

УДК 664.664.6, 664.641.4

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАКВАСОК СПОНТАННОГО БРОДІННЯ
В ХЛІБОПЕЧЕННІ*Науменко О. В.*, д.т.н., с.н.с. зав. відділу
<https://orcid.org/0000-0002-1691-1381>*Гетьман І. А.*, н.с.
<https://orcid.org/0000-0002-9448-9956>*Королюк К. Є.*, к.т.н., с.н.с.
<https://orcid.org/0000-0002-5321-6177>*Лук'янчук І. В.*, аспірантка
<https://orcid.org/0009-0007-4876-0470>¹Відділ технологій хліба та біотрансформації зернових продуктів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-21-11>

Предмет. Хлібопекарські закваски спонтанного бродіння, розведені на нетрадиційних поживних середовищах. **Мета.** Інформаційно-патентний пошук щодо біорізноманіття та особливостей використання хлібопекарських заквасок спонтанного бродіння. **Методи.** При проведенні досліджень використані аналітичні методи, а також методи причинно-наслідкового аналізу та логічного узагальнення. **Результати.** Хлібопекарські закваски здатні не тільки інтенсифікувати технологічний процес, а й збагатити вироби низкою органічних кислот, водорозчинних білків, вуглеводів, ароматичних сполук, які утворюються в процесі їх бродіння. Встановлено, що активність мікрофлори заквасок залежить від ряду вихідних чинників, нестабільних за своїм характером, зокрема: технологічних властивостей, сорту, дисперсності частинок, хімічного складу, інших показників якості борошна або нетрадиційної сировини (чи їх комбінації), обраної для заквашування. Використання нетрадиційних заквашувальних субстратів дозволяє збагатити живильне середовище для життєдіяльності закваски, порівняно з пшеничним або житнім борошном. Аналіз досліджень свідчить, що в складі заквасок з ячмінного, вівсяного, гречаного, нутового, пшоняного, кукурудзяного борошна показали свою ефективність штами видів *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Weissella*, які не належать до традиційної мікрофлори. Використання таких заквасок та виготовлення хлібобулочних виробів на їх основі розширює асортимент автентичних технологій хлібопечення та виробів оздоровчого, профілактичного призначення. **Сфера застосування результатів.** Отримані результати можуть бути використані в подальших дослідженнях, які стосуються ведення хлібопекарських заквасок на нетрадиційних поживних середовищах, селекції та ідентифікації перспективних штамів хлібопекарської мікробіоти для створення банку чистих культур мікроорганізмів української селекції.

Ключові слова: закваска, нетрадиційні поживні середовища, спонтанне бродіння, молочнокислі бактерії, дріжджі, хліб.

FEATURES OF THE USE OF SOURDOUGH OF SPONTANEOUS FERMENTATION
IN BREAD BAKERY*Oksana Naumenko*, D-r of Sciences, Engineering, Senior Research, Head of Department
<https://orcid.org/0000-0002-1691-1381>*Inna Hetman*, Junior Researcher
<https://orcid.org/0000-0002-9448-9956>*Konstantin Korolyuk*, PhD, Senior Researcher
<https://orcid.org/0000-0002-5321-6177>*Ivanna Lukianchuk*, graduate student
<https://orcid.org/0009-0007-4876-0470>Department of Bread Technologies and Biotransformation of Grain Products
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-21-11>

The subject of research is the spontaneous fermentation of bakery sourdough, diluted on non-traditional nutrient media. **The purpose of the research** is an informational and patent search regarding biodiversity and features of the use of spontaneous fermentation baking starters. **Research methods.** Analytical methods, as well as methods of cause-and-effect analysis and logical generalization, were used during the research. **Research results.** Bakery sourdoughs are not only able to intensify the technological process, but also to enrich the products with a number of organic acids, water-soluble proteins, carbohydrates, and aromatic compounds that are formed in the process of their fermentation. It was established that the activity of the microflora of sourdoughs depends on a number of initial factors, which are unstable by their nature, in particular: technological properties, grade, dispersion of particles, chemical composition, other indicators of the quality of flour or non-traditional raw materials (or their combination) chosen for fermentation. The use of non-traditional leavening substrates allows enriching of the nutrient environment for the life of leaven, compared to wheat or rye flour. The research analysis shows that the strains of *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Weissella*, which do not belong to the traditional microflora, have shown their effectiveness in the composition of starters from barley, oat, buckwheat, chickpea, millet, and corn flour. The use of such leavens and the production of bakery products based on them expands the range of authentic bread-making technologies and health-promoting, preventive products. **Scope of application.** The obtained results can be used in further research related to the management of baking sourdough on non-traditional nutrient media, selection and identification of promising strains of baking microbiota to create a bank of pure cultures of microorganisms of Ukrainian selection.

Key words: sourdough starter, unconventional nutrient media, spontaneous fermentation, lactic acid bacteria, yeast, bread.

Постановка проблеми. Основним трендом розвитку хлібопекарської галузі України є використання технологій, що сприяють глибокому протіканню фізико-хімічних, колоїдних, біохімічних та мікробіологічних процесів при приготуванні напівфабрикатів, та повернення до національних традицій хлібопечення, тобто впровадження технологій на заквасках. Використання заквасок забезпечує мікробіологічну чистоту, виражені смако-ароматичні властивості готової продукції та продовження їхньої свіжості.

Національні технології приготування хліба передбачали використання заквасок в якості розпушувачів, але розвиток промислового виробництва хліба та відкриття в XIX столітті перших дріжджових заводів зумовили перехід на застосування комерційних хлібопекарських дріжджів. Для національного хлібопечення також було характерно використання спонтанного заквашування живильної суміші з борошна та води, з додаванням соломи, хмелю тощо. Така закваска дозволяла отримати хлібобулочні вироби з вираженими смако-ароматичними властивостями. Водночас цінні, закладені природою властивості сировини повністю зберігались, а в ході технологічної обробки їх можливо було підсилити. Разом з тим, технології виробів на заквасках є достатньо складними, оскільки закваска є напівфабрикатом із багатостадійними, взаємопов'язаними процесами, які залежать від значного числа нестабільних вихідних чинників, в тому числі, якості використовуваної сировини для заквашування. В Україні інтерес науковців до проблем виробництва хліба на заквасках перебуває на стадії розвитку, водночас за кордоном такі дослідження актуальні вже тривалий час [1, 2].

На сьогодні зростає популярність використання нетрадиційних поживних середовищ для заквашування або часткової заміни ними пшеничного/житнього борошна. Це слугувало підґрунтям для проведення аналізу наукової літератури щодо детальнішого з'ясування чинників, які можуть визначати якість стиглої закваски залежно від існуючого асортименту ефективних заквашувальних субстратів із нетрадиційної сировини.

Метою роботи є аналітичний огляд наукової літератури щодо біорізноманіття та особливостей використання хлібопекарських заквасок спонтанного бродіння.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовували аналітичні методи, а також методи причинно-наслідкового аналізу та логічного узагальнення.

Результати та їх обговорення. В умовах дискретного режиму виробництва, за яким працюють підприємства малої потужності, ефективно використовувати закваски спонтанного бродіння. Підприємства малої потужності можуть використовувати закваски-підкислювачі, але органічні кислоти, які входять до їх складу, можуть негативно впливати на технологічний процес, зокрема, життєдіяльність дріжджових клітин та органолептичні показники готової продукції [2, 3].

За рахунок використання в рецептурі інгредієнтів (хміль, аніс тощо) з антисептичними властивостями можливо підвищити мікробіологічну стабільність закваски, у т.ч. при ризику підвищеної мікробіологічної контамінації сировини, що переробляється – борошна, висівки тощо. Так, ученими Одеської академії харчових технологій проведено глибокі дослідження щодо ефективності внесення рослинних збагачувачів при оновленні пшеничної спонтанної закваски, зокрема, таких як: аніс, горохове борошно, хмельовий екстракт та винні дріжджі. Доведено, що ці збагачувачі сприяють росту дріжджових клітин, покращенню підйімальної сили, при цьому не відбувається «перекисання» середовища, а закваски зберігають стійкі показники якості впродовж 90 діб ведення [1].

В Національному університеті харчових технологій (НУХТ) було доведено позитивний вплив хмелевого екстракту на мікробіологічну стійкість спонтанної пшеничної закваски та готових виробів із їх додаванням [4]. Також встановлено, що у процесі заквашування пророщеного зерна пшениці кількість гнильних бактерій та «диких» дріжджів значно зменшується, в той час як вміст молочнокислих бактерій у таких заквасках збільшується. Варто відмітити, що використання закваски позитивно впливало на мікробіологічну безпеку хліба з пророщеного зерна пшениці, оскільки при його виробництві знижувалась кількість контамінантів і підвищувалась стійкість хліба до зберігання [5, 6].

Активність мікрофлори заквасок учені пояснюють вихідними показниками борошна, а саме: масовою часткою вологи та автолітичною активністю. Зроблено висновки, що вища автолітична активність і масова частка вологи борошна дозволяють отримати закваску з високими біотехнологічними показниками. Під час процесу бродіння у такій водно-борошняній суспензії більша кількість сухих речовин переходить у водорозчинний стан і буде використовуватись, як поживне середовище хлібопекарською мікробіотою [7].

Існує залежність показників якості закваски від сорту борошна. Так, було розведено пшеничні закваски на основі борошна вищого та першого сорту та досліджено їх показники якості. За результатами, закваски на основі пшеничного борошна першого сорту мали вищу підйімальну силу та активну мікрофлору, що, очевидно, пов'язано з більшою кількістю харчових волокон, макро- та мікроелементів, необхідних для живлення мікробіоти [8].

Вид борошна, яке використовується в якості поживного середовища, також має вагоме значення. Було використано штам *Lactobacillus plantarum* для розведення заквасок із різних видів борошна: пшеничного, ячмінного, вівсяного. Встановлено, що кожен вид закваски мав різні показники кислотності, темпи росту мікробіоти та метаболізм вуглеводів, але їх можна охарактеризувати як високі. Дозування заквасок у кількості (5–10)% з пшеничного борошна, (5–20)% з ячмінного борошна та (5–15)% вівсяного борошна дозволило зменшити кількість акриламідів в готовому хлібі [9].

Доведено протигрибкові властивості хмелю – як інгібітора росту *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium carneum*, *Penicillium polonicum*, *Penicillium paneum*, *Penicillium chermesinum*, *Aspergillus niger*, *Penicillium roqueforti*. Закваска, збагачена екстрактом хмелю, мала вищу концентрацію вільних амінокислот, антиоксидантну та фітазну активність тощо [10].

Розроблено спосіб приготування житньої рідкої закваски для житніх та житньо-пшеничних видів хліба, в якому борошно заквашується хмелевим екстрактом у кількості

(2–4)% до маси борошна, що позитивно впливало на мікробіологічну стійкість спонтанної закваски та готових виробів з її додаванням [11, 12].

Учені оцінювали ступінь мікробіологічної стійкості спонтанних пшеничних заквасок із різних регіонів південної Італії, проводячи щоденні оновлення заквасок порцією живильної водно-борошняної суміші впродовж року. Встановлено, що мікробіота всіх зразків заквасок була подібною за видовим складом. Певні відмінності були на внутрішньовидовому рівні, оскільки поживне середовище в одному зразку закваски змінювалось в різний період відбору за вмістом вуглеводів, вільних амінокислот, спиртів та нелетких кислот. Це пояснюється комбінованим впливом температури ферментації та концентрації поживних речовин у борошні, яка змінювалась упродовж року. Зроблено висновки, що динаміка зміни популяції молочнокислих бактерій у заквасках упродовж року за щоденного оновлення, в основному, визначається мікробіотою борошна та його поживними речовинами [13].

Для приготування заквасок із пшеничного борошна додатково було використано добавки: квіти та м'якоть яблука, гірчиці, ягоди глоду, гранат та оцет з метою з'ясування еволюції мікробіоти. Показано, що мікробіота заквасок із додаванням рослинних матеріалів швидко стабілізувалась та була представлена *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus graminis* або *Lactobacillus rossiae* та *Saccharomyces cerevisiae*. В заквасках без додавання інгредієнтів активність мікробіоти була нижчою [14].

Рослинні субстрати, а саме: виноград, цукрова тростина, яблуко було використано для розведення пшеничних заквасок спонтанного бродіння. Найкращими показниками якості характеризувалась закваска з використанням винограду. Вона мала нижчу кислотність, при цьому в ній найкраще відбувалися процеси газоутворення. Через рік культивування закваски кількість МКБ зросла, водночас кількість дріжджів зменшилась. Варто відмітити, що всі закваски мали специфічні смако-ароматичні характеристики, які позитивно впливали на органолептичні показники якості готових виробів [15].

Ще одним ефективним збагачувачем живильного середовища для заквасок серед фітодобавок є базилік. Учені Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя з'ясували, що додавання (0,25–2,00)% екстракту базиліку позитивно впливало на розвиток мікробіоти та покращення підйімальної сили житньо-пшеничної закваски [16].

Зі спонтанних заквасок олійно-бобових культур було виділено бактерії видів *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc citreum*, які вчені вважають перспективними за рахунок оптимальних показників кислотонакопичення та активного росту. *Acetobacter pasteurianus* та *Gluconobacter oxydans* характеризувались як активні продуценти летких сполук [17].

Доведено домінуючу роль МКБ видів *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus pontis* та дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* в спонтанних заквасках на основі борошна з пшениці, жита, вівса, ячменю, рису, кукурудзи і проса [18]. У заквасках на основі гречки, амаранту, лободи домінували *Lactobacillus paralimentarius*, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* (крім гречаної закваски, в якій дріжджів виявлено не було). Варто відмітити, що стабільною мікрофлорою відрізнялась лише гречана закваска, в якій при внесенні *Lactobacillus paralimentarius* як стартової культури, штам зберігав домінуючу роль упродовж всього процесу розведення [19].

В заквасках із пшонаного борошна були виявлені та ідентифіковані види МКБ: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Pediococcus pentosaceus* і дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, які показали високу ефективність у накопиченні летких сполук, екзополісахаридів, фенольних сполук, антибактеріальній та протигрибковій активності [20, 21].

Встановлено, що в спонтанних заквасках із вівсяного борошна, які піддавались ферментації за температури 27°C, домінували види *Leuconostoc argentinum*, *Pediococcus pentosaceus* і *Weissella cibaria*, а за температури 37°C – *Lactobacillus coryniformis*. Обидва види показали високу ефективність у технології вівсяного хліба, зокрема, поліпшувалась еластичність тіста, зростав питомий об'єм хліба та якість м'якушки [22, 23].

Аналіз мікрофлори спонтанної закваски з борошна чіа показав, що найбільш активними були види *Enterococcus faecium*, *Enterococcus mundtii*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Weissella cibaria* [24].

Показано, що при ферментації нутового борошна за температури (28±2)°C виявлено крім традиційних видів *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum* також і *Enterococcus faecium*, *Enterococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. dextranum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Streptococcus lutetiensis* тощо. Домінуючою мікробіотою були представники видів *Weissella confusa*, *Weissella cibaria*, які відібрано для подальших досліджень з метою використання як стартові культури [25, 26].

Інші вчені проводили ферментацію нутового борошна за температури 37°C. Виявлена при цьому популяція МКБ дещо змінилась, виділено види *Enterococcus durans*, *Enterococcus mundtii*, *Lactococcus garvieae*, *Weissella paramesenteroides* та традиційний для нуту – *Pediococcus pentosaceus*. Всі види за своїми властивостями було використано в подальшому, для розробки інноваційних продуктів з використанням ферментованого нутового борошна [27, 28].

Встановлено, що ферментація сприяла розщепленню та зниженню концентрації фенольних сполук, зокрема, хлорогенової кислоти, яка, як відомо, зумовлює небажану зміну кольору продукції. Домінуючі види МКБ *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus gasseri* в заквасці спонтанного бродіння з борошна насіння соняшнику показали високу ефективність у розщепленні хлорогенової кислоти на хінну та кавову, що підтверджує наявність механізмів взаємодії фенольних сполук та МКБ [29].

Італійські вчені довели перспективність використання ферментованого конопляного борошна в технології безглютенового хліба. Дослідження показали зростання ароматоутворюючих летких органічних сполук, підвищення концентрації протимікробних речовин і покращення смакового профілю готових виробів [30].

Українськими вченими проведено дослідження щодо заміни частини житнього борошна в заквасці спонтанного бродіння на нетрадиційні види борошна – гречане, вівсяне та кукурудзяне. За вмісту 20% борошна нетрадиційного виду в складі закваски спостерігалось покращення фізико-хімічних показників якості готових виробів. Було доведено ефективність консервування таких заквасок, зокрема, висушуванням. Показники якості сухих заквасок знаходились у допустимих межах, їх рекомендовано до промислового використання [31]. Розроблено спосіб виготовлення закваски спонтанного бродіння, в якій бродильним агентом використано пророщене подрібнене зерно жита в кількості (5–10)% до маси борошна, що покращило харчову цінність готового хліба на заквасці [32].

Масштабні дослідження щодо використання нетрадиційних поживних середовищ для приготування спонтанних заквасок були проведені науковцями Національного університету харчових технологій. Ними було розроблено розвідні та виробничі цикли приготування заквасок на основі борошна зеленої гречки, вівсяного та рисового та встановлено ефективність використання готових заквасок в технологіях виробів широкого асортименту: пшеничного, пшенично-житнього та безглютенового [33, 34].

Ірландськими вченими Школи харчових наук було досліджено закваски спонтанного бродіння з гречаного борошна в різних умовах ферментації. В результаті досліджень виявлено широкий спектр розвиненої мікрофлори: різноманітні види МКБ 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*, *Weissella cibaria*, *Lactobacillus plantarum* були нетрадиційними. В тісті зі заквасками спостерігався позитивний вплив на реологічні властивості тіста, дріжджову активність та питомий об'єм тіста. Підвищилась харчова цінність готового хліба та тривалість зберігання, що довело ефективність додавання гречаної закваски до рецептури хліба [35, 36].

Висновки. В результаті інформаційно-патентного пошуку з'ясовано, що найбільшу ефективність для розведення заквасок спонтанного бродіння показали продукти переробки олійно-бобових, круп'яних культур, продукти переробки псевдозернових культур, хміль та хмелеві екстракти, фітодобавки, збагачувачі у вигляді квіток, ягід, плодів тощо.

Встановлено, що використання нетрадиційних поживних середовищ дозволяє отриманий широкий спектр видового складу стабільної мікрофлори та відмінні технологічні та функціональні властивості готових стиглих заквасок. Як результат, хліб із використанням таких заквасок характеризується високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості та вищою мікробіологічною стабільністю.

Спостерігається обмеженість систематизованих даних щодо закономірностей розвитку бродильної мікрофлори у розвідному та виробничому циклах заквасок із різними поживними середовищами, що зумовлює необхідність проведення таких досліджень. Зокрема, в Україні недостатньо досліджень щодо використання нетрадиційних поживних середовищ для отримання хлібопекарських заквасок, що обумовлює актуальність і перспективність подальшої роботи в цьому напрямку.

Бібліографія.

1. Lebedenko T., Kozhevnikova V., Kotuzaki O., Novichkova T. Determining the efficiency of spontaneous sourdough for stabilizing the quality of bread products in bakeries and catering enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Вип.4 (11). № 100. P. 22–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174289>
2. Пшеничний Г. Ф., Чабан А. Б. Збагачення хімічного складу житньо-пшеничних виробів на основі консервованих заквасок спонтанного бродіння. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 1 (22). С. 12–14.
3. Челябієва В., Соседова К. Використання заквасок спонтанного бродіння та борошна бобових культур у виробництві хліба. *Технічні науки та технології*. 2018. № 3. С. 251–257. [http://dx.doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3\(13\)-251-257](http://dx.doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3(13)-251-257)
4. Vrancken, G., Rimaux, T., Weckx, S., Leroy, F., De Vuyst, L. Influence of temperature and backslopping time on the microbiota of a type I propagated laboratory wheat sourdough fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*. 2011. № 77. P. 2716–2726. <https://doi.org/10.1128/AEM.02470-10>.
5. Minervini F., Lattanzi A., Dinardo F. R., De Angelis M., Gobbetti M. Wheat endophytic lactobacilli drive the microbial and biochemical features of sourdoughs. *Food Microbiology*. 2018. № 70. P. 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.006>.
6. Вебінар «Пшеничні закваски. Стартові культури LB1, LB2 TM «LIVENDO» – доступність та стабільність». Організатор ТОВ «Lesaffre Україна». <http://www.lesaffre.ua/?fbclid=IwAR2AbNIC09QoI-EMz3RsIPbFhEUJS5meTqmPdW1xBbHtIMHInq1DdUuyA9I>.
7. Лебеденко Т. Є., Новічкова Т. П., Соколова Н. Ю., Бицюра О. В. Відродження старовинних технологій приготування хліба на винних дріжджах. *Харчова наука і технологія*. 2012. №1 (18). С. 86–90.
8. Юрчак В. Г., Рак В. П., Ковалевська Є. І., Яйко М. О. Дослідження реологічних властивостей заварок і хмельових заквасок. *Наукові праці ОНАХТ*. 2012. №42 (1). С. 168–173.
9. Рушай О. С., Грегірчак Н. М. Дослідження мікробіологічних показників закваски та хліба із пророщеного зерна пшениці. *Ukrainian food journal*. 2012. № 2. С. 39–42.
10. Bartkiene E., Bartkevics V., Pugajeva I., Krungleviciute V., Mayrhofer S., Domig K. The contribution of *P. acidilactici*, *L. plantarum*, and *L. curvatus* starters and L-(+)-lactic acid to the acrylamide content and quality parameters of mixed rye - wheat bread. *LWT-FOOD science and technology*. 2017. № 80. P. 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.005>.

11. Corsetti A., Lavermicocca P., Morea M., Baruzzi F., Tosti N., Gobbetti M. Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species *Triticum durum* and *Triticum aestivum*) sourdoughs of Southern Italy. *International journal of food microbiology*. 2001. № 64 (1–2). P. 95–104. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(00\)00447-5](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00447-5).
12. Singer Aplevicz K., Zarpellon Mazo J., dos Santos N., Newton K., Nalevaiko Siqueira F., Sant'Anna, Ernani S. Evaluation of sourdoughs for the production of bread using spontaneous fermentation technique. *Acta Scientiarum. Technology*. 2014. №36 (4). P. 713–719. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v36i4.19703>.
13. Katsi P., Kosma I., Michailidou S., Argiriou A., Badeka A., Kontominas M. Characterization of artisanal spontaneous sourdough wheat bread from central greece: evaluation of physico-chemical, microbiological, and sensory properties in relation to conventional yeast leavened wheat bread. *Foods*. 2021. №10 (3). P. 1–23. <https://doi.org/10.3390/foods10030635>.
14. Coda R., Nionelli L., Rizzello C. G., De Angelis M., Tossut P., Gobbetti M. Spelt and emmer flours: Characterization of the lactic acid bacteria microbiota and selection of mixed starters for bread making. *Journal of Applied Microbiology*. 2010. № 108. P. 925–935. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04497.x>.
15. Weckx S., Van der Meulen R., Maes D., Scheirlinck I., Huys G., Vandamme P., De Vuyst L. Lactic acid bacteria community dynamics and metabolite production of rye sourdough fermentations share characteristics of wheat and spelt sourdough fermentations. *Food Microbiology*. 2010. № 8 (12). P. 1000–1008. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.06.005>.
16. Савченко О., Калініченко Ю. Технологія виготовлення житньо-пшеничного хліба на заквасках з використанням базилюку. *Технічні науки та технології*. 2019. № 4. P.183-191.
17. Montemurro M., Pontonio E., Gobbetti M., Giuseppe Rizzello C. Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours, *International Journal of Food Microbiology*. 2019. № 302. P. 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.005>.
18. Curiel J. A., Coda R., Centomani I., Summo C., Gobbetti M., Rizzello C. G. Exploitation of the nutritional and functional characteristics of traditional Italian legumes: The potential of sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*. 2015. № 196. P. 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.032>.
19. Bartkiene E., Bartkevics V., Pugajeva I., Krungleviciute V., Mayrhofer S., Domig K. Parameters of rye, wheat, barley, and oat sourdoughs fermented with *Lactobacillus plantarum* LUHS135 that influence the quality of mixed rye-wheat bread, including acrylamide formation. *International Journal of Food Science Technology*. 2017. № 52(6). P. 1473–1482. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13412>.
20. Bartkiene E., Juodeikiene G., Vidmantienė D., Viskelis P., Urbonaviciene D. Nutritional and quality aspects of wheat sourdough bread using *L. luteus* and *L. angustifolius* flours fermented by *Pediococcus acidilactici*. *International Journal of Food Science & Technology*. 2011. № 46 (8). P. 1724–1733. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02668.x>.
21. Galle S., Schwab C., Arendt E. K., Gänzle M. G. Structural and rheological characterisation of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough. *Food Microbiology*. 2011. № 28 (3). P. 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.11.006>.
22. Păcularu-Burada B., Turturică M., Rocha J., Bahrim G.-E. Statistical approach to potentially enhance the postbiotication of gluten-free sourdough. *Advances of Lactic Fermentation for Functional Food Production*. 2021. №11 (11). 25 p. <https://doi.org/10.3390/app11115306>.
23. Venturi M., Galli V., Pini N., Guerrini S., Granchi L. Use of selected *Lactobacilli* to increase γ -Aminobutyric acid (GABA) content in sourdough bread enriched with amaranth flour. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2019. № 8 (6). 13 p. <https://doi.org/10.3390/foods8060218>.
24. Franco W., Pérez-Díaz I. M., Connelly L., Diaz J. T. Isolation of exopolysaccharide-producing yeast and lactic acid bacteria from quinoa (*Chenopodium quinoa*) sourdough fermentation. *Foods*. 2020. № 9 (3). 18 p. <https://doi.org/10.3390/foods9030337>.
25. Akinola S. A., Osundahunsi O. F. Lactic acid bacteria and yeast diversities in spontaneously fermented millet sourdoughs. *Journal of Microbiology. Biotechnology and Food Sciences*. 2017. № 6 (4). P. 1030–1035. <http://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2017.6.4.1030-1035>.
26. Hajinia F., Sadeghi A., Mahoonak A. S. The use of antifungal oat-sourdough lactic acid bacteria to improve safety and technological functionalities of the supplemented wheat bread. *Journal of Food Safety*. 2021. № 41 (1). 12 p. <https://doi.org/10.1111/jfs.12873>.

27. Hüttner E., Dal Bello F., Arendt E. K. Identification of lactic acid bacteria isolated from oat sourdoughs and investigation into their potential for the improvement of oat bread quality. *European Food Research and Technology*. 2010. № 230 (6). P. 849–857. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-010-1236-4>.
28. Maidana S. D., Ficoresco C. A., Bassi D., Cocconcelli P. S., Puglisi E., Savoy G., Vignolo G., Fontana C. Biodiversity and technological-functional potential of lactic acid bacteria isolated from spontaneously fermented chia sourdough. *International Journal of Food Microbiology*. 2020. 316. 10 p. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108425>.
29. Gunduz C. P. B., Gaglio R., Franciosi E., Settanni L., Erten H. Molecular analysis of the dominant lactic acid bacteria of chickpea liquid starters and doughs and propagation of chickpea sourdoughs with selected *Weissella confusa*. *Food Microbiology*. 2020. № 91. 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103490>.
30. Nionelli L., Montemurro M., Pontonio E., Verni M., Gobbetti M., Rizzello C. G. Pro-technological and functional characterization of lactic acid bacteria to be used as starters for hemp (*Cannabis sativa* L.) sourdough fermentation and wheat bread fortification. *International Journal of Food Microbiology*. 2018. № 279. P. 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.036>.
31. Корнієнко І. М. Фізико-хімічні та мікробіологічні дослідження бездріжджових заквасок для хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2019. № 2. С. 75–90. <https://doi.org/10.18372/2306-6407.2.14756>.
32. Пшеничнюк Г.Ф., Демченко А.Б., Ковпак Ю.С. Покращення якості житньо-пшеничних виробів на житніх заквасках спонтанного бродіння. *Харчова наука і технологія*. 2012. №1 (18). С. 82–84.
33. Hetman I., Mykhonik L., Kuzmin O., Shevchenko A. Influence of spontaneous fermentation leavens from cereal flour on the indicators of the technological process of making wheat bread. *Ukrainian Food Journal*. 2021. 10 (3). P. 492–506. <http://dx.doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-3-6>.
34. Bondarenko Yu., Mykhonik L., Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Andronovich G., Hetman I. Study of the influence of buckwheat flour and flax seeds on consumption properties of long-stored bakery products. *EUREKA: Life Sciences*. 2019. 4. P. 9–18. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00973>.
35. Harth H., Kerrebroeck S. V., De Vuyst L. Community dynamics and metabolite target analysis of spontaneous, backslipped barley sourdough fermentations under laboratory and bakery conditions. *International Journal of Food Microbiology*. 2016. № 228 (2). P. 22–32.
36. Moroni, A. V., Zannini, E., Sensidoni, G., Arendt, E. K. Exploitation of buckwheat sourdough for the production of wheat bread. *European Food Research and Technology*. 2012. № 235 (4). P. 659–668. <https://doi.org/10.1007/S00217-012-1790-Z>.

References

1. Lebedenko, T., Kozhevnikova, V., Kotuzaki, O., Novichkova, T. (2019). Determining the efficiency of spontaneous sourdough for stabilizing the quality of bread products in bakeries and catering enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4 (11) 100. 22–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174289>.
2. Pshenychniuk, H., Chaban, A. (2013). Zbahachennia khimichnoho skladu zhytno-pshenychnykh vyrobiv na osnovi konservovanykh zakvasok spontannoho brodinna. [Enrichment of the chemical composition of rye-wheat products based on canned starters of spontaneous fermentation]. *Food science and technology*. 1 (22). 2–14. [in Ukrainian].
3. Cheliabiieva, V., Sosedova, K. (2018). Vykorystannia zakvasok spontannoho brodinna ta boroshna bobovykh kultur u vyrobnytstvi khliba. [The use of spontaneous fermentation starters and leguminous flour in the production of bread]. *Technical sciences and technologies*. 3. 251–257. [http://dx.doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3\(13\)-251-257](http://dx.doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3(13)-251-257) [in Ukrainian].
4. Vrancken, G., Rimaux, T., Weckx, S., Leroy, F., De Vuyst, L. (2011). Influence of temperature and backslipping time on the microbiota of a type I propagated laboratory wheat sourdough fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*. 77. 2716–2726. <https://doi.org/10.1128/AEM.02470-10>.
5. Minervini, F., Lattanzi, A., Dinardo, F. R., De Angelis, M., Gobbetti, M. (2018). Wheat endophytic lactobacilli drive the microbial and biochemical features of sourdoughs. *Food Microbiology*. 70. 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.006>.

6. Webinar «Pshenychni zakvasky. Startovi kultury LB1, LB2 TM «LIVENDO» – dostupnist ta stabilnist». [Webinar "Wheat starters. Standard cultures LB1, LB2 TM "LIVENDO" – availability and stability"] Organizer "Lesaffre Ukraine" LLC. Access mode: <http://www.lesaffre.ua/?fbclid=IwAR2AbNIC09QoIEMz3RsIPbFhEUJS5meTqmPdW1xBbHtIMHInq1DdUuyA9I> [in Ukrainian].
7. Lebedenko, T., Novichkova, T., Sokolova, N., Bytsiura, O. (2012). Vidrozhennia starovynnykh tekhnolohii pryhotuvannia khliba na vynnykh drizhdzhakh. [Revival of ancient technologies of making bread with wine yeast]. Food science and technology. 1(18). 86-90. [in Ukrainian].
8. Iurchak, V., Rak, V., Kovalevska, Ye., Yaiko, M. (2012). Doslidzhennia reolohichnykh vlastyvosti zavarok i khmelovykh zakvasok. [Research on the rheological properties of brews and hop leavens]. Scientific works of ONAKHT. 42(1). 168-173. [in Ukrainian].
9. Rushai, O., Hrehirchak, N. (2012). Doslidzhennia mikrobiolohichnykh pokaznykiv zakvasky ta khliba iz proroshchenoho zerna pshenytsi. [Study of microbiological indicators of sourdough and bread from germinated wheat grain]. Ukrainian food journal. 2. 39–42. [in Ukrainian].
10. Bartkiene, E., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Krungleviciute, V., Mayrhofer, S., Domig, K. (2017). The contribution of *P. acidilactici*, *L. plantarum*, and *L. curvatus* starters and L-(+)-lactic acid to the acrylamide content and quality parameters of mixed rye – wheat bread. LWT-FOOD science and technology. 80. 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.005>.
11. Corsetti, A., Lavermicocca, P., Morea, M., Baruzzi, F., Tosti, N., Gobbetti, M. (2001). Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species *Triticum durum* and *Triticum aestivum*) sourdoughs of Southern Italy. International journal of food microbiology. 64 (1–2). 95–104. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(00\)00447-5](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00447-5).
12. Singer Aplevicz, K., Zarpellon Mazo, J., dos Santos, N., Newton, K., Nalevaiko Siqueira, F., Sant', Anna, Ernani, S. (2014). Evaluation of sourdoughs for the production of bread using spontaneous fermentation technique. Acta Scientiarum. Technology. 36 (4). 713–719. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v36i4.19703>.
13. Katsi, P., Kosma, I., Michailidou, S., Argiriou, A., Badeka, A., Kontominas, M. (2021). Characterization of artisanal spontaneous sourdough wheat bread from central greece: evaluation of physico-chemical, microbiological, and sensory properties in relation to conventional yeast leavened wheat bread. Foods. 10 (3). 1–23. <https://doi.org/10.3390/foods10030635>.
14. Coda, R., Nionelli, L., Rizzello, C. G., De Angelis, M., Tossut, P., Gobbetti, M. (2010). Spelt and emmer flours: Characterization of the lactic acid bacteria microbiota and selection of mixed starters for bread making. Journal of Applied Microbiology. 108. 925–935. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04497.x>.
15. Weckx, S., Van der Meulen, R., Maes, D., Scheirlinck, I., Huys, G., Vandamme, P., De Vuyst, L. (2010). Lactic acid bacteria community dynamics and metabolite production of rye sourdough fermentations share characteristics of wheat and spelt sourdough fermentations. Food Microbiology. 8 (12). 1000–1008. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.06.005>.
16. Savchenko, O., Kalinichenko, Yu. (2019). Tekhnolohiia vyhotovlennia zhytno-pshenychnoho khliba na zakvaskakh z vykorystanniam bazyliku. [Production technology of rye-wheat bread on sourdough using basil.] Technical sciences and technologies. 4. 183–191. [in Ukrainian].
17. Montemurro, M., Pontonio, E., Gobbetti, M., Giuseppe Rizzello, C. (2019). Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours, International Journal of Food Microbiology. 302. 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.005>.
18. Curiel, J. A., Coda, R., Centomani, I., Summo, C., Gobbetti, M., Rizzello, C. G. (2015). Exploitation of the nutritional and functional characteristics of traditional Italian legumes: The potential of sourdough fermentation. International Journal of Food Microbiology. 196. 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.032>.
19. Bartkiene, E., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Krungleviciute, V., Mayrhofer, S., Domig, K. (2017). Parameters of rye, wheat, barley, and oat sourdoughs fermented with *Lactobacillus plantarum* LUHS135 that influence the quality of mixed rye-wheat bread, including acrylamide formation. International Journal of Food Science Technology. 52 (6). 1473–1482. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13412>.
20. Bartkiene, E., Juodeikiene, G., Vidmantienė, D., Viskelis, P., Urbonaviciene, D. (2011). Nutritional and quality aspects of wheat sourdough bread using *L. luteus* and *L. angustifolius* flours

fermented by *Pediococcus acidilactici*. *International Journal of Food Science & Technology*. 46 (8). 1724–1733. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02668.x>.

21. Galle, S., Schwab, C., Arendt, E. K., Gänzle, M. G. (2011). Structural and rheological characterisation of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough. *Food Microbiology*. 28 (3). 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.11.006>.

22. Păcularu-Burada, B., Turturică, M., Rocha, J., Bahrim, G.-E. (2021). Statistical approach to potentially enhance the postbiotication of gluten-free sourdough. *Advances of Lactic Fermentation for Functional Food Production*. 11 (11). 25 p. <https://doi.org/10.3390/app11115306>.

23. Venturi, M., Galli, V., Pini, N., Guerrini, S., Granchi, L. (2019). Use of selected *Lactobacilli* to increase γ -Aminobutyric acid (GABA) content in sourdough bread enriched with amaranth flour. *Foods* (Basel, Switzerland). 8 (6). 13 p. <https://doi.org/10.3390/foods8060218>.

24. Franco, W., Pérez-Díaz, I. M., Connelly, L., Diaz, J. T. (2020). Isolation of exopolysaccharide-producing yeast and lactic acid bacteria from quinoa (*Chenopodium quinoa*) sourdough fermentation. *Foods*. 9 (3). 18 p. <https://doi.org/10.3390/foods9030337>.

25. Akinola, S. A., Osundahunsi, O. F. (2017). Lactic acid bacteria and yeast diversities in spontaneously fermented millet sourdoughs. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 6 (4). 1030–1035. <http://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2017.6.4.1030-1035>.

26. Hajinia, F., Sadeghi, A., Mahoonak, A. S. (2021). The use of antifungal oat-sourdough lactic acid bacteria to improve safety and technological functionalities of the supplemented wheat bread. *Journal of Food Safety*. 41 (1). 12 p. <https://doi.org/10.1111/jfs.12873>.

27. Hüttner, E., Dal Bello, F., Arendt, E. K. (2010). Identification of lactic acid bacteria isolated from oat sourdoughs and investigation into their potential for the improvement of oat bread quality. *European Food Research and Technology*. 230 (6). 849–857. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-010-1236>.

28. Maidana, S. D., Ficoeco, C. A., Bassi, D., Cocconcelli, P. S., Puglisi, E., Savoy, G., Vignolo, G., Fontana, C. (2020). Biodiversity and technological-functional potential of lactic acid bacteria isolated from spontaneously fermented chia sourdough. *International Journal of Food Microbiology*. 316. 10 p. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108425>.

29. Gunduz, C. P. B., Gaglio, R., Franciosi, E., Settanni, L., Erten, H. (2020). Molecular analysis of the dominant lactic acid bacteria of chickpea liquid starters and doughs and propagation of chickpea sourdoughs with selected *Weissella confusa*. *Food Microbiology*. 91. 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103490>.

30. Nionelli, L., Montemurro, M., Pontonio, E., Verni, M., Gobbetti, M., Rizzello, C. G. (2018). Pro-technological and functional characterization of lactic acid bacteria to be used as starters for hemp (*Cannabis sativa* L.) sourdough fermentation and wheat bread fortification. *International Journal of Food Microbiology*. 279. 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.036>.

31. Korniienko, I. (2019). Fyzyko-khimichni ta mikrobiolohichni doslidzhennia bezdrizhdzhovykh zakvasok dlia khlibobulochnykh vyrobiv funktsionalnoho pryznachennia. [Physico-chemical and microbiological studies of yeast-free leavens for functional bakery products.] *Problems of ecological biotechnology*. 2. 75–90. <https://doi.org/10.18372/2306-6407.2.14756>.

32. Pshenychniuk, H., Demchenko, A., Kovpak, Yu. (2012). Pokrashchennia yakosti zhytno-pshenychnykh vyrobiv na zhytnikh zakvaskakh spontannoho brodinnia. [Improvement of the quality of rye-wheat products on rye leavens of spontaneous fermentation] *Food Science and Technology*. 1 (18). 82–84.

33. Hetman, I., Mykhonik, L., Kuzmin, O., Shevchenko, A. (2021). Influence of spontaneous fermentation leavens from cereal flour on the indicators of the technological process of making wheat bread. *Ukrainian Food Journal*. 10 (3). 492–506. <http://dx.doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-3-6>.

34. Bondarenko, Yu., Mykhonik, L., Bilyk, O., Kochubei-Lytvynenko, O., Andronovich G., Hetman I. (2019). Study of the influence of buckwheat flour and flax seeds on consumption properties of long-stored bakery products. *EUREKA: Life Sciences*. 4. 9–18. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00973>.

35. Harth, H., Kerrebroeck, S. V., De Vuyst, L. (2016). Community dynamics and metabolite target analysis of spontaneous, backslopped barley sourdough fermentations under laboratory and bakery conditions. *International Journal of Food Microbiology*. 228 (2). 22–32.

36. Moroni, A. V., Zannini, E., Sensidoni, G., Arendt, E. K. (2012). Exploitation of buckwheat sourdough for the production of wheat bread. *European Food Research and Technology*. 235 (4). 659–668. <https://doi.org/10.1007/S00217-012-1790-Z>.