
ОДЕРЖАННЯ ХЛІБА З ПОКРАЩЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ НАТИВНОЇ ЗАКВАСКИ

Паляниця Л. Я., Березовська Н. І.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-15>

ВСТУП

У сучасному світі розвиток харчової промисловості формується переходом все більшої кількості людей на здорове харчування, що базується на споживанні натуральних і функціональних продуктів. Технологія хліба, як одного з основних елементів продуктового кошика українців, зазнає суттєвих змін через перехід від використання промислових дріжджів до нативної закваски, одержаної шляхом природної ферментації. Такі продукти характеризуються нижчим глікемічним індексом, корисною мікрофлорою для шлунково-кишкового тракту, підвищеним вмістом біологічно активних речовин у хліба на заквасці¹.

У промислових умовах одержання хліба з використанням чистих культур дріжджів є значно ефективнішим, оскільки процес є більш швидким, контрольованим, передбачуваним і стандартизованим. Проте підвищений інтерес споживача до функціональних харчових продуктів та здорового харчування створює попит на хліб, виготовлений на основі нативних заквасок, як продукт природнього ферментативного процесу, збагачений цінними компонентами та широким спектром корисних мікроорганізмів.

Особливої уваги заслуговує виробництво хліба високої гідратації на основі заквасок спонтанного бродіння, що відрізняється покращеними смаковими характеристиками. Хліб на заквасці високої гідратації має свої унікальні особливості та переваги. Його готують з підвищеним вмістом води в тісті (зазвичай 70–90% від ваги борошна, а інколи навіть більше).

¹ Palla M., Blandino M., Grassi A., Giordano D., Sgherri C., Quartacci M. F., Reyneri A., Agnolucci M., & Giovannetti M. Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6>.

Такий підхід суттєво впливає як на текстуру, так і на користь хліба. Через високий вміст вологи порівняно з борошном утворюється дуже пористий м'якуш із нерівномірними великими «дірками». Також такий спосіб приготування тіста забезпечує тонку та хрустку скоринку й еластичну структуру м'якуша. Завдяки високому вмісту води в тісті клейковина розвивається повільніше, що сприяє легшому травленню. Вологий м'якуш полегшує процес пережовування та сприяє кращому засвоєнню поживних речовин. Природна закваска й високий вміст води роблять хліб менш «агресивним» для шлунково-кишкового тракту, що особливо важливо для людей із чутливим травленням.

Нативна закваска – це природні симбіотичні комплекси мікроорганізмів: молочнокислих бактерій (МКБ) і дріжджів. Її роль полягає не лише в підйманні та розпушуванні тіста, а й в накопиченні кислот, що формують тягучу м'якушку, створюють антисептичні умови для запобігання розвитку сторонньої мікрофлори та збільшенню тривалості зберігання хліба².

Дослідження мікробного складу закваски спонтанного бродіння, умов її одержання є актуальним для визначення її потенційної активності в процесах приготування тіста та випікання хліба, у формуванні смакових властивостей готового продукту, а також для досягнення стабільних і прогнозованих результатів.

1. Аналіз досліджень і публікацій за темою приготування хліба на заквасках

Серед ферментованих продуктів у харчуванні людини важлива роль належить хлібу. Для його приготування використовують як промислові штами мікроорганізмів, так і природну мікрофлору, що входить до складу нативної закваски. Дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae* володіють здатністю швидко зброджувати цукри та накопичувати вуглекислий газ. Основним субстратом для цього процесу є вуглеводи, переважно глюкоза та мальтоза, що містяться в борошні. Дріжджі контролюють у лабораторії для того, щоб забезпечити стабільний результат і високу якість готового хліба.

Швидкість газоутворення в промислових дріжджів висока, що сприяє швидкому підйому та розпушенню тіста, але це також впливає на збіднення органолептичних властивостей готового хліба. Кислоти накопичуються помірно, рН вибродженого тіста зазвичай перебуває на

² Alba C., Alberto A., Leticia G., Domingo F., José L. M., & María E. T. Effect of fermentation on microbiological, physicochemical and physical characteristics of sourdough and impact of its use on bread quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2017. Vol. 35 (6). P. 496–506. <https://doi.org/10.17221/68/2017-cjfs>.

рівні 5,6–5,8, а це, зі свого боку, сприяє зниженню стійкості до розвитку сторонньої мікрофлори та псування продукту. Дріжджовий хліб має ряд переваг, зокрема: швидкий технологічний процес виготовлення, мінімальний ризик втрати якості продукту, проте такий хліб має бідніші смак та аромат, не стійкий до сторонньої мікробіоти, а також схильний до швидкого черствіння.

Ферментативні процеси, що забезпечують унікальний смак і хороші споживчі властивості готового продукту, у виробництві хліба відбуваються за участі закваски. Такі хлібобулочні вироби виготовляються без використання промислово культивованих дріжджів, що вирізняються характеризується автентичним смаком, ароматом, текстурою, хорошою засвоюваністю в організмі людини та подовженим терміном зберігання³.

Нативна закваска – це продукт спонтанного бродіння, що відбувається завдяки природній мікрофлорі, яка є на оболонках зерна та переходить у борошно. Її можна одержувати різними способами, серед яких найчастіше використовують: 1) спонтанне бродіння; 2) на основі чистих культур молочнокислих бактерій або культур МКБ і дріжджів; 3) з активною мікрофлорою та з неактивною мікрофлорою на основі ферментованого борошна. Варто зазначити, що нативні закваски мають як переваги щодо споживчих якостей готового хліба, так і недоліки щодо стабільності технологічного процесу одержання хліба. Основним недоліком є складність у веденні контрольованого та прогнозованого процесу, оскільки мікрофлора закваски є нестабільною і залежить від багатьох чинників навколишнього середовища.

Технологічні показники закваски, а також споживчі та сенсорні властивості готового продукту суттєво залежать від виду використаного борошна⁴, його фізико-хімічних, структурно-механічних і мікробіологічних показників⁵, а також від умов її приготування, зокрема температури та рН⁶.

Низка досліджень і наукових праць містять інформацію про приготування заквасок спонтанного бродіння із житнього, житньо-пшеничного борошна⁷

³ Arendt E. K., Ryan L. A. M., & Dal Bello F. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*. 2007. Vol. 24 (2). P. 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>.

⁴ Ma S., Wang Z., & Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. Art. 130038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130038.

⁵ Челябієва В. М., Буяльська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.

⁶ Науменко О. В., Чиж В. М. Біотехнологічні показники хлібопекарських заквасок (Огляд літератури). *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 19. С. 107–115. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-12>.

⁷ Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22. Вип. 1. С. 180–184.

та борошна різних круп'яних культур⁸. Проте лише в окремих роботах⁹ висвітлюються питання виведення закваски з пшеничного борошна, що потребує всебічного дослідження.

Мікроорганізми, що є в борошні, а також його вологість, зольність, ферментативна активність впливають на біохімічні та мікробіологічні процеси в заквасці, особливо на розвиток спонтанної мікрофлори. Її склад відповідає за подальші процеси приготування тіста та хліба¹⁰. Тому важливим завданням у технології хліба з хорошими споживчими та органолептичними показниками є стабільна й активна мікробіота закваски.

Основу мікрофлори нативних заквасок становлять дріжджі роду *Saccharomyces* та молочнокислі бактерії роду *Lactobacillus*¹¹. Особливістю бродіння хліба на заквасці є суміжний процес спиртового та молочнокислого бродіння. Завдяки останньому в тісті відбувається накопичення молочної кислоти, що насамперед впливає на структуру клейковини, розм'якшуючи та частково руйнуючи її волокна, а також формує легку кислинку смаку.

У заквасках міститься понад велика кількість дріжджів, серед яких переважають такі види: *Saccharomyces cerevisiae*, *S. minor*, *S. exiguus*, *Candida krusei*, *C. humilis*, *Kazachstania exigua*, що перебувають у симбіозі з молочнокислими бактеріями¹². Значна варіативність кількості дріжджів та виявлених їх видів залежить від таких чинників: ступеня гідратації тіста, типу використаного борошна, температури розпушування та температури приготування закваски.

Серед різноманіття молочнокислих бактерій у заквасці спонтанного бродіння найчастіше виявляють вид *Lactobacillus sanfranciscensis*, проте види *L. plantarum* і *L. brevis* також вважають постійними представниками. Пояснюється це тим, що вуглеводний обмін вказаних МКБ адаптований до мальтози та фруктози як основних джерел енергії в тісті, а умови їхнього розмноження – температура та величина рН, зокрема для *Lactobacillus*

⁸ Михонік Л. А., Гетьман І. А., Науменко О. В. Ефективність заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур в технологіях хлібних виробів. *Продовольчі ресурси*, 2023. Т. 11. № 20. С. 28–34. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03>.

⁹ Березкина Н. А., Буальська Н. П., Челябієва В. М. Технологія закваски спонтанного бродіння з борошна пшеничного вищого ґатунку та її характеристики. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки / Сучасні напрями розвитку технології харчових виробництв*. 2024. № 38. С. 14–19.

¹⁰ Челябієва В. М., Буальська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.

¹¹ Corsetti A. & Settanni L. *Lactobacilli* in sourdough fermentation. *Food Research International*. 2007. Vol. 40 (5). P. 539–558.

¹² Akin M., Eydurán S. P., & Rocha J. M. Functional and health-promoting properties of acid-tolerant yeasts from sourdough-based and other agro-food products. *Handbook of Sourdough Microbiota and Fermentation*. 2025. P. 183–201. DOI: 10.1016/b978-0-443-18622-6.00010-4.

sanfranciscensis, – відповідають умовам бродіння закваски¹³. Молочнокислі бактерії, що входять до складу закваски, володіють такими особливостями: захисними механізмами на стресові реакції підвищення кислотності середовища та зниження концентрації поживних речовин, високою осмофільністю. Співвідношення між молочною та оцтовою кислотами, утвореними гетероферментативними бактеріями роду *Lactobacillus*, суттєво впливає на смак хліба і хлібобулочних виробів, отриманих на заквасці.

Таким чином, дослідження мікробіоти закваски, що визначає якісні показники хліба, його споживчі та органолептичні властивості, залишається актуальним завданням у технології хліба і хлібобулочних виробів.

2. Дослідження особливостей нативних заквасок у технології хліба

Важливим чинником у приготуванні нативної закваски є вибір борошна, оскільки ступінь помелу і просіювання, кількість білка та волоgi впливають на рівень ферментативної активності заквасок, а отже, на кінцеву якість готового хліба. Характерною особливістю цільнозернового борошна є наявність висівок, які складаються з оболонки і плівочки зерна, що надає йому кремового відтінку. Цей вид борошна активно застосовується дріжджами як джерело фосфорного живлення завдяки фітину, що міститься саме у висівках. Фітин має погану розчинність у воді, проте саме в борошні містяться ферментні комплекси фітази, що сприяють кращому засвоєнню¹⁴.

Хліб на заквасці рекомендований до вживання людям із целиакією, хворобою, симптомом якої є незасвоєння глютену. Впродовж ферментації відбувається гідролітичне розщеплення саме гліadiнкової фракції білків пшеничного борошна, а також низькомолекулярних спирторозчинних пептидів¹⁵.

Під час приготування закваски спонтанного бродіння важливими були такі умови:

- розвиток симбіотичних взаємовідносин між дріжджами та молочнокислими бактеріями,
- нагромадження цими мікроорганізмами продуктів метаболізму для забезпечення особливого смаку й аромату хліба;
- пригнічення розвитку та витіснення сторонньої мікрофлори борошна внаслідок життєдіяльності молочнокислих бактерій і дріжджів;

¹³ De Vuyst Luc & Neysens Patricia. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*. 2005. Vol. 16 (1–3). P. 43–56. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.012.

¹⁴ Ma S., Wang Z., & Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. Art. 130038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130038.

¹⁵ Rose A. H., Harrison J. S. *Biology of yeasts* (2-nd edition). Academic Press, 1987.

– можливість розщеплювати фітинову кислоту (фітин) як джерело резервного фосфору, що міститься головню у висівках і не вповні засвоюється в організмі людини, шляхом підвищення активності рослинної (борошно) і бактеріальної (молочнокислі бактерії) фітази;

– забезпечення гідролізу гліадинової фракції білків пшениці та низькомолекулярних спирторозчинних пептидів бактеріями закваски під час зброджування тіста, завдяки чому знижується ризик симптомів глютенкової хвороби.

Закваски готували змішуванням із водою у рівних пропорціях таких видів борошна з подальшою спонтанною ферментацією (табл. 1).

Таблиця 1

Варіанти приготованих заквасок

№ з/п	Варіанти закваски	Борошно
1	I закваска	Пшеничне високобілкове
2	II закваска	Пшеничне цільнозернове
3	III закваска	Пшеничне високобілкове з додаванням цільнозернового (25% від загальної маси борошна)
4	IV закваска	Житнє

Для того щоб закваска підтримувала свою активність на оптимальному рівні, необхідно постійно підживлювати її в чітко визначених пропорціях борошна. Зразки приготованих заквасок на пшеничному та житньому борошні представлено на рис. 1.

Основним параметром, за допомогою якого контролюється активність мікроорганізмів у заквасці, є рН. Відповідно до значень рН було розроблено технологічну карту для підтримання закваски в активному стані: 0,025 кг води підготовленої; 24% – 0,006 кг борошна пшеничного цільнозернового; 76% – 0,019 кг борошна пшеничного високобілкового. Маса готового напівфабрикату становила 0,050 кг.

Температурний режим ферментації заквасок вибрано $24 \pm 0,1$ °C, що сприяє активному синтезу молочної та оцтової кислот гетероферментативними молочнокислими бактеріями роду *Lactobacillus*, забезпечує хорошу текстуру хліба, більш еластичну структуру м'якушки і сповільнює черствіння готового продукту¹⁶.

¹⁶ Sidorov A., Protsak P., Kukhtyn M., & Voytko K. Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2024. Vol. 26 (101). P. 121–126. <https://doi/10.32718/nvlvet-fl10118>.



Закваска пшенична (III)



Закваска житня (IV)

Рис. 1. Зразки приготованих заквасок для аналізів

Визначені величини активної кислотності приготованих заквасок представлені на рис. 2.

Результати досліджень свідчать, що у пшеничній заквасці помірно зростала кислотність, за сім годин досягнувши значення 4 од., тоді як цільнозернова стрімко накопичила рН до 3,2 од. Найкращий результат щодо кислотності було досягнуто під час виведення третього зразка закваски. Величина рН становила 4,11 од., що свідчить про високу активність такої закваски.

Культивовані закваски відібрані по 10 г, здійснено десятикратні розбавлення у стерильному розчині. Далі по 1 см³ було інокульовано на селективні агаризовані живильні середовища у чашки Петрі і проведено культивування за температури 30 ± 0,5 °С протягом трьох-чотирьох діб.

Вирощені колонії слугували об'єктом для визначення кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), дріжджів і молочнокислих бактерій. Результати обчислень наведено в таблиці 2.

Аналізуючи таблицю 2, можна стверджувати, що найбільша кількість мезофільних аеробних та анаеробних мікроорганізмів нагромадилася в заквасці (II) – $3,6 \times 10^8$ КУО/г, а в пшеничній високобілковій (I) менше ніж у 76,5 раза, оскільки ґатунок борошна впливає на кількість мікрофлори в борошні. Мікрофлора МАФАНМ у пшеничній високобілковій із додаванням цільнозернового борошна (III) та пшеничній цільнозерновій (II) заквасках майже однакова, основу якої становлять молочнокислі бактерії і дріжджі. Результати посівів продемонстрували різницю у співвідношеннях цих мікроорганізмів. Закваска (II) містила найбільше молочнокислих бактерій, тоді як найбільше дріжджів було виявлено у пшеничній заквасці з додаванням цільнозернового борошна (III).

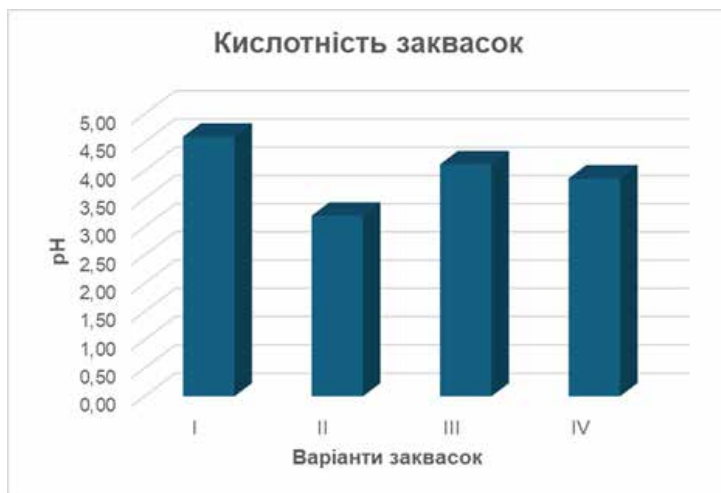


Рис. 2. Активна кислотність приготованих заквасок

Таблиця 2

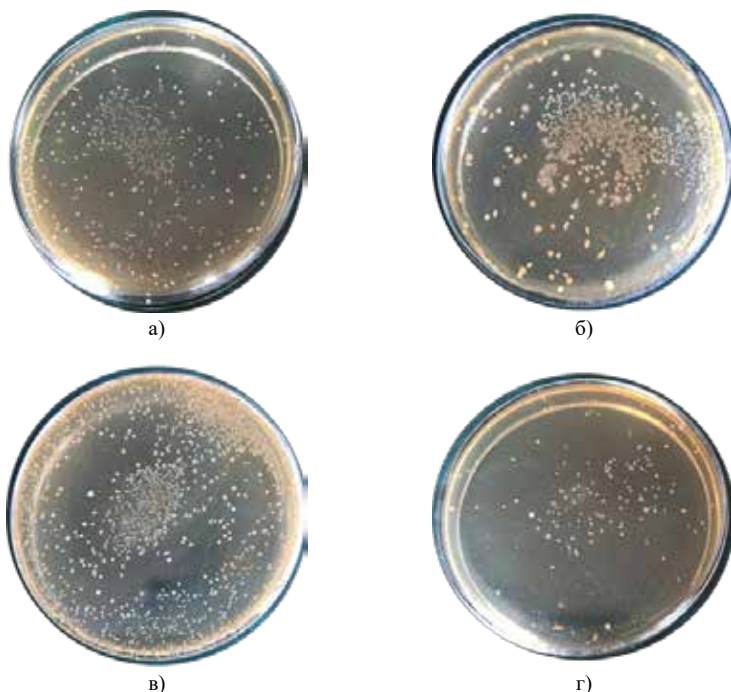
Результати кількісного обліку мікроорганізмів у заквасці

Тип закваски (залежно від борошна)		Кількість, 106 КУО/г		
		МАФАнМ	МКБ	Дріжджі
1	Пшенична високобілкова (I)	25	24	2,7
2	Пшенична цільнозернова (II)	360	350	3,0
3	Пшенична високобілкова з додаванням ц/з борошна (III)	220	210	5,3
4	Життя (IV)	3100	3000	1,1

Висів на середовище сусло-агар (рис. 3) підтвердив, що додавання цільнозернового пшеничного борошна в кількості 25% від загальної кількості борошна збільшує кількість нативних дріжджів у заквасці вдвічі завдяки мікрофлорі у плівках та на оболонках зерна.

Це сприяє збільшенню підйімальної сили закваски та покращенню якості хліба, а також розвиває клейковинний каркас завдяки високобілковому борошну. За культуральними ознаками колонії дріжджів, як видно на рис. 3, є одноріднішими в першій заквасці і за формою, і за розміром, тоді як у заквасці (II) колонії різняться як за розміром, так і за формою (круглі та схожі на диск).

За результатами мікроскопування з імерсією препаратів, приготованих із колоній на чашках Петрі, було визначено, що дріжджові клітини мали круглу й овальну форми (рис. 4).



**Рис. 3. Результати посіву та культивування на сусло-агарі заквасок:
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**

Отже, виявлені в заквасках нативні дріжджі належать до роду *Saccharomyces*. Збільшення кількості дріжджових клітин у пшеничній високобілковій заквасці з додаванням цільнозернового борошна дає змогу скоротити тривалість бродіння шляхом підвищення його ефективності. Холодна ферментація тривала 14–16 год за температури 8 °C замість 22–24 год.

Як було вище зазначено, у заквасках важливу роль відведено молочнокислим бактеріям. Виконували посіви зразків заквасок пшеничної з додаванням цільнозернового пшеничного борошна (II) та житньої (IV) на селективне для молочнокислих бактерій середовище – лактобакагар. Результати посіву та культивування молочнокислих бактерій на агаризованому середовищі свідчать про переважаючу кількість МКБ у житній заквасці.

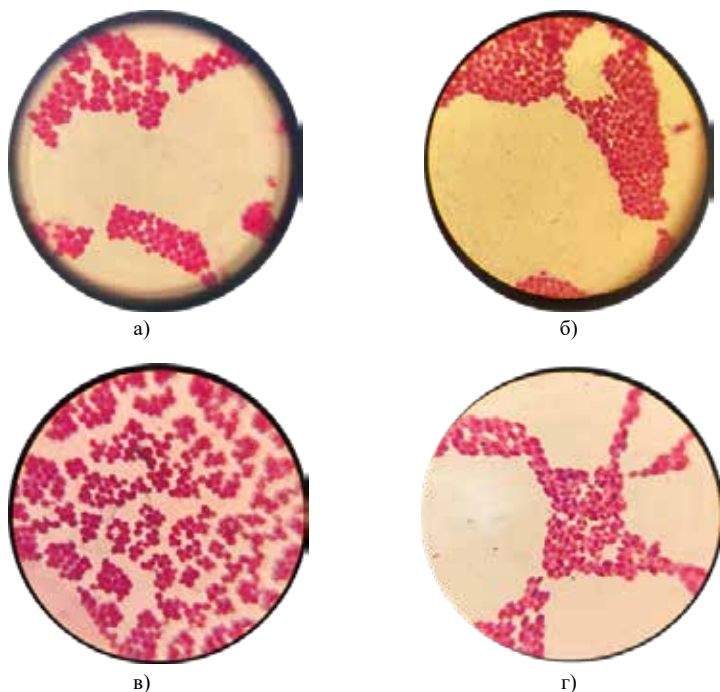


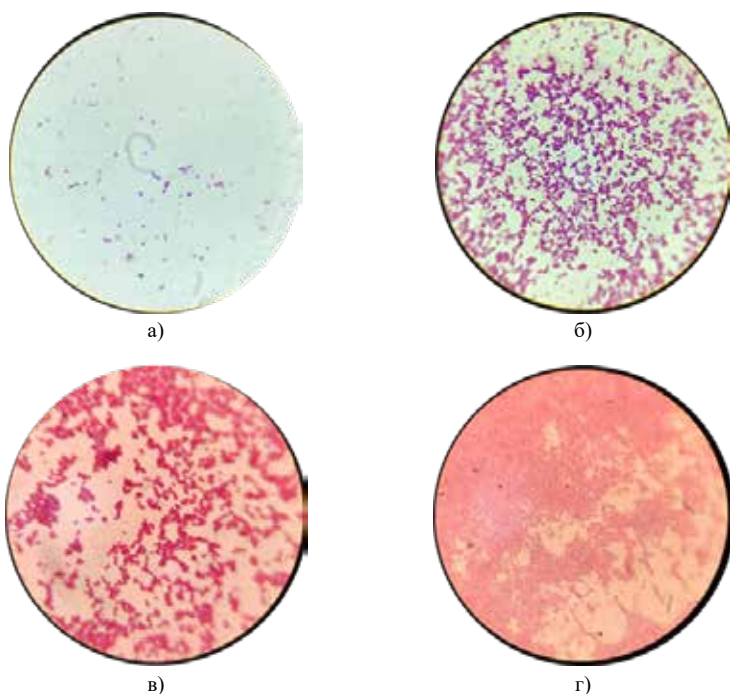
Рис. 4. Результати мікроскопування фіксованих препаратів дріжджів (збільшення у 1500 разів): (а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV

Домінантною мікрофлорою у всіх заквасках є гетероферментативні молочнокислі бактерії роду *Lactobacillus* (рис. 5). Це паличкоподібні, аспорогенні бактерії з попарно з'єднаними клітинами.

Завдяки життєдіяльності цих бактерій хліб накопичує приємну кислинку та специфічний аромат. Також нагромаджена ними під час метаболізму молочна кислота пригнічує розвиток сторонньої мікрофлори, що було підтверджено висівом на агаризовані середовища та мікроскопуванням (рис. 6–7).

У заквасках не спостерігали спорогенних бактерій, що провокують картопляну хворобу хліба, а також плісеньових грибів, які продукують токсини та є небезпечними для здоров'я людини. Ці висновки були підтверджено також висівом зразків заквасок на селективне середовище Сабуро.

Порівняно з пшеничною закваскою, у житній прослідковується яскраве домінування молочнокислих бактерій. Співвідношення бактерій



**Рис. 5. Результати мікроскопування фіксованих препаратів молочнокислих бактерій (збільшення у 1500 разів):
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**



Рис. 6. Результати посіву та культивування на МПА зразків заквасок: пшеничної з додаванням цілюзернового пшеничного борошна (а) і житньої (б)



Рис. 7. Результати посіву та культивування на молочному агарі Богданова зразків заквасок: пшеничної з додаванням цільнозернового пшеничного борошна (а) і житньої (б)

до дріжджів у житній заквасці приблизно 100 : 1, що підтверджується результатами мікроскопування фіксованих препаратів. Оскільки житнє борошно містить значну кількість ферментів, це забезпечує високу активність бродіння.

3. Властивості хліба, одержаного з використанням нативних заквасок

Технологія приготування хліба передбачає ряд біохімічних, фізико-хімічних та мікробіологічних технологічних процесів. Основними етапами на виробництві є: підготовка сировини, замішування тіста, бродіння тістових заготовок, випікання, охолодження та пакування. Початковим етапом технології є підготовка сировини, а саме борошна, води, солі та дріжджів чи закваски. Після цього можна переходити до замішування, саме на цій стадії відбувається активація глютену та розвиток клейковинного каркаса. Першою стадією замішування тіста є замішування борошна і води, він необхідний для активації ферментів протеаз, наявних у борошні, що запускають процес гідролізу білків¹⁷. Цей процес необхідний для полегшення подальшого процесу замісу, адже тістова маса стає еластичнішою і легше перемішується, що також запобігає перегріванню тіста та руйнуванню клейковини.

На культивованих заквасках було приготовано чотири зразки хліба (рис. 8).

¹⁷ Di Cagno R., Gobbetti M. Proteolysis by sourdough lactic acid bacteria: Effects on wheat flour protein fractions and gliadin peptides involved in human cereal intolerance. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. Vol. 68 (2). P. 623–633. <https://doi.org/10.1128/aem.68.2.623-633.2002>.



а)



б)



в)



г)

**Рис. 8. Зовнішній вигляд хліба на заквасці:
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**

Відсотковий вміст у тісті закваски відносно маси борошна становив 20%. Технологія хліба передбачає підвищений вміст води – 70–90%, що сприяє повільному розвитку глютену і покращує засвоюваність готового хліба.

Хліб, приготований на пшеничній заквасці, мав найсвітлішу золотаву скоринку, тоді як на високобілковій пшеничній заквасці з додаванням цільнозернового борошна мав бурштиново-золотаву скоринку, яка залишалася тонкою та хрусткою впродовж 14 годин (рис. 8). Хліб на цільнозерновій заквасці мав найщільнішу скоринку, яка відрізнялася відсутністю блиску. Житній хліб мав специфічні органолептичні властивості, що характеризується підвищеною кислотністю, дрібною пористістю і темною м'якушкою.

Удосконалена технологія хліба високої гідратації з додаванням цільнозернового борошна до високобілкового забезпечила хлібу пористу

м'якушку з великими рівномірно розподіленими отворами та тонку, хрустку скоринку (рис. 9).



а)



б)



в)



г)

**Рис. 9. Розріз хліба: пшеничного на заквасці
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**

Аромат м'який, медово-хлібний, максимально світло забарвлену м'якушку отримали з пшеничного борошна «УНО», тоді як додавання цілнозернового борошна робило колір наближеним до сірого. Найкращі споживчі якості були у хліба на комбінованій заквасці, що підтверджує наші дослідження (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристика м'якушки хліба, одержаного на нативних заквасках I–IV

Показники м'якушки	Закваска			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Якість м'якушки	Еластична	Еластична з незначною клейкістю	Еластична, пружна	Глевка з тягучою структурою

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
Пористість м'якушки	Нерівномірні великі пори	Дещо розпливчата з нерівномірними великими порами	Нерівномірні великі пори	Дрібнопориста
Колір м'якушки	Максимально світлий	Світло сірий	Світлий, із сіруватим тоном	Темно-сірий

Хліб, приготований на цільнозерновій заквасці II, мав розпливчасту м'якушку, адже він дуже швидко перекисав і надмірна кислотність руйнувала клейковинний каркас.

За органолептичними показниками хліб, одержаний на різних заквасках і з пшеничного та житнього борошна мав виражений смак, без сторонніх смаків та запахів. Найкращі смакові властивості мав пшеничний хліб, виготовлений на заквасці з пшеничного високобілкового борошна з додаванням цільнозернового.

ВИСНОВКИ

Закваски, отримані на пшеничному цільнозерновому борошні, характеризувалися найбільшою концентрацією молочнокислих бактерій ($3,5 \times 10^8$ КУО/г), тоді як житня закваска демонструвала максимальний рівень загальної мікрофлори ($3,1 \times 10^9$ КУО/г).

Встановлено, що додавання 25% пшеничного цільнозернового борошна до високобілкового пшеничного сприяє збалансованому співвідношенню МКБ і дріжджів, що позитивно відображається на інтенсивності бродіння і стабільності кислотності ($\text{pH} \approx 4,11$).

Експериментально підтверджено, що такий комплекс мікроорганізмів (молочнокислих бактерій і дріжджів) забезпечує оптимальний газоутворювальний потенціал, формування еластичної м'якушки та тонкої золотавої скоринки.

На основі отриманих заквасок було виготовлено експериментальні зразки хліба, для яких встановлено значущі відмінності в пористості, смаку та структурі. Найкращі споживчі властивості продемонстрував хліб, виготовлений на пшеничній заквасці з додаванням цільнозернового борошна, що зумовлено більш інтенсивною ферментацією, рівномірним розвитком дріжджових клітин та утворенням гармонійного кисло-ароматичного профілю. Житній хліб характеризувався підвищеною кислотністю та дрібнопористою структурою, притаманною традиційним житнім виробам.

Отримані результати мають практичне значення для хлібопекарської промисловості, оскільки обґрунтовують доцільність використання нативних заквасок як природних біокаталізаторів, здатних покращити якість хліба без застосування промислових дріжджів.

Запропоновані технологічні параметри можуть бути рекомендовані для розроблення нових рецептур хліба з підвищеною харчовою цінністю та тривалішим терміном зберігання.

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто актуальну проблему розвитку харчової промисловості в контексті зростання інтересу до натуральних продуктів, характерного для сучасної тенденції переходу населення на здорове харчування. Особливу увагу приділено перспективному напрямку – одержанню нативних заквасок спонтанного бродіння, що формуються природною мікрофлорою борошна та використовуються у виробництві хліба. Показано, що процеси ферментації за участю симбіотичних комплексів молочнокислих бактерій і дріжджів забезпечують формування кращих органолептичних показників готового хліба. У дослідженні використано комплекс мікробіологічних та фізико-хімічних методів аналізу для первинної ідентифікації молочнокислих бактерій і дріжджів, кількісного обліку колоній мікроорганізмів, вирощених на селективних середовищах, а також контролю кислотності заквасок і хліба. Органолептичну оцінку хліба проведено відповідно до чинних стандартів з урахуванням смаку, аромату, кольору та структури м'якушки, товщини і хрусткості скоринки. Запропоновано під час вирощування нативної закваски внесення пшеничного цільнозернового борошна (25% від загальної маси борошна) до пшеничного високобілкового для збалансованого співвідношення між молочнокислими бактеріями та дріжджами, що зумовлює інтенсивне бродіння і стабільну кислотність закваски. Використання її у приготуванні хліба забезпечує оптимальне газоутворення, формування еластичної м'якушки та тонкої золотистої скоринки. При цьому виявлені найкращі споживчі властивості пшеничного хліба, одержаного на заквасці з додаванням цільнозернового пшеничного борошна.

Література

1. Palla M., Blandino M., Grassi A., Giordano D., Sgherri C., Quartacci M. F., Reyneri A., Agnolucci M., & Giovannetti M. Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6>.

2. Alba C., Alberto Á., Leticia G., Domingo F., José L. M., & María E. T. Effect of fermentation on microbiological, physicochemical and physical characteristics of sourdough and impact of its use on bread quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2017. Vol. 35 (6). P. 496–506. <https://doi.org/10.17221/68/2017-cjfs>.
3. Arendt E. K., Ryan L. A. M., & Dal Bello F. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*. 2007. Vol. 24 (2). P. 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>.
4. Ma S., Wang Z., & Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. Art. 130038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130038.
5. Челябієва В. М., Буяльська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.
6. Науменко О. В., Чиж В. М. Біотехнологічні показники хлібопекарських заквасок (Огляд літератури). *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 19. С. 107–115. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-12>.
7. Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22. Вип. 1. С. 180–184.
8. Михонік Л. А., Гетьман І. А., Науменко О. В. Ефективність заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур в технологіях хлібних виробів. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11. № 20. С. 28–34. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03>.
9. Березкина Н. А., Буяльська Н. П., Челябієва В. М. Технологія закваски спонтанного бродіння з борошна пшеничного вищого гатунку та її характеристики. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки / Сучасні напрями розвитку технології харчових виробництв*. 2024. № 38. С. 14–19.
10. Челябієва В. М., Буяльська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.
11. Corsetti A. & Settanni L. *Lactobacilli* in sourdough fermentation. *Food Research International*. 2007. Vol. 40 (5). P. 539–558.
12. Akın M., Eydurán S. P., & Rocha J. M. Functional and health-promoting properties of acid-tolerant yeasts from sourdough-based and other agro-food products. *Handbook of Sourdough Microbiota and Fermentation*, 2025. P. 183–201. DOI: 10.1016/b978-0-443-18622-6.00010-4.
13. De Vuyst Luc & Neysens Patricia. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*. 2005. Vol. 16 (1–3). P. 43–56. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.012.

14. Rose A. H., Harrison J. S. Biology of yeasts (2-nd edition). Academic Press, 1987.

15. Sidorov A., Protsak P., Kukhtyn M., & Voytko K. Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2024. Vol. 26 (101). P. 121–126. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-fl0118>.

16. Di Cagno R., Gobbetti M. Proteolysis by sourdough lactic acid bacteria: Effects on wheat flour protein fractions and gliadin peptides involved in human cereal intolerance. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. Vol. 68 (2). P. 623–633. <https://doi.org/10.1128/aem.68.2.623-633.2002>.

Information about the authors:

Palianytsia Liubov Yaroslavivna,

Candidate of Chemical Sciences,

Associate Professor at the Department of Organic Products Technology

Lviv Polytechnic National University

12 Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

Berezovska Nataliia Ivanivna,

Candidate of Chemical Sciences,

Associate Professor at the Department of Organic Products Technology

Lviv Polytechnic National University

12 Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine