

УДК 637:22.2

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ  
БЕЗДРІЖДЖОВИХ ЗАКВАСОК ДЛЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ  
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**І.М. КОРНІЄНКО**

Національний авіаційний університет, м. Київ

*Досліджено бездріжджові закваски в практиці виробництва хлібобулочних виробів. За результатами мікробіологічних досліджень виявлено збудників хвороб хліба у пшеничному, спельтовому, вівсяному та житньому видах борошна. Експериментами доведено ефективність використання симбіозу чистих культур молочнокислих бактерій у складі заквасок на предмет пригнічення хвороб хліба. Використання бездріжджових заквасок з підвищеним вмістом чистих культур молочнокислих бактерій в практиці випікання бездріжджового хліба, а також безглютенівих видів борошна з підвищеним вмістом білку та клітковини, дозволяє віднести готовий продукт до категорії функціональних з покращеними дієтичними властивостями.*

**Ключові слова:** закваска, молочнокислі бактерії, збудники хвороб хліба, функціональний продукт, бездріжджовий хліб.

**Актуальність питання.** У зв'язку із регулярним техногенним навантаженням на навколишнє природне середовище, відбуваються постійні порушення екології людини. Тому актуальним питанням сьогодення та трендом сучасної дієтології вважається необхідність щоденного споживання функціональних продуктів харчування, котрі отримані із природних інгредієнтів. Завдяки регулярному споживанню функціональних продуктів, відбувається в організмі людини стимуляція та активізація імунних реакцій, завдяки чому попереджається розвиток багатьох захворювань. До

функціональних продуктів відносять: напої та коктейлі, корисні хлібобулочні та кондитерські вироби. Станом на сьогодні, Японія є єдиною в світі країною, в якій був прийнятий спеціальний закон про функціональне харчування. На ринку країн Європейського союзу присутність функціональних продуктів харчування становить 35 % від загальної кількості, на жаль, в Україні цей показник не перевищує 2,5 % [1, 2].

Основними вимогами до продуктів харчування функціонального призначення можна вважати:

- природне походження та легке засвоєння (як звичайна їжа);
- користь від харчування, а відповідно до здоров'я та екології людини;
- безпечність з точки зору збалансованого харчування;
- науково доведена обґрунтованість від використання в щоденному раціоні;
- висока біологічна цінність та активність продукту, відсутність лікарських форм.

До основних функціональних компонентів, якими додатково збагачені продукти харчування з покращеними лікувально-профілактичними властивостями відносять:

- харчові волокна (розчинні та нерозчинні);
- вітаміни та мінеральні речовини;
- поліненасичені жири (рослинні олії, риб'ячий жир, омега-3 та омега-6 жирні кислоти);
- антиоксиданти (  $\beta$ -каротин, вітаміни E , C);
- пробіотики (живі культури молочнокислих бактерій);
- пребіотики (неперетравлювані компоненти їжі, які вибірково стимулюють активність захисної мікрофлори кишечника людини і поліпшують тим самим її здоров'я, нерозчинні в шлунку).

Актуальністю сьогодення є використання сучасних біотехнологічних підходів в області здорового харчування. Задля надання функціональних властивостей хлібобулочним виробам, запропоновано розробити біотехнологічні

закваски з підвищеним вмістом молочнокислих бактерій (МКБ) на основі різних видів борошна [3, 4]. Медики [5] не рекомендують вживати дріжджові вироби людям хворим на шлунково-кишковий тракт, тому що дріжджі спричиняють гнилісні процеси та бродіння. Дієтологи радять споживати бездріжджові вироби з метою нормалізації обмінних процесів в практиці схуднення.

Фахівці [6–9] передбачають, що в майбутньому закваски на основі молочнокислих бактерій будуть якісною заміною хлібопекарським дріжджам, тому що впливають на якісні показники та біобезпеку хліба. На Україні лише французькою торгівельною маркою представлено інактивовану житню закваску «Аром Левен» на основі МКБ. Інші комерційні закваски містять дріжджі та МКБ у різних співвідношеннях (нажаль, переважають хлібопекарські дріжджі).

**Постановка задачі.** Надати оцінку якісним характеристикам бездріжджових заквасок, довести її антагоністичні властивості по відношенню до збудників хвороб хліба, які зумовлені патогенними та умовно патогенними культурами.

**Результати роботи та їх обговорення.** Розроблено покращену технологію отримання бездріжджових заквасок з корисних видів борошна (особливо безглютенових) з використанням симбіозу чистих культур молочнокислих бактерій родів – біфідо, лакто та молочних стрептококів, які перевірено за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Для досліджень використано наступні види борошна: вівсяне, житнє, спельтове, пшеничне та гречане.

Вівсяне борошно за амінокислотним складом є повноцінним продуктом. У вівсяному борошні зосереджено багато легкозасвоюваних вуглеводів, крім того, воно сприяє утворенню в організмі серотоніну, який відповідає за гарний настрій. Борошно вівсяне відрізняється зниженим вмістом крохмалю та підвищеним вмістом жиру й рослинних харчових волокон. Пшеничне борошно містить в своєму складі більше вуглеводів 81,73 г, які засвоюються набагато гірше в порівнянні з вуглеводами вівсяного, житнього та спельтового борошна.

Житнє борошно містить менше крохмалю – 73,0 г, білків 8,9 г і трохи більше цукрів та клітковини. Хлібобулочні вироби не рекомендуються хворим на шлунок, що зумовлюється підвищеною кислотністю продукту.

Спельтове борошно містить практично всі поживні речовини, яких потребує людина, в гармонійному і збалансованому поєднанні – і не тільки в оболонці зерна, а рівномірно у всьому зерні. Це означає, що вона зберігає поживну цінність навіть при самому тонкому помелі. Для спельти характерний високий вміст білка. Спельта містить в 3 рази більше білка – 18,46 г, жирів – 3,17 г, мінеральних речовин (зола) – 1,97 г. Поряд із цим, має менший показник кількості вуглеводів (в т.ч. крохмалю – 52,49 г).

Гречане борошно містить приблизно 10 % високоякісного білку. В ній знаходиться в три рази більше лізину, ніж у злакових культурах. А він, як відомо, є будівельним матеріалом для білків і забезпечує міцність кісток. Крім того, гречка містить чималу кількість вітамінів Е і В1 або В2. Вона також багата мінералами, такими як калій, кальцій, залізо і магній. Харчова цінність на 100 г крупи становить: калорії – 341; білок – 10 г; жири – 1,7 г; вуглеводи – 71 г.

Найчастіше порушення мікробіологічної безпеки хліба та хлібобулочних виробів відбувається за рахунок розвитку плісняви та збудників картопляної хвороби.

Пліснявіння хліба – найбільш поширена хвороба, яку спричинюють плісеневі гриби або їхні спори, що потрапили із зовнішнього середовища (повітря, тари, обладнання та ін.) в готові вироби. Оптимальні умови розвитку плісняви: висока вологість середовища (виробів), температура в межах 25–30 °С, відносна вологість повітря — від 70 до 80 %. Небезпека пліснявіння збільшується при пакуванні недостатньо охолодженого хліба. Під дією ферментів плісняви у виробках відбуваються небажані процеси: з'являються неприємний смак і запах, можуть накопичуватися отруйні речовини. Зовнішній вигляд хлібних виробів різко погіршується. Факторами патогенності грибів роду *Aspergillus* є взаємодія патогенних аспергилів з живим організмом, що веде до розвитку аспергильозу. Це захворювання обумовлено наявністю у грибів таких властивостей, як адгезія

до епітеліальних клітин, здатність до їх колонізації, а також через епітелій, інвазії в підлеглі тканини, а також здатності протистояти факторам неспецифічного і специфічного захисту організму (агресія). Патогенність *Aspergillus spp.* пов'язана з їх гетеротрофністю і синтезом різноманітних ферментів: амілолітичних, протеолітичних, ліполітичних, а також ферментів, руйнуючих рогове покриття (хітин, кератин), що сприяє заселенню ними найрізноманітніших органічних субстратів і активної колонізації живих організмів. Факторами патогенності аспергил є також ферменти класу еластази, які здатні руйнувати еластичні волокна легенів. Аспергильоз – мікоз, що викликається різними видами цвілевих грибів роду *Aspergillus* протікає з хронічними токсико-алергічними проявами. Вплив пліснявих грибів на здоров'я людини різноманітне. Вони здатні призводити до розвитку широкого діапазону хронічних, сапрофітних і алергічних станів. В деяких виробництвах, де культивують мікроміцети, є можливість виникнення мікозів і мікоалергозів у вигляді респіраторної сенсibiliзації людей.

Картопляна ("тягуча") хвороба спричиняється спорами сінної палички – *Bacillus subtilis* та картопляної палички – *Bacillus mesentericus*, які потрапляють у хліб разом з борошном. Ці мікроорганізми не гинуть при температурі 100 °C і упродовж 10 хв. витримують температуру 125 °C. Оптимальна температура розвитку цих мікроорганізмів 35–40 °C. Зараження хліба картопляною хворобою спостерігається в основному в теплий період року після 10 годин зберігання при температурі 30–40 °C. Прискорюють цей процес низька кислотність та підвищена вологість виробів. Картопляною хворобою заражується в основному пшеничний хліб. М'якушка хліба стає тягучою, липкою, з дуже тонкими, павутино-подібними нитками. Через накопичення продуктів розпаду речовин, особливо білків, м'якушка набуває різкого, неприємного специфічного запаху і смаку. У ній можуть накопичуватись отруйні речовини. Хліб, заражений картопляною хворобою, в їжу не використовують.

Фактори патогенності сінної палички:

1) здатність до біосинтезу токсинів (ендотоксин, екзотоксин, ендогемолізін, фермент лейкоцидін), які викликають ураження еритроцитів, клітин печінки, запуск інтоксикації, загибель лейкоцитів;

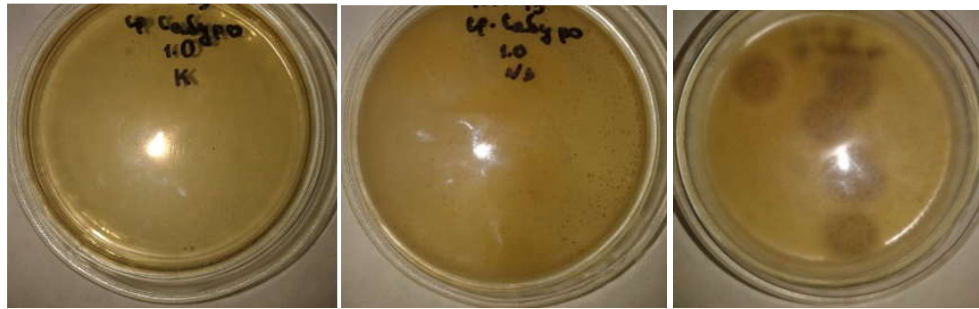
2) висока стійкість до ряду антибактеріальних засобів за рахунок здатності утворювати навколо своїх колоній слизеподібну капсулу – глікокалікс (зокрема, стійка до бета-лактамів, аміноглікозидів, фторхінолонів), що ускладнює ефективність лікувальних заходів у таких хворих.

Нажаль, в сучасних умовах боротьбу з зазначеними збудниками проводять шляхом використовують хімічних сполук – консервантів. Для того щоб запобігти пліснявінню хліба, до складу тіста додають консерванти, видаляють партії запліснявілого хліба із загальної маси виробів; проводять своєчасну дезінфекцію транспортних засобів, обладнання і торговельного інвентарю при виявленні ознак пліснявіння; систематично провітрювати приміщення; упаковувати хліб (цілий або скибочки) у герметичну вологонепроникну термостійку плівку з наступною тепловою стерилізацією (температура в центрі м'якушки має бути 85–90 °С. Також обробляють поверхню хліба сорбіновою кислотою або 96 %-им спиртом з наступним упаковуванням у плівкові матеріали; упаковують хліб у полімерні плівки з наступним вакуумуванням; зберігають хліб в атмосфері вуглекислого газу або азоту.

Виходячи з вище сказаного, проведено визначення біобезпеки використаних видів борошна, а саме: пшеничного, житнього, вівсяного, гречаного та спельтового, в практиці отримання бездріжджових заквасок. В результаті мікробіологічних досліджень зазначених видів борошна на поживному середовищі Сабуро у зразках з вівсяним та житнім борошном, які представлено на рисунку 1, виявлено патогенні гриби – *Aspergillus niger* та мукові гриби – *Mucor mucedo*.



Вівсяне борошно



Житнє борошно

**Рис. 1. Мікробіологічні дослідження борошна на наявність грибів (вівсяне борошно, житнє борошно)**

Також, при проведенні досліджень на поживному середовищі ГМФ-агар у зразках з пшеничним та спельтовим борошном виявлено бактерії роду *Bacillus subtilis* у кількості 550 КУО/см<sup>3</sup> та 1200 КУО/см<sup>3</sup> відповідно, які на поживному середовищі утворюють бархатне покриття (рис. 2). Колонії мають хвилясті края із сіруватим відтінком. Цим збудником, спочатку заражається зерно ще в процесі дозрівання, а потім, при помелі заражається і борошно, а з борошном ця хвороба потрапляє в тісто і хліб. Зараженість цілnozернового борошна звичайно набагато вище, ніж білого, тому що найбільша кількість спор бактерій залишається на висівках, що і підтверджено результатами мікробіологічних досліджень. Ця культура має дуже активну ферментну систему і з легкістю руйнує білок, пектини, цукри тіста, при цьому її спори не гинуть навіть під час випічки, витримуючи нагрівання до 121 °С. Згідно більшості класифікацій *Bacillus subtilis* вважається не патогенної для людини, але її токсини є небезпечними.



**Рис. 2. Мікробіологічні дослідження борошна на присутність сінної палички *Bacillus subtilis* ( пшеничне борошно, борошно зі спельти)**

Ріст зазначених збудників на гречаному борошні не виявлено.

Велика кількість збудників картопляної хвороби хліба в зразках борошна із спельти пояснюється тим, що дана зернова культура може зростати виключно в умовах органічного вирощування - без використання засобів стимуляції росту та захисту рослин.

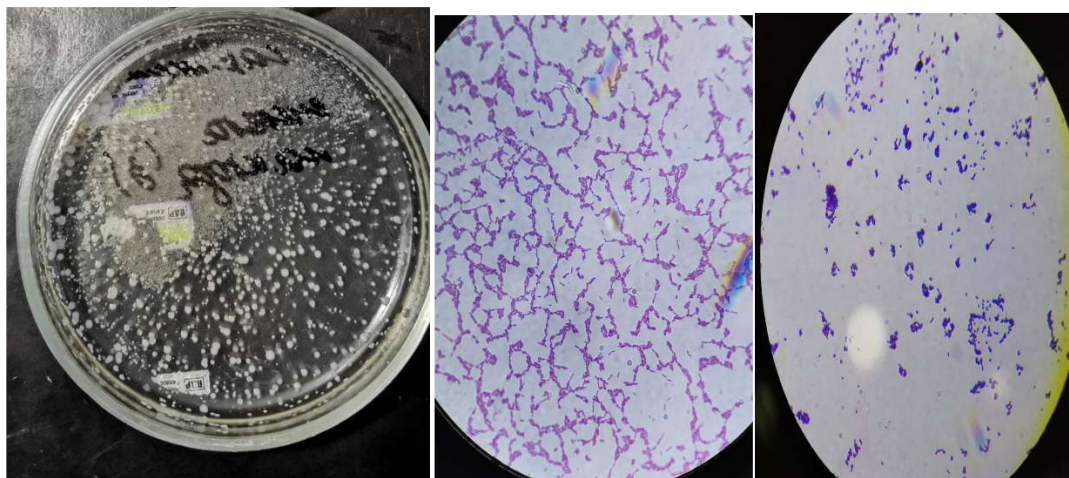
З метою пригнічення росту виявлених збудників хвороб хліба та забезпечення високої підйомної сили тіста в умовах відсутності хлібопекарських дріжджів, запропоновано в процесі отримання бездріжджових заквасок вводити симбіоз чистих культур молочнокислих бактерій (МКБ). Результати досліджень свідчать про пригнічення росту виявлених збудників в досліджених зразках борошна інтенсивним зростанням колоній МКБ.

На щільних поживних середовищах Блікфельдта та лактоагарі було виявлено інтенсивний ріст молочнокислих бактерії в усіх зразках заквасок, виготовлених при різних співвідношеннях борошна – житнього, пшеничного, спельтового, гречаного та вівсяного (рис. 3). В дослідженому зразку комерційної закваски відомої торгівельної марки з пророщених зерен пшениці та хмелю виявлено велику кількість дріжджів, котрі конкурували за субстрат з присутніми молочнокислими бактеріями, тому кількість останніх була не значною (рис. 4).

В даній роботі доведено ефективність використання молочнокислих бактерій проти збудників хвороб хліба у складі заквасок різного типу, а також



регулярне оновлення заквасок дозволило пригнічувати зростання дикорослих дріжджів, які потрапляли до заквасочних культур разом з борошном.



**Рис. 3. Результат мікробіологічних досліджень власноруч виготовленої закваски із суміші спельтового та пшеничного борошна**

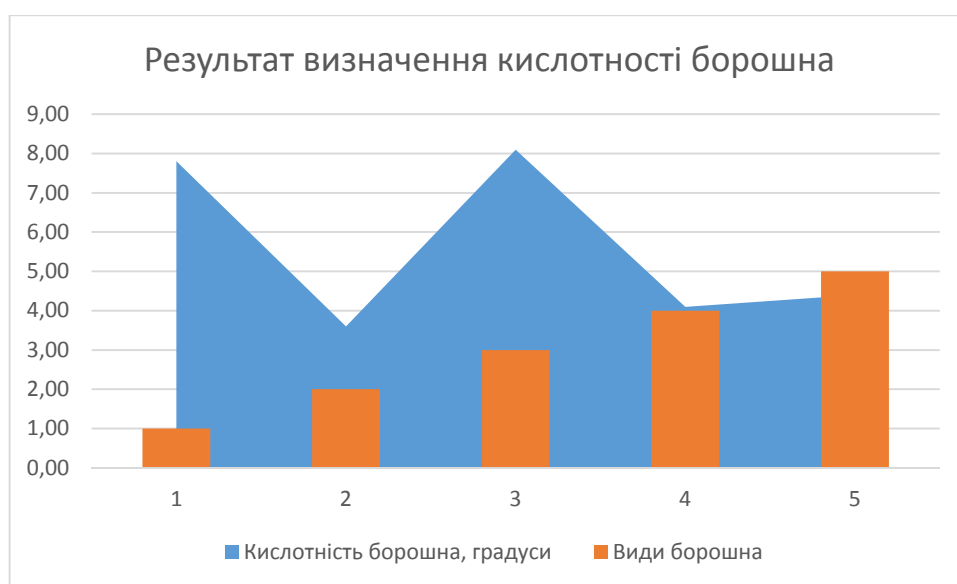


**Рис. 4. Результат мікробіологічних досліджень комерційної закваски відомої торгівельної марки з пророщених зерен пшениці та хмелю із суміші спельтового та пшеничного борошна**

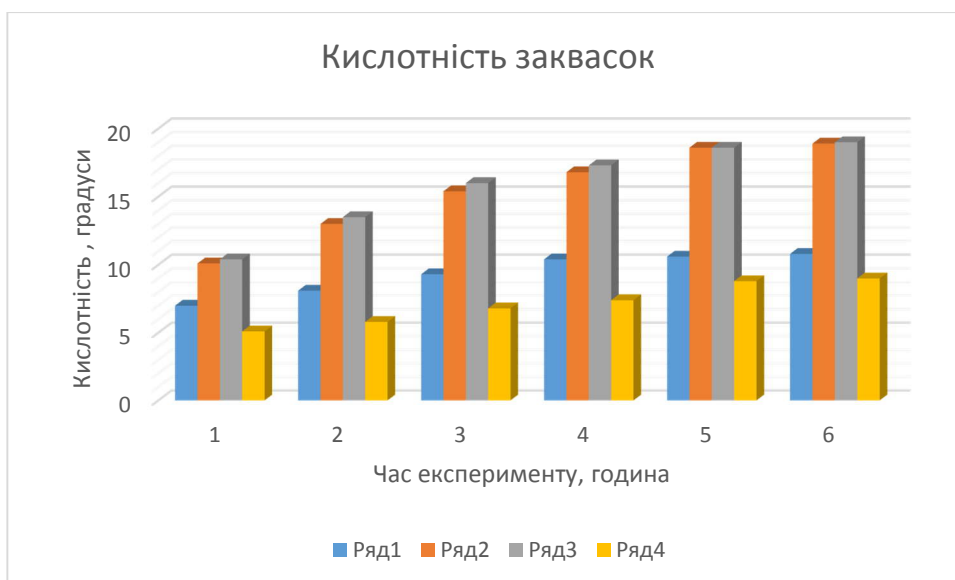
Результати мікробіологічних досліджень свідчать про виявлення антагоністичних властивостей молочнокислих бактерій у складі борошняних заквасок відповідно до пліснявих грибів та сінної палички. На чашках Петрі не спостерігається ріст вказаних збудників хвороб борошна в присутності молочнокислих бактерій.

Якісні характеристики борошна, заквасок та хліба визначаються кислотністю. На рисунку 5 наведено результати визначення кислотності досліджених зразків борошна титрометричним методом. Якщо борошно зберігається при температурах вище 10–15 °С, в ньому спостерігається наростання титрованої кислотності та збільшення кислотного числа.

Титрована кислотність зростає в результаті утворення фосфорної кислоти та кислих фосфатів при ферментативному розпаді фітину; накопичення органічних кислот, що утворюються при розщепленні вуглеводів під дією мікроорганізмів; накопичення вільних жирних кислот, що утворюються при розщепленні жирів під дією ліпази. Інтенсивність цих процесів зростає з підвищенням вологості та температури борошна. На рисунку 5 наведено результати визначення кислотності заквасок упродовж 6 годин їх вирощування.



**Рис. 5. Результат визначення кислотності різних видів борошна, градуси: 1 – вівсяне борошно, 2 – пшеничне борошно вищого сорту, 3 – житнє борошно, 4 – спельтове борошно (цільнозернове), 5 – гречане борошно**



**Рис. 6. Результат визначення титрованої кислотності заквасок: ряд 1 – закваска на спельтовому борошні (цільозернове); ряд 2 – закваска на вівсяному та житньому борошні; ряд 3 – закваска із пророщених зерен пшениці та хмелю на основі житнього борошна; ряд 4 – закваска із пшеничного та гречаного борошна**

Упродовж 6 годин нарощування заквасок відбувалося постійне зміння їх кислотність та посилення газоутворення. Експериментами встановлено, що найбільш оптимальним видами борошна для виготовлення заквасок з нормальною кислотністю є закваски № 1 та № 4. Їх кислотність не перевищує 11 градусів. Саме використання спельтового та гречаного борошна у складі заквасок для хліба підвищує його харчову цінність (безглютенові види борошна) та надає хлібу функціональних властивостей. Внаслідок підвищеної кислотності вівсяного борошна, його рекомендовано використовувати у складі закваски із сумішшю зі спельтового та пшеничного борошна задля нормалізації кислотності закваски та хліба. З часом закваски підкислюються, що пов'язано зі зростанням титру молочнокислих бактерій та біосинтезом молочної кислоти. Найоптимальнішим часом ферментації борошняних заквасок для використаних видів борошна можна вважати 4–5 годин, що підтверджується результатами визначення кислотності та вмісту органічних кислот.

Хліб спечений на заквасці зі спельтового борошна (рис. 7) мав покращені органолептичні показники, особливо смак (горіховий) та запах. Він відповідає таким якостям: пористість – 55 %, удільний обсяг 2,1 см<sup>3</sup>/г, стислість м'якуша – 23 одиниці, що повністю співвідноситься з показниками якості хліба на заквасці. При цьому хліб мав параметри титрованої кислотності 6,1 градус (за рахунок використання спельти), органічних летючих кислот 34 %, спирту 0,2 %, з підсиленою ароматикою.



**Рис. 7. Хліб пшеничний та спельтовий на власній бездріжджовій заквасці**

## **ВИСНОВКИ**

Отримані результати досліджень свідчать про необхідність введення симбіозу чистих культур молочнокислих бактерій в борошняні закваски задля забезпечення їх біобезпеки (пригнічення зростання збудників хвороби хліба). Встановлено підвищене газоутворення в присутності молочнокислих бактерій, що свідчить про інтенсивність процесу зброджування вуглеводів молочнокислими бактеріями, яке сприятиме зростанню підйомної сили тіста та його пористості. Доведено можливість використання безглютенових видів борошна в практиці отримання борошняних заквасок в технології приготування функціонального хліба з покращеним дієтичними властивостями.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. Навчальний посібник // Сирохман І.В., Завгородня В.М. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 544 с.

2. Шафранський В. В. Європейська політика "Здоров'я-2020": використання науково обґрунтованих стратегій для отримання позитивних результатів / В. В. Шафранський // Економіка і право охорони здоров'я. – 2016. – № 1. – С. 44–48.
3. Способ приготовления хмелевой закваски, хмелевая закваска и способ приготовления хлебобулочного изделия на хмелевой закваске. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/216/2164748.html>
4. Аношкина Г.Л. Болезни хлебных изделий. / Аношкина Г.Л. // Хлебоброды: научно-техн. журн. – 2001. – Вып. № 7. – С. 24–26.
5. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / Escarnot E., Jacquemin J-M, Agneessens R., Paquot M. // Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. – 2012. – Vol. 16(2). – P. 243–256.
6. Дорош А.П. Исследование антагонистических свойств закваски с направленным культивированием и оценка микробиологических показателей хлеба на ее основе / Дорош А.П., Григерчак Н.Н. // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т.37, № 2. – С.48–54.
7. Лебеденко Т.Є. Підвищення якості хліба пшеничного шляхом використання лікарської рослинної сировини. / Лебеденко Т.Є., Кожевнікова В.О. // Зернові продукти і комбікорми. – 2013. – № 2. – С.18–25.
8. Сильчук Т.А. Дослідження біотехнологічних властивостей тістових напівфабрикатів. / Сильчук Т.А., Дробот В.І. // К.: Наукові праці НУХТ. – 2017 р. – Том 23, № 1. – С. 210–214.
9. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник / Дробот В.І. – К.: Логос. – 2002. – 368 с.

# **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗДРОЖЖЕВЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**И.М. КОРНИЕНКО**

Национальный авиационный университет, г. Киев

Исследовано бездрожжевые закваски, предназначенные для производства хлебобулочных изделий. По результатам микробиологических исследований выявлено возбудителей болезней хлеба в таких видах муки: пшеничная, полбяная (спельтовая), овсяная и ржаная. Экспериментами подтверждена эффективность использования чистых культур молочнокислых бактерий в составе заквасок на предмет угнетения болезней хлеба. Использование бездрожжевых заквасок с повышенным содержанием чистых культур молочнокислых бактерий, а также использование безглютеновых видов муки с повышенным содержанием белка и клетчатки, позволяет отнести готовый продукт к категории функциональных с улучшенными диетическими свойствами.

**Ключевые слова:** закваска, молочнокислые бактерии, возбудители болезней хлеба, функциональный продукт, бездрожжевой хлеб.

## **PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF YEAST-FREE SOURDOUGH FOR BAKERY PRODUCTS OF FUNCTIONAL PURPOSE**

**I.M. KORNIENKO**

National Aviation University, Kyiv

The yeast-free sourdough, intended for the production of baked goods, has been studied. According to the results of microbiological studies, the pathogens of bread

diseases in such types of flour were identified: wheat, polb (spelt), oatmeal and rye. Experiments have confirmed the effectiveness of the use of pure cultures of lactic acid bacteria in sourdough for the oppression of bread diseases. The use of yeast-free sourdough with an increased content of pure cultures of lactic acid bacteria, as well as the use of gluten-free flour with high protein and fiber content, allows to classify the finished product as functional with improved dietary properties.

**Key-words:** sourdough, lactic acid bacteria, pathogens of bread diseases, functional product, yeast-free bread.