ця проблема потребує нових технологічних рішень з метою усунення виявлених недоліків безглютенового хліба: невираженого смаку та аромату, блідої скоринки, сухої консистенції м'якушки, низької кислотності тіста та швидкої ретроградації крохмалю і, як наслідок, коротких термінів зберігання. Запропоновано шлях вирішення означеної вище проблеми за рахунок використання заквасок (культурних або спонтанного бродіння) та пюре ягід калини.

Проводили серію попередніх технологічних відпрацювань з приготування заквасок спонтанної дії та культурних заквасок на стартовій культурі «ЛВ1» ТМ “LIVENDO”.

В результаті спостереження за процесами дозрівання заквасок на рисовому борошні, встановлено переваги використання стартової культури «ЛВ1». Закваски, що приготовані на стартовій культурі «ЛВ1» дозрівали у 5 разів швидше порівняно із заквасками спонтанної дії. Накопичення бажаного рівня кислотності (7,2 °Н) у них відбувалося за 1 добу (у заквасці спонтанного бродіння – 5–6 діб). Закваска на стартовій культурі керована за температурою і часом, накопичення ароматичних речовин у ній прискорюється і якісно покращується. Встановлено, що значно вищу активність мають бактерії в заквасках на стартовій культурі ЛВ1 – від 33,8 до 44,6 %, а використання пюре калини дозволяє підвищує активність бактерій ще на 13,1–22,3 %. Введення пюре калини додатково збагачує середовище поживними речовинами для живлення мікрофлори заквасок та покращує умови для бактеріального росту. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу біологічних заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур на технологічний процес та якість хліба.

## АНОТАЦІЯ

Запропоновано використання заквасок в технології безглютенового хліба з метою усунення виявлених недоліків безглютенового хліба: невираженого смаку та аромату, блідої скоринки, сухої консистенції м'якушки, низької кислотності тіста та коротких термінів зберігання. Досліджено вплив заквасок (культурних або

спонтанного бродіння) та пюре ягід калини на біотехнологічні показники тіста та його кислотність. Встановлено переваги використання стартової культури «ЛВ1» ТМ “LIVENDO” у порівнянні із спонтанними заквасками: більш швидке дозрівання закваски (у 5 разів) та накопичення бажаного рівня кислотності 7,2 °Н (1 доба та 5–6 діб відповідно), керованість за температурою і часом, більш високе накопичення ароматичних речовин. Встановлено, що значно вищу активність мають бактерії в заквасках на стартовій культурі ЛВ1 – від 33,8 до 44,6%, а використання пюре калини дозволяє підвищує активність бактерій ще на 13,1–22,3%. Введення пюре калини додатково збагачує середовище поживними речовинами для живлення мікрофлори заквасок та покращує умови для бактеріального росту.

### Література

1. Kulshrestha R. Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds) Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. 2022. P. 79–93. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_9).
2. Palmieri B, Vadala M, Laurino C. Gluten-free diet in non-celiac patients: beliefs, truths, advantages and disadvantages. *Minerva Gastroenterol Dietol*. 2019. Vol. 65(2). P.153–162. <https://doi.org/10.23736/S1121-421X.18.02519-9>.
3. Новойтенко І. В., Малиновський В. В. Стан та основні тренди розвитку хлібопекарської промисловості України. *Ефективна економіка*. 2020. № 11. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.11.52>.
4. Šmídová Z, Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*. 2022. 11(3). 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>.
5. Красовська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенових харчових продуктів. *Товари і ринки*. 2018. № 4. С. 36–46.
6. Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф., Федоренко Ю. О. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целиакію. *Зберігання та переробка зерна*. 2017. № 3 (211). С. 43–48.
7. Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів: монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 214 с.
8. Newberry C. The Gluten-Free Diet: Use in Digestive Disease Management. *Curr Treat Options Gastroenterol*. 2019. Vol. 17(4). P. 554–563. <https://doi.org/10.1007/s11938-019-00255-0>.

9. Yazar G., Duvarci O. C., Tavman S., Kokini J. L. LAOS behavior of the two main gluten fractions: Gliadin and glutenin. *Journal of Cereal Science*. 2017. Vol. 77. P. 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.014>.
10. Leibold B., Sanders D. S., Green P. H. R. Coeliac disease. *Lancet*. 2017. Vol. 391. Is. 10115. P.70–81. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31796-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31796-8).
11. Surabhi P. Nutritional Aspects and Health Implications of Gluten-Free Products, Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds). Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham, 2022. P. 17–34. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_2).
12. Hardy M. Y., Tye-Din J. A., Stewart J. A., Schmitz F., Dudek N. L., Hanchapola I., Purcell A. W., Anderson R. P. Ingestion of oats and barley in patients with celiac disease mobilizes cross-reactive T-cells activated by avenin peptides and immuno-dominant hordein peptides. *Journal of Autoimmunity*. 2015. № 56. P. 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.10.003>.
13. Hardy M. Y., Tye-Din J. A., Stewart J. A., Schmitz F., Dudek N. L., Hanchapola I., Purcell A. W., Anderson R. P. Ingestion of oats and barley in patients with celiac disease mobilizes cross-reactive T-cells activated by avenin peptides and immuno-dominant hordein peptides. *Journal of Autoimmunity*. 2015. Vol. 56. P. 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.10.003>.
14. Mukhopadhyay C. D. Current Advances in Celiac Disease: Consequences and Improvement Strategies. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds) Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham, 2022. P. 1–16. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_1).
15. Varino S. Active Coeliac: Disassembling Gluten and Coeliac Disease. *Somatechnics*. 2019. Vol. 9. Is. 2–3. P. 188–205. <https://doi.org/10.3366/soma.2019.0279>.
16. Степанов Ю. М., Саленко А. В. Целиакия: сучасний погляд на діагностику та лікування. *Gastroenterologia*. 2018. № 52 (4). С.249–253. <https://doi.org/10.22141/2308-2097.52.4.2018.154145>.
17. Bardella M. T., Elli L., Ferretti F. Non-celiac Gluten Sensitivity. *Current Gastroenterology Reports*. 2016. Vol. 18(12). P. 63. <https://doi.org/10.1007/s11894-016-0536-7>.
18. Sergi C, Villanacci V, Carroccio A. Non-celiac wheat sensitivity: rationality and irrationality of a gluten-free diet in individuals affected with

non-celiac disease: a review. *BMC Gastroenterology*. 2021 Vol. 21(1) № 5. <https://doi.org/10.1186/s12876-020-01568-6>.

19. Niland B., Cash B. D. Health benefits and adverse effects of a gluten-free diet in non-celiac disease patients. *Gastroenterology & Hepatology*. 2018. № 14. P. 82–91. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5866307/>.

20. Красовська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенових харчових продуктів. *Товари і ринки*. 2018. № 4. С. 36–46. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary\\_2018\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2018_4_6).

21. Codex Alimentarius-Commission. Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten: CODEX STAN 118-1979 (amendment: 1983 and 2015). URL: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B118-1979%252FCXS\\_118e\\_2015.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B118-1979%252FCXS_118e_2015.pdf).

22. Наумова О. О., Донцова О. В., Аграмакова Н. В. Перспективи підвищення відповідальності вітчизняних виробників харчової продукції без глютену з використанням Європейської системи ліцензування (ТМ «Перекреслений колосок»). *Бізнесінформ*. 2017. № 12. С. 325–330. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf\\_2017\\_12\\_50](http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2017_12_50).

23. Breadmaking: Improving Quality / Book: Third Edition. Editors: Stanley P. Cauvain. Witney, United Kingdom: Woodhead Publishing, 2021. 766 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02039-6>.

24. Rifna, E. J., Dwivedi, M., Kulshrestha, R. (2022). Novel Approaches in Gluten-Free Bread Making: Case Study. In: Singh Deora, N., Deswal, A., Dwivedi, M. (eds) Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. Food Engineering Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_8).

25. Спосіб детоксифікації глютенівих білків у зернах злаків : пат. 116780 Україна: МПК А23L 5/20, 5/30, 7/10. № а201503538 ; заявл. 29.04.2013 ; опубл. 10.05.2018, Бюл. № 9.

26. Юдіна Т., Романенко Р., Безрученко О. Підвищення технологічного потенціалу аглютенної борошняної сировини. *Товари і ринки*. 2020. № 4 (36). С.93–103. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(36\)09](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(36)09).

27. Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф. Дослідження впливу амілолітичних ферментів на мікробіологічні процеси в тісті та якість рисового хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24, № 2. С. 175–186. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht\\_2018\\_24\\_2\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2018_24_2_21).

28. Хліб безглютеновий: патент на корисну модель 142991 Україна: А21 D 13/066 / Дробот В. І., Сорочинська Ю. С.: заявник та

власник патенту: Національний університет харчових технологій. № u 201911851; заявл. 12.12.2019; опубл. 10.07.2020, Бюл. № 13/2020.

29. Дробот В. І., Сорочинська Ю. С., Грищенко А. М. Перспектива збагачення хлібобулочних виробів казеїном. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25. № 5. С. 117–124. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt\\_2019\\_25\\_5\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt_2019_25_5_14).

30. Дробот В. І., Сорочинська Ю. С., Бондаренко Ю. В., Ренкас О. І. Використання шроту насіння гарбуза в технології безглютенового хліба. *Харчова промисловість*. 2019. № 26. С. 6–13. URL: [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34345/1/Improving\\_the\\_technology\\_of\\_gluten-free\\_bread\\_using\\_sorghum\\_flour.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34345/1/Improving_the_technology_of_gluten-free_bread_using_sorghum_flour.pdf).

31. Сорочинська Ю. С. Удосконалення технології безглютенового хліба з використанням борошна з зерна сорго: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Київ, 2021. 277 с.

32. Шаніна О. М., Жуков Є. В., Нурєва А. В. Вплив технологічних факторів на ступінь пенетрації хлібобулочних виробів спеціального призначення. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. № 2/4 (28). С. 30–35. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.65462>.

33. Грищенко А. М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Київ, 2011. 222 с.

34. Семенова А. Б., Приходько Ю. С., Дробот В. І. Проблеми та перспективи виготовлення безглютенових хлібобулочних виробів в Україні. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/24722/1/Tsabripvbhvvu.pdf>.

35. Спосіб виробництва парового безглютенового хліба: пат. 107391 Україна : МПК А21D 8/02. № u201508626 ; заявл. 17.09.2015 ; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11.

36. Писарець О. П., Бела Н. І., Гетьман І. А., Семенова А. Б. Доцільність застосування псиліуму у якості структуроутворювача в технології безглютенових хлібобулочних виробів. *Продовольчі ресурси*. 2018. Вип. 10. С. 232–236. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr\\_2018\\_10\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr_2018_10_30).

37. Шаніна О. М., Галясний І. В., Лобанова Н. Л. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба. *East European Scientific Journal*. 2015. № 4. С. 56–60. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr\\_2018\\_10\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr_2018_10_30).

38. Gulsum M. Turkut, Hulya Cakmak, Seher Kumcuoglu, Sebnem Tavman. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*. 2016. № 69. P. 174–181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>.

39. Rafaiiane Macedo Guimarães, Tatiana Colombo Pimentel, Thaisa Alves Matos de Rezende, Jhessika de Santana Silva, Heloísa Gabriel Falcão, Elza Iouko Ida & Mariana Buranelo Egea. Gluten-free bread: effect of soy and corn co-products on the quality parameters. *European Food Research and Technology*. 2019. Vol. 245. P. 1365–1376. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03261-9>.

40. Sandri L. T. B., Santos F. G., Fratelli C., Capriles V. D. Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science & Nutrition*. 2017. Vol. 5, Is. 5. P. 1021–1028. <https://doi.org/10.1002/fsn3.495>.

41. Кулініч В. І., Гавриш А. В., Доценко В. Ф. Рисове борошно – перспективна сировина для безглютенових продуктів. *Наукові праці ОНАХТ*. 2013. Вип. 44. Т. 1. С. 175–178. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np\\_2013\\_44%281%29\\_44](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_44%281%29_44).

42. Mollakhalili Meybodi N., Mohammadifar M. A., Feizollahi E. Gluten-free bread quality: a review of the improving factors. *Journal of food quality and hazards control*. 2015. Vol. 2. Is. 3. 81–85. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318323613\\_Gluten-Free\\_Bread\\_Quality\\_A\\_Review\\_of\\_the\\_Improving\\_Factors](https://www.researchgate.net/publication/318323613_Gluten-Free_Bread_Quality_A_Review_of_the_Improving_Factors).

43. Schirmer M., Hôchstôtte A., Jekle M. [et al.] Physicochemical and morpho-logical characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*. 2018. № 32. P. 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.032>.

44. Demirkesen I., Mert B., Sumnu G., Sahin S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*. 2018. № 96. P. 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.

45. Tarafdar A., Pandey A., Sirohi R., Dussap G. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Advances in Food Engineering. Elsevier, 2022. 450 p. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-04192-7>.

46. Kuddus M. Enzymes in food biotechnology: production, applications, and future prospects. London: Academic Press, 2019. URL: <https://www.elsevier.com/books-and-journals>.

47. Шаніна О. М., Лобанова Н. Л., Зверев В. О. Вплив ферменту транеглютаміназа на властивості білків борошна. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2014. № 5(11). С. 28–33.

48. Лобанова Н. Л., Шаніна О. М. Технологічні аспекти формування структури виробів з безглютенової борошняної сировини. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2013. Вип. 140. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg\\_2013\\_140\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2013_140_12).

49. Saito K., Okouchi M., Yamaguchi M., Takechi T. et al. Quality improvement of gluten-free rice flour bread through the addition of high-temperature water during processing. *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. Is. 11. P. 4820–4830. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16333>.
50. Pongjaruvat W., Methacanon P., Seetapan N., Fuongfuchat A., Gamonpilas Ch. Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 36. P. 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.09.004>.
51. Plessas S. Innovations in Sourdough Bread Making. *Fermentation*. 2021 Vol. 7. № 29. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.
52. Fraberger V., Unger C., Kummer C., Domi, K. J. Insights into Microbial Diversity of Traditional Austrian Sourdough. *LWT*. 2020. 127 (6). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109358>.
53. Fekri A., Torbati M., Khosrowshahi A. Y., Shamloo H. B., Azadmard-Damirchi S. Functional Effects of Phytate-Degrading, Probiotic Lactic Acid Bacteria and Yeast Strains Isolated from Iranian Traditional Sourdough on the Technological and Nutritional Properties of Whole Wheat Bread. *Food Chemistry*. 2020. 306. 125620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125620>.
54. Caglar, N.; Ermis, E.; Durak, M. Z. Spray-Dried and Freeze-Dried Sourdough Powders: Properties and Evaluation of Their Use in Breadmaking. *Journal of Food Engineering*. 2021. № 292. 110355. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110355>.
55. Zannini E., Pontonio E., Waters D. M., Arendt E. K. Applications of microbial fermentations for production of gluten-free products and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*. 2012. Vol. 93. No. 2. P. 473–485. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3707-3>.
56. Jin J., Nguyen T. T. H., Humayun S., Park S., Oh H., Lim S., Mok I.-K., Li Y., Pal K., Kim D. Characteristics of Sourdough Bread Fermented with *Pediococcus Pentosaceus* and *Saccharomyces Cerevisiae* and Its Bio-Preservative Effect against *Aspergillus Flavus*. *Food Chemistry*. 2021. № 345. 128787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128787>.
57. Михонік Л., Гетьман І. Технологія безглютенового хліба з використанням заквасок спонтанного бродіння. *Товари і ринки*. 2019. № 1. С. 95–103. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019\(29\)09](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(29)09).
58. Galimberti A., Bruno A., Agostinetto G., Casiraghi M., Guzzetti L., Labra M. Fermented Food Products in the Era of Globalization: Tradition Meets Biotechnology Innovations. *Current Opinion of Biotechnology*. 2021. № 70. P. 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.006/>.



59. De Vuyst L., Van Kerrebroeck S., Harth H., Huys G., Daniel H.-M., Weckx S. Microbial Ecology of Sourdough *Fermentations*: Diverse or Uniform? *Food Microbiology*. 2014. № 37. P. 11–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.002>.

60. Gobetti M., De Angelis M.; Di Cagno R.; Calasso M.; Archetti G.; Rizzello C. G. Novel Insights on the Functional/Nutritional Features of the Sourdough *Fermentation*. *International Journal of Food Microbiology*. 2019. № 302. P. 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>.

61. Pétel C., Onno B., Prost C. Sourdough Volatile Compounds and Their Contribution to Bread: A Review. *Trends of Food Science Technology*. 2017. № 59. P. 105–123. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.015>.

62. Jagelaviciute J., Cizeikiene D. The Influence of Non-Traditional Sourdough Made with Quinoa, Hemp and Chia Flour on the Characteristics of Gluten-Free Maize/Rice Bread. *LWT*. 2021. Vol. 137. <https://doi.org/10/ghzf8q>.

63. Gänzle M. G., Zheng J. Lifestyles of Sourdough Lactobacilli – Do They Matter for Microbial Ecology and Bread Quality? *International Journal of Food Microbiology*. 2019. № 302. P. 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.019>.

64. Gluten-free cereal products and beverages / Edited by Elke Arendt, Fabio Dal Bello, Elke Arendt, Fabio Dal Bello. London: Academic Press, 2011. 445 p.

65. Arendt E. K., Moroni A., Zannini E. Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread. *Microbial Cell Factories*. 2021. № 10/1. URL: <http://www.microbialcellfactories.com/content/10/S1/S15>.

66. Yuwei Hu, Jialan Zhang, Shaojin Wang, Yingbao Liu, Li Li, Mengxiang Gao. Lactic acid bacteria synergistic fermentation affects the flavor and texture of bread. *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. Is. 4. P. 1823–1836. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16082>.

67. Różyło R., Rudy S., Krzykowski A., Dziki D., Gawlik-Dziki U., Różyło K., Skonecki S. Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality. *International Journal of Food Science & Technology*. 2015. Vol. 50. Is. 2. P. 313–322. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12622>.

68. Михонік Л. А., Грищенко А. М. Використання шроту з насіння розторопші в технології хліба з пшеничного цільнозернового борошна *Зберігання та переробка зерна*. 2017. № 3 (211) С. 40–43.

69. Salmenkallio-Marttila M., Katina K., Autio K. Effects of Bran Fermentation on Quality and Microstructure of High-Fiber Wheat Bread. *Cereal Chemistry Journal*. 2021. Vol. 8. № 4. P. 429. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.4.429>.

70. Сайт компанії ТОВ «Каскад». URL: <https://kaskad.dn.ua/>

71. Медвідь І., Федоренко Ю., Шидловська О., Доценко В. Рисове борошно – перспективна сировина для виробництва безглютенового хліба. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека*: матеріали міжн. наук.-практ. конф., 25–26 травня 2017 р. Київ: НУХТ, 2017. С.58–60.

72. Юргачова К. Г., Макарова О. В., Хвостенко К. В., Рибалка О. І. Визначення технологічних властивостей борошна з безамілозної пшениці за станом вуглеводно-амілазного комплексу. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 37–40.

73. Юдіна Т. І., Безрученко О. М. Технологічні властивості борошна круп'яних культур для виробництва безглютенових кексів. *Продовольчі ресурси*. 2022. 10 (19). С.176–183. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-20>.

74. Грищенко А. М. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. *Зберігання та переробка зерна*. 2011. № 4 (142). С. 61–62.

75. Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. 22. № 1. С 180–184.

76. Челябієва В., Соседова К. Використання заквасок спонтанного бродіння та борошна бобових культур у виробництві хліба. *Технічні науки та технології*. 2018. 3 (13). С. 251–257.

77. Ланська В. Д., Федорова Д. В., Слащева А. В. Проблеми та перспективи виробництва безглютенових хлібобулочних виробів в Україні. *Scientific World Journal*. 2022. Is. 15, Part 1. P. 8–13. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-15-01-018>.

78. Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. 22. № 1. С 180–184.

79. Alice V. Moroni, Fabio Dal Bello, Elke K. Arendt. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel sue? *Food Microbiology*. 2009. Vol. 26, Is. 7. P. 676–684. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>.

80. Abudayyeh M., Abu-Jdayil B., Al-Muhtaseb A. H. Effect of adding different concentrations of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) extract on rheological and baking properties of gluten-free rice

bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. 50 (11). P. 2472–2478. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2019.31964.7678>.

81. Hangyan Dan, Zepeng Gu, Cheng Li, Zhengfeng Fang, Bin Hu, Caixia Wang, Saiyan Chen, Xiaoshu Tang, Yuanyuan Ren, Wenjuan Wu, Zhen Zeng, Yuntao Liu. Effect of fermentation time and addition amount of rice sourdoughs with different microbial compositions on the physicochemical properties of three gluten-free rice breads. *Food Research International*. 2022. Vol. 161. 111889. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111889>.

82. Gao Q., Wang M., Zhao Q., Wei Y., Gao Z. Effects of goji berry and blueberry extracts on the properties of gluten-free rice-based batter and sponge cake. *LWT – Food Science and Technology*. 2019. Vol. 102. P. 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.123>.

**Information about the authors:**

**Fedorova Dina Volodymyrivna,**

Doctor of Technical Sciences,

Professor at the Department

of Technologies and Organization of Restaurant Business

State University of Trade and Economics

19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

**Slashcheva Alina Viacheslavivna,**

PhD in Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Economy and Business

Donetsk National University of Economics and Trade

named after Mykhailo Tugan-Baranovsky

16, Tramvaina str., Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region,

56000, Ukraine

**Lanska Vita Dmytrivna,**

Postgraduate Student at the Department of Technologies

and Organization of Restaurant Business

State University of Trade and Economics

19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine