

УДК 663: 633.1

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.47761

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ПРОБІОТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ *LACTOBACILLUS CASEI* У ЖИТНЬОМУ ХЛІБІ З ХАРЧОВОЮ ПЛІВКОЮ

© Н. В. Чепель, Т. А. Сильчук, М. О. Кашнікова

*Обґрунтовано внесення пробіотичних молочнокислих культур *Lactobacillus casei* при приготуванні тіста й у вигляді харчової плівки з матрицею на основі гуміарабіку після випікання. Це дозволяє скоротити процес бродіння тіста та досягти $8,98 \times 10^7$ КУО *Lactobacillus casei* в 1 г житнього хліба на шостий день зберігання, що відносить його до категорії функціональних продуктів*

Ключові слова: житній хліб, пробіотичні культури, харчова плівка, гуміарабік, життєздатність

*This article presents the adding probiotic culture *Lactobacillus casei* by rye dough and edible film with gum arabic based matrices after baking. It permits dough fermentation reducing and $8,98 \times 10^7$ cfu/1 g *Lactobacillus casei* achieving on the sixth day of storage that it relates rye bread to the functional foods*

Keywords: rye bread, probiotic culture, edible film, gum arabic, viability

1. Вступ

Актуальним питанням сьогодення є виробництво житнього хліба функціонального призначення. Житній хліб характеризується рядом переваг поміж інших видів хлібобулочних виробів. У житньому борошні порівняно з пшеничним міститься у більших кількостях незамінні амінокислоти, особливо лізин (у житньому – 3,05 г/100 г; у пшеничному – 2,58 г/100 г) та ізолейцин з лейцином (у житньому – 5,83 г/100 г; у пшеничному – 3,78 г/100г) [1].

До складу житнього борошна входять також есенціальні мінеральні речовини (магній – 92 мг/100 г, цинк – 3 мг/100 г, залізо – 2,7 мг/100 г, калію – 32 мг/100 г, тощо), вітаміни (вітамін Е – 1,6 мг/100 г, тіамін – 0,4 мг/100 г, рибофлавін – 0,22 мг/100 г, ніацин – 2,6 мг/100 г, вітамін В₆ – 0,35 мг/100 г) та високомолекулярні пентозами (15–17 % від загальної кількості сухих речовин [2]). Маючи високу гідрофільність, пентозами не тільки беруть участь у формуванні структурно-механічних властивостей житнього тесту, але й сприяють поліпшенню роботи шлунково-кишкового тракту. Вони адсорбують та виводять з організму шкідливі продукти обміну речовин [3]. У житньому борошні на 30 % більше заліза, у 1,5–2 рази більше магнію і калію ніж в пшеничному борошні [4].

Вживання житнього хліба допомагає знизити холестерин в крові, покращити обмін речовин та роботу серця, виводити шлаки, запобігати неінфекційним захворювань, у тому числі й онкологічним [5].

2. Постановка проблеми

Житнє борошно за своїми хлібопекарським властивостями істотно відрізняється від пшеничного внаслідок великої різниці їх вуглеводно-амілазного і білково-протеїназного комплексів [6–7]. На відміну від пшеничного борошна житнє завжди містить активний фермент α -амілазу, який при замішуванні тіста прискорює гідроліз крохмалю до декстринів. Білки житнього борошна не утворюють клейковини, а більша їх частина здатна необмежено набухати, пептизувати і переходити в стан в'язкого колоїдного розчину. Занадто велика пептизація білків в житньому тесті може призвести до надмірного розрідженню тіста й зниження здатності тестових заготовок утримувати форму. Обмежити ступінь набухання білків житнього борошна, збільшити в'язкість тіста, знизити активність α -амілази в початковий період випікання дозволяє швидке збільшення кислотності.

Отже, для виробництва житнього хліба високої якості потрібно досягнути підвищеної кислотності тіста, яка забезпечується поєднанням дріжджів та молочнокислих бактерій, що дозволяє помітно скоротити виробничий процес, збільшити терміни зберігання та надати заданої функціональності [8].

Нині пріоритетним напрямком у хлібопекарській галузі є виробництво житнього хліба з використанням пробіотичних молочнокислих культур *Lactobacilli spp.*, *Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Propionibacterium spp.* Вони сприяють модуляції імунної системи, підтриманню мікроекології кишечника, дезактивації канцерогенів тощо [9]. Згідно

ФАО/ВООЗ житній хліб набуває статусу функціонального лише при кількості КУО не менше $10^6 \dots 10^7$ на 1 грам продукту на кінець термін зберігання [10]. За сучасними уявленнями адекватного харчування від процесів мікробної ферментації в товстому кишечнику залежить не тільки нормальне функціонування травної системи, але й стан організму в цілому. А порушення нормальної діяльності кишкової мікрофлори призводить до серйозних фізіологічних змін організму людини й може бути причиною ряду важких захворювань [11].

Нажаль технологічні режими виробництва житнього хліба призводять до значних втрат пробіотичних молочнокислих культур, зокрема, завдяки високій тепловій обробці, механічному або осмотичному тиску індукованих клітин тощо.

У світовій практиці вирішенням цієї наукової проблеми є нанесення харчових плівок (з англ. *edible films*) на поверхню продукту, де пробіотичні молочнокислі культури змішуються з водним розчином тонких шаруватих структур біополімерів (природні гідрофільні стабілізатори, молочні білкові концентрати, олігосахариди, харчові волокна тощо) та фіксуються на його поверхні в процесі сушіння у вигляді тонкої плівки [12]. Утворення харчової плівки передбачає інкапсулювання пробіотичних молочнокислих культур, сприяючи максимальному збереженню їх життєздатності впродовж усього виробничого циклу, включаючи зберігання продукції, поширення на ринку товарів та під час споживання з найменшим впливом жовчних солей шлунку й кишечника на них [13]. Тому, для досягнення необхідної кислотності тіста з житнього борошна й кількості КУО у житньому хлібі відповідно рекомендаціям ФАО/ВООЗ запропоновано внесення пробіотичних молочних культур як при приготуванні тіста, так й у вигляді харчової плівки в кінці процесу випікання.

Метою проведених досліджень було визначення життєздатності пробіотичної культури *Lactobacillus casei* після випікання та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні наукові задачі:

- визначення часу регенерації бактерій роду *Lactobacillus casei* у тісті з житнього борошна;
- вплив бактерій роду *Lactobacillus casei* на процес бродіння тіста з житнього борошна;
- встановлення відсотку життєздатності бактерій роду *Lactobacillus casei* після випікання та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою.

3. Літературний огляд

Нещодавно харчові плівки використовували для подовження терміну зберігання, сповільнюючи шкідливі реакції ферментації, фізичні та хімічні процеси під час зберігання; піднімаючи термодинамічний або фізичний бар'єр, який уповільнює виділення парів води, кисню та утворення токсичних речовин [14]. Сьогодні широкого використання набуло їх застосування у якості ефективних носіїв (матриць) для різних груп біологічно активних сполук (вітамінів,

антиоксидантів, пробіотиків тощо) при внесенні у нетрадиційні харчові системи [15–18].

Новітні дослідження щодо застосування пробіотичних харчових плівок показали, що інкапсуляція біфідобактерій *Bifidobacterium spp.* та лактобактерій *Lactobacillus spp.* у матрицях на основі желатину забезпечує значний захист від втрати життєздатності упродовж шести днів зберігання за температури 2°C [19]. Іншим важливим аспектом забезпечення високих рівнів життєздатності є встановлення оптимальних кількісних співвідношень природних біополімерів та пробіотичних культур [20]. А вченими *Altamirano-Fortoul* та *Rosell* були розроблені технологічні рішення щодо збереження пробіотичних культур у хлібі з використанням гідроколлоїдів [21]. На поверхню свіжовипеченого житнього хліба послідовними шарами наносились харчові плівки на основі крохмалю та пробіотичних культур з подальшим короткотривалим процесом теплової обробки. У разі використання даного наукового підходу була досягнена відносно висока кількість життєздатних лактобактерій *Lactobacillus rhamnosus GG* після процесу випікання ($2.4 \dots 3.05 \times 10^7$ КУО/г), а їх втрати склали лише $1.0 \dots 1.4$ КУО/г через 24 год зберігання при кімнатній температурі.

У процесі життєдіяльності пробіотичних молочнокислих культур *Lactobacillus spp.* та *Bifidobacterium spp.* проходить обмін речовин у їх клітинах з одержанням необхідних поживних речовин: основних та вторинних метаболітів (молочної кислоти, етилового спирту, оцтової та мурашиної кислоти тощо).

Сучасне бачення біохімії молочнокислого бродіння розглядається з точки зору продукування пробіотичними культурами ізомерів молочної кислоти. Молочна кислота існує у двох енантіомерних формах (*D* (–) – молочна кислота та *L* (+) – молочна кислота) через його асиметричний вуглець C_2 . Присутність того чи іншого ізомера молочної кислоти визначає фізико-хімічні показники готового продукту завдяки можливості повороту поляризованого світла [22]. Наявність ізомер – конкретного ферменту у молочнокислих бактеріях є вирішальним фактором для продукування певного ізомеру молочної кислоти шляхом синтезу лактату з пірувату. *L* (+) – молочна кислота одержується за присутності *L*-молочної кислоти дегідрогенази (*L*-МКДГ), що міститься у бактеріях, рослинах й тваринах. *D* (–) – молочна кислота виробляється групою *D* – молочної кислоти дегідрогенази, які структурно не пов'язаних з *L*-МКДГ [23].

Молочна кислота зазвичай присутня у крові людини за рахунок діяльності мікрофлори шлунково-кишкового тракту або через розщеплення глікогену крові [24]. Підвищений вміст *D* (–) – молочної кислоти в сироватці крові (≥ 3 ммоль/л) може призводити до *D* – лактат ацидозу. Це захворювання частіше зустрічається у людей, які страждають від больових колітів короткого кишечника [25]. У пацієнтів з *D* – лактат ацидозом проявляються неврологічні дисфункції, що характеризуються атаксією, невизражною мовою, галюцинаціями, сонливістю, незграбністю, млявістю, запамороченням тощо [26].

Аналіз існуючих пробіотичних культур дозволив для наукових досліджень обрати бактерії роду *Lactobacillus casei* як ті, що продукують тільки *L (+)* – молочну кислоту [27].

Для інкапсулювання пробіотичних молочнокислих культур застосовують наступні біополімери як основу харчової плівки: олігосахариди, модифіковані крохмалі з кукурудзи, рису й картоплі тощо. Ці адсорбенти показують стабільні емульсійні властивості, але, на жаль, вони можуть проявляти небажані побічні ефекти в харчових продуктах. Тому, сучасна наукова спільнота та виробники харчової продукції звертають особливу увагу за проведенням контролю щодо вибору біополімерів як функціональних матриць харчових плівок. Аналіз біополімерів дозволив виділити *гуміарабік* у якості матриці, що є об'єктом зацікавленості науковців у напрямку інкапсулювання пробіотичних молочнокислих культур [28]. Гуміарабік являє собою натуральне розчинне харчове волокно, що видобувають шляхом очищення смоли деяких видів акацій. Цей інгредієнт не містить генетично-модифікованих компонентів, хімічних домішок і, тому, безпечний для здоров'я [29].

Гуміарабік є полісахаридом з арабіногалактоновою структурою, яка складається з мономерів *D*-галактози, зв'язаних – (1,3) – глікозидним зв'язком з численними розгалуженнями, що містять α - або β -галактози та інші цукри або уронові кислоти [30]. Така розгалужена структура характеризує його технологічні властивості, що сприяють широкому використанню в харчових технологіях: розчинність навіть за високих концентрацій, низьку в'язкість, високу стійкість в кислому середовищі, відсутність смаку і запаху, емульсійну і стабілізуючу здатність.

Позитивний вплив гуміарабіку на організм людини виявляється у регулюванні роботи шлунку з підтримкою нормальної мікрофлори кишково-шлункового тракту; зменшенні кількості глюкози і холестерину в крові; підвищенні кислотності вмісту прямої кишки. Він не розщеплюється ферментами травної системи людини й надходить до товстого кишечника, де ферментується ендogenous мікрофлорою, стимулює ріст пробіотичних молочнокислих культур *Lactobacillus spp.* та *Bifidobacterium spp.*, тобто проявляє пребіотичну дію стосовно них [31–33].

Отже, об'єктами досліджень було обрано молочнокислі бактерії роду *Lactobacillus casei* як пробіотична культура та *гуміарабік* як матриця харчової плівки.

4. Дослідження життєздатності пробіотичної культури *Lactobacillus casei* при випіканні та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою

Внесення бактерій роду *Lactobacillus casei* при виробництві житнього хліба з харчовою плівкою передбачає досягнення підвищеної кислотності тіста з житнього борошна, що забезпечує збільшення в'язкості та зниження активності α -амілази в початковий період випікання; кількості КУО відповідно рекомендаціям ФАО/ВООЗ для надання йому статусу функціонального продукту. Тому, по-перше, необхідно дослідити час регенерації бактерій роду *Lactobacillus casei* у тісті з житнього борошна як вагомий показник росту та розмноження клітин в заданому поживному середовищі; їх вплив на процес бродіння. По-друге, для визначення життєздатності пробіотичної культури *Lactobacillus casei* доцільно встановити їх кількість КУО у 1г житнього хліба з харчовою плівкою після випікання та під час зберігання.

4.1. Визначення часу регенерації бактерій роду *Lactobacillus casei* у тісті з житнього борошна

Важливим показником оцінки активності життєдіяльності бактерій роду *Lactobacillus casei* є їх час регенерації, що вказує на тривалість подвоєння біомаси порівняно з початковою кількістю внесеного *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* (1010-1012 КУО у 1 г концентрату). Для встановлення динаміки росту та розмноження бактерій роду *Lactobacillus casei* від кількості внесення *DVS* рідкого концентрату готували пробні лабораторні замиси тіста за рецептурою: житнє борошно – 60 г, водна суспензія дріжджів – 2 г, *DVS* рідкий концентрат *Lactobacillus casei* – 1...6 г, сіль – 1,5 г. Воду розраховували, виходячи з вологості тіста 40 %. У дослідних зразках (5 мл) визначали темпи зростання бактерій роду *Lactobacillus casei* з використанням UV-VIS спектрофотометр (Модель 8452, компанія *Hewlett-Packard*, зовнішній діаметр трубки 650нм) та розраховували час регенерації за формулою *Shin* [34]. Результати досліджень зведено у табл.1.

Таблиця 1

Час регенерації бактерій роду *Lactobacillus casei* у тісті з житнього борошна в залежності від кількості внесення *DVS* рідкого концентрату

Показник	Кількості <i>DVS</i> рідкого концентрату бактерій роду <i>Lactobacillus casei</i> у тісті з житнього борошна					
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %
Час регенерації бактерій роду <i>Lactobacillus casei</i> , хв	711±46	621±36	525±56	387±42	336±39	517±32

Дані табл. 1 свідчать про значне зменшення часу регенерації бактерій роду *Lactobacillus casei* зі збільшенням кількості внесення *DVS* рідкого концентрату у тісто з житнього борошна до 5 % (336±396 хв), і, навпаки, при внесенні 6 % – його збільшення до 517±32 хв. Це пов'язано з високими концен-

траціями вторинних метаболітів, що синтезуються у процесі молочнокислого бродіння (молочна кислота, етиловий спирт, оцтова та мурашина кислота тощо) та інгібують розвиток молочнокислих бактерій.

Отже, оптимальною кількістю внесення *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei*

у тісто з житнього борошна є 5 %, при якій досягається максимальна швидкість подвоєння їх біомаси, що скорочується на 46 % порівняно з тістом, у якому міститься 1 % *DVS* рідкого концентрату.

4.2. Вплив бактерій роду *Lactobacillus casei* на процес бродіння тіста з житнього борошна

Найбільш об'єктивні способи оцінки ступеню зброджування тіста базується на визначенні комплексу показників, зокрема: титрованої і активної кислотності, величини окисно-відновлюваного потенціалу. Тому в подальшому проводили дослідження зазначених фізико-хімічних показників для дослідного зразку тіста з житнього борошна з 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei*. У якості контролю готували контрольний зразок житнього хліба згідно ДСТУ-П 4583:2006.

Одним із показників, за яким визначають ступінь готовності дріжджового тіста до розробки, є його титрована кислотність. Підвищення кислотності тіста призводить до прискорення процесів набухання і пептизації білкових речовин, що в кінцевому результаті впливає на структуру тіста, формування смаку та аромату виробів. Титровану кислотність тіста визначали за загальноприйнятою методикою у хлібопекарній галузі. Результати експериментів наведено на рис. 1.

Як видно із рис. 1, у дослідному та контрольному зразках зростання титрованої кислотності відбувається з різною швидкістю. Дослідне тісто після 60 хвилин бродіння мало кислотність на 20 % вищу контрольного, а за плином 120 хвилин значення титрованої кислотності дослідного зразка відповідало кінцю бродіння контрольного (3,5 град). Таке інтенсивне наростання кислотності в тісті із житнього борошна та 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* є передумовою до скорочення тривалості бродіння тіста на 30 %. Отже, тривалість бродіння тіста з 270 хвилин скоротилась до 180 хвилин, кислотність дослідного зразка складає 3,5–3,6 град.

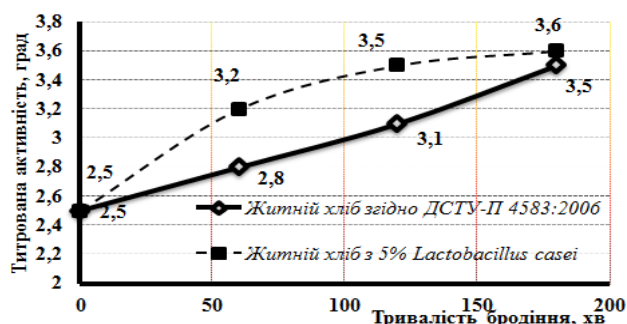


Рис. 1. Зміна титрованої кислотності у процесі бродіння тіста з житнього борошна та 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei*

Поряд з титрованою кислотністю в процесі бродіння спостерігалася ще й зміна активної кислотності (рН). Активна кислотність середовища справляє визначений вплив на активність бродильної мікрофлори тіста і на утворення основних та вторинних бродіння. Значення рН визначали потенціометрич-

ним методом за допомогою приладу рН-150 з використанням пари електродів. Результати досліджень представлені на рис. 2.

Дані дослідження показують, що вже через 60 хвилин бродіння активна кислотність у дослідному зразку складає 5,2 проти 5,6. Після 120 хвилин бродіння значення рН дослідного тіста відповідало кінцевому значенню рН бродіння контрольного – 5,1. Інтенсивне зниження активної кислотності в тісті із житнього борошна та 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* також свідчить про можливість скорочення тривалості бродіння тіста на 30–35 %.

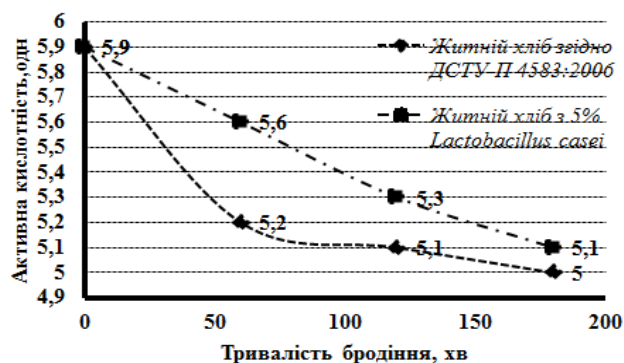


Рис. 2. Зміна активної кислотності у процесі бродіння тіста з житнього борошна та 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei*

Показник, який характеризує умови середовища, є окисно-відновний потенціал (ОВП). Величина редокс-потенціалу (гН₂) слугує в якості кількісної міри окисно-відновних умов, що відбуваються в тісті. Цей показник визначали потенціометричним методом за допомогою приладу рН-150 у вольтах з подальшим його розрахунком. Одержані результати досліджень гН₂ у контрольному і дослідному зразках показано на рис. 3.

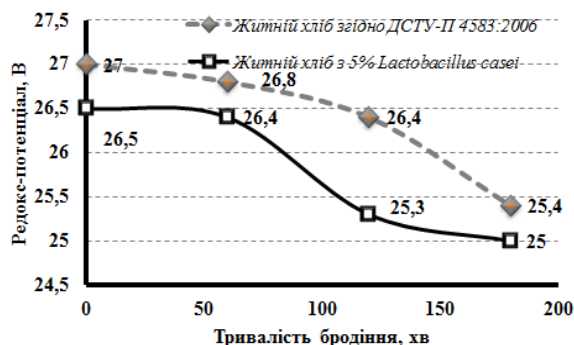


Рис. 3. Зміна редокс-потенціалу в процесі бродіння тіста з житнього борошна та 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei*

Як видно із рис. 3, найбільш інтенсивні зміни ОВП спостерігаються у дослідному зразку. В першу годину бродіння він мав значення на 2 % нижче контрольного, після двох годин – на 4,5 % менше контрольного, що вказує на швидку зміну окисно-відновних умов середовища. До кінця бродіння конт-

рольного зразку значення ОВП співпадає із значенням для дослідного зразку, який бродив 2 години (rH_2 контрольного зразка через 180 хвилин складає 24,5 В, а rH_2 дослідного зразку через 120 хвилин – 25,35 В). Це є передумовою скорочення тривалості бродиння тіста із житнього борошна та 5 % DVS рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* на 60 хвилин. При цьому його структурно-механічні властивості не погіршуються, що дозволяє одержати житній хліб високої якості.

4.3. Встановлення відсотку життєздатності бактерій роду *Lactobacillus casei* після випікання та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою

Враховуючи мету наукової роботи – досягнення кількості КУО у 1 г житнього хліба відповідно рекомендаціям ФАО/ВООЗ – важливим науковим аспектом було визначення відсотку життєздатності бактерій роду *Lactobacillus casei* після випікання та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою.

Для оцінки втрат бактерій роду *Lactobacillus casei* виробляли дві пробні лабораторні випічки із тіста з житнього борошна та 5 % DVS рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei*: перша – без харчової плівки, друга – з харчовою плівкою.

Тісто з житнього борошна та 5 % DVS рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* після 180 хвилин вистоювання випікали у попередньо розігрітій духовці за температури 180 °С упродовж 35 хвилин, після готовності виймали з шафи для випікання та охолоджували до 30 хвилин.

Нанесення харчової плівки базувалось на розроблених технологічних рішеннях за *Soukoulis* [35]. Гуміарабік у кількості 80 г розчиняли 300 мл води за температури 80 °С протягом 30 хв для забезпечення повного розчинення і знищення патогенної мікрофлори та охолоджували до температури 25 °С. Рідкі концентрати гуміарабіку та бактерій роду *Lactobacillus casei* рівномірно наносили щіткою на кірку свіжоприготовленого житнього хліба. Житній хліб з харчовою плівкою піддавали низькотемпературному сушінню за температури 60 °С упродовж 10 хв. Після завершення стадії сушіння житній хліб залишали для охолодження до кімнатної температури й зберігали в термостатній камері за температури 25 °С та відносної вологості 55 %.

У двох дослідних зразках й тісті з житнього борошна та 5 % DVS рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* підраховували КУО/1г з використанням лічильної камери Горяєва. Визначені значення КУО/1г у тісті та свіжоприготовленому житньому хлібі без харчової плівки засвідчили різке зниження бактерій роду *Lactobacillus casei* на 93,03 % після випікання ($1,792 \times 10^5$ КУО/1 г – тісто; $2,56 \times 10^6$ КУО/1 г – свіжоприготовлений житній хліб без харчової плівки). І, навпаки, у свіжоприготовленому житньому хлібі з харчовою плівкою одержано зростання цього показника на 35,9 % ($1,792 \times 10^5$ КУО/1 г – тісто; $1,89 \times 10^6$ КУО/1 г – свіжоприготовлений житній хліб з харчовою плівкою).

Враховуючи пребіотичні властивості гуміарабіку як матриці харчової плівки, проводили оцінку його впливу на життєздатність бактерій роду *Lactobacillus casei* упродовж 1...6 днів зберігання як співвідношення КУО/1 г у житньому хлібі з харчовою плівкою за певний термін зберігання до КУО/1 г у свіжоприготовленому житньому хлібі з харчовою плівкою. Результати досліджень зведено у табл. 2.

Дослідження життєздатності бактерій роду *Lactobacillus casei* у житньому хлібі з харчовою плівкою показали, що наявність гуміарабіку як біфідогенного фактору значно покращує їх життєздатність при зберіганні за кімнатної температури. Після випікання та під час зберігання перших 24 години було встановлено значне зниження КУО/1 г житнього хліба з харчовою плівкою порівняно з цим показником у свіжоприготовленому хлібі з харчовою плівкою. Різке ж їх зростання спостерігається у наступні 3 дні зберігання за температури 25 °С та відносної вологості 55 %. Через 4–6 днів зберігання 1 г хліба містив $6,55 - 8,98 \times 10^7$ КУО бактерій роду *Lactobacillus casei*, що згідно ФАО/ВООЗ відповідає рекомендованій кількості КУО пробіотичних молочнокислих культур у харчових продуктах.

Таблиця 2

Визначення життєздатності бактерій роду *Lactobacillus casei* після випікання та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою

Термін зберігання	КУО/1г та % життєздатності бактерій роду <i>Lactobacillus casei</i> у житньому хлібі з харчовою плівкою
свіжоприготовлений	$1,89 \times 10^6$
1 день	$6,52 \times 10^5$
% життєздатності	34,5±0,1
2 день	$1,65 \times 10^5$
% життєздатності	33,9±0,1
3 день	$6,87 \times 10^7$
% життєздатності	41,6±0,3
4 день	$6,55 \times 10^7$
% життєздатності	46,1±0,2
5 день	$7,57 \times 10^7$
% життєздатності	57,8±0,2
6 день	$8,98 \times 10^7$
% життєздатності	68,4±0,3

5. Апробація результатів досліджень

Результати досліджень були використані у технології житнього хліба з пробіотичними та пребіотичними властивостями. Перевагами нанесення харчової плівки на кірку свіжоприготовленого житнього хліба за представленими науковими дослідженнями є:

- розширення асортименту житнього хліба функціонального призначення;
- застосування прискорених технологій житнього хліба без використання харчових добавок;
- довготривалий термін зберігання житнього хліба без використання консервантів;

– високий рівень життєздатності пробіотичних культур, що відповідає рекомендаціям ФАО/ВООЗ;

– проведення гідролізу глютену під дією молочнокислих культур;

– покращення сенсорних та фізико-хімічних показників житнього хліба за рахунок утворення продуктів метаболізму молочнокислих культур.

6. Висновки

На підставі одержаних експериментальних даних щодо дослідження життєздатності пробіотичної культури *Lactobacillus casei* після випіканні та під час зберігання житнього хліба з харчовою плівкою можна зробити наступні висновки:

1. Оптимальною кількістю внесення *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* у тісто з житнього борошна є 5 %, при якій досягається максимальна швидкість подвоєння їх біомаси, що скорочується на 46 % порівняно з тістом, у якому міститься 1 % *DVS* рідкого концентрату.

2. При додаванні 5 % *DVS* рідкого концентрату бактерій роду *Lactobacillus casei* до тіста із житнього борошна спостерігається інтенсифікація процесу бродіння та його скорочення на 60хвилини.

3. Значення КУО/1г свіжоприготовленого житнього хліба без харчової плівки різко знижується на 93,03 % порівняно з тістом після бродіння. І, навпаки, у свіжоприготовленому житньому хлібі з харчовою плівкою одержано зростання цього показника на 35,9 %.

4. Наявність гуміарабіку як біфідогенного фактору значно покращує життєздатність *Lactobacillus casei* при зберіганні житнього хліба з харчовою плівкою за кімнатної температури.

5. Після випікання та під час зберігання перших 24 години було встановлено значне зниження КУО/1г житнього хліба з харчовою плівкою порівняно з цим показником у свіжоприготовленому хлібі з харчовою плівкою. Різде зростання КУО бактерій роду *Lactobacillus casei* спостерігається у наступні 3 дні зберігання за температури 25 °C та відносної вологості 55 %. Через 4–6 днів зберігання 1 г хліба містив $6.55\text{--}8,98 \times 10^7$ КУО бактерій роду *Lactobacillus casei*, що згідно ФАО/ВООЗ відповідає рекомендованій кількості КУО пробіотичних молочнокислих культур у харчових продуктах.

Література

1. Щеколдина, Т. В. Влияние белкового изолята из подсолнечного шрота на аминокислотный состав хлеба [Текст] / Т. В. Щеколдина, П. И. Кудинов, Л. К. Бочкова, Г. Г. Сочиянц // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 1. – С. 111–114.

2. Hallmans, G. Rye, lignans and human health [Text] / G. Hallmans, J. Zhang, E. Lundin, P. Stattin, A. Johansson, I. Johansson, K. Hultn, A. Winkvist, P. Lenner, P. Eman, H. Adlercreutz // Proceedings of the Nutrition Society. – 2003. – Vol. 62, Issue 01. – P. 193–199. doi: 10.1079/pns2002229

3. Glyn, P. Handbook of hydrocolloids (2nd edition) [Text] / P. Glyn, P. Williams. – Woodhead Publishing LTD, 2009. – 948 p.

4. Wikström, P. Rye bran diet increases epithelial cell apoptosis and decreases epithelial cell volume in TRAMP (transgenic adenocarcinoma of the mouse prostate) tumors [Text] / P. Wikström, A. Bylund, J. Zhang, G. Hallmans, P. Stattin,

A. Bergh // Nutrition and Cancer. – 2005. – Vol. 53, Issue 1. – P. 111–116. doi: 10.1207/s15327914nc5301_13

5. Juntunen, K. S. Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread [Text] / K. Juntunen, D. Laaksonen, K. Autio, L. Niskanen, J. Holst, K. Savolainen, K. Liukkonen, K. Poutanen, H. Mykkänen // American Journal of Clinical Nutrition. – 2003. – Vol. 78. – P. 957–964.

6. Хамагаева, И. С. Влияние пробиотических микроорганизмов на качество хлебобулочных изделий [Текст] / И. С. Хамагаева // Экспертиза. – 2014. – № 5. – С. 9–14.

7. Jensen, S. Chemical changes in wheat pan bread during storage and how it affects the sensory perception of aroma, flavour and taste [Text] / S. Jensen, H. Oestdal, L. H. Skibsted, E. Larsen, A. Thybo // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 53, Issue 2. – P. 259–268. doi: 10.1016/j.jcs.2010.11.007

8. Rollán, G. Update in bread fermentation by lactic acid bacteria [Text] / G. Rollán, C. Gerez, A. Dallagnol, M. Torino, G. Font // Current research, technology and education, topics in applied microbiology and microbial biotechnology. – 2010. – Vol. 2. – P. 1168–1174.

9. Saad, N. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field [Text] / N. Saad, C. Delattre, M. Urdaci, J. Schmitter, P. Bressollier // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 50, Issue 1. – P.1–16. doi: 10.1016/j.lwt.2012.05.014

10. FAO/WHO. Guidelines for the evaluation of probiotics in food [Electronic resource] // Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. – 2002. – Available at: <http://ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf>

11. Burgain, J. In vitro interactions between probiotic bacteria and milk proteins probed by atomic force microscopy [Text] / J. Burgain, C. Gaiani, G. Francius, A. Revol-Junelles, C. Cailliez-Grimal, S. Lebeer // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2013. – Vol. 104. – P. 153–162. doi: 10.1016/j.cis.2014.09.005

12. Falguera, V. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use [Text] / V. Falguera, J. Quintero, A. Jiménez, J. Muñoz, A. Ibarz // Trends in Food Science & Technology. – 2011. – Vol. 22, Issue 6. – P. 292–303. doi: 10.1016/j.tifs.2011.02.004

13. Champagne, C. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices [Text] / C. Champagne, R. Ross, M. Saarela, K. Hansen, D. Charalampopoulos // International Journal of Food Microbiology. – 2011. – Vol. 149, Issue 3. – P. 185–193. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.005

14. Bustos, P. Influence of osmotic stress and encapsulating materials on the stability of autochthonous *Lactobacillus plantarum* after spray drying [Text] / P. Bustos, R. Bórquez // Drying Technology. – 2013. – Vol. 31, Issue 1. – P. 57–66. doi: 10.1080/07373937.2012.74509

15. Kanmani, P. Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films [Text] / P. Kanmani, S. Lim // Food Chemistry. – 2013. – Vol. 141, Issue 2. – P. 1041–1049. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.103

16. Martínez-Cervera, S. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins [Text] / S. Martínez-Cervera, A. Salvador, B. Muguerza, L. Moulay, S. Fiszman // LWT – Food Science and Technology. – 2011. – Vol. 44, Issue 3. – P. 729–736. doi: 10.1111/j.1541-4337.2011.00167.x

17. Hussain, R. Combined effect of heat treatment and ionic strength on the functionality of whey proteins [Text] / R. Hussain, C. Gaiani, C. Jeandel, J. Ghanbaja, J. Scher // Journal of Dairy Science. – 2012. – Vol. 95, Issue 11. – P. 6260–6273. doi: 10.1016/j.jifset.2013.04.012

18. Burgain, J. Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications [Text] / J. Burgain, C. Gaiani, M. Linder, J. Scher // *Journal of Food Engineering*. – 2011. – Vol. 104, Issue 4. – P. 467–483. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031
19. López de Lacey, A. M. Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films [Text] / A. López de Lacey, M. López-Caballero, J. Gómez-Estaca, M. Gómez-Guillén, P. Montero // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2012. – Vol. 16. – P. 277–282. doi: 10.1016/j.fm.2010.05.012
20. Altamirano-Fortoul, R. Effect of the amount of steam during baking on bread crust features and water diffusion [Text] / R. Altamirano-Fortoul, A. Le-Bail, S. Chevallier, C. Rosell // *Journal of Food Engineering*. – 2012. – Vol. 108, Issue 1. – P. 128–134. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.07.015
21. Altamirano-Fortoul, R. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage [Text] / R. Altamirano-Fortoul, C. Rosell // *LWT – Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 44, Issue 3. – P. 631–636. doi: 10.1016/j.lwt.2010.04.018
22. Ewaschuk, J. B. D-Lactate in human and ruminant metabolism [Text] / J. B. Ewaschuk, J. M. Naylor, G. A. Zello // *Journal of Nutrition*. – 2005. – Vol. 135. – P. 1619–1625.
23. Jin, Q. Production of l-lactate in *Leuconostoc citreum* via heterologous expression of l-lactate dehydrogenase gene [Text] / Q. Jin, J. Jung, Y. Kim, H. Eom, S. Kim, T. Kim, N. Han // *Journal of Biotechnology*. – 2009. – Vol. 144. – P. 160–164.
24. Gleeson, T. T. Lactate: a substrate for reptilian muscle gluconeogenesis following exhaustive exercise [Text] / T. T. Gleeson, P. M. Dalessio // *Journal of Comparative Physiology B*. – 1990. – Vol. 160, Issue 3. – P. 331–338. doi: 10.1007/bf00302600
25. Brasca, M. Redox potential to discriminate among species of lactic acid bacteria [Text] / M. Brasca, S. Morandi, R. Lodi, A. Tamburini // *Journal of Applied Microbiology*. – 2007. – Vol. 103, Issue 5. – P. 1516–1524. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03392.x
26. Bongaerts, G. P. Role of bacteria in the pathogenesis of short bowel syndrome-associated d-lactic acidemia [Text] / G. P. Bongaerts, J. J. Tolboom, A. H. Naber, W. J. Sperl, R. S. Severijnen, J. A. Bakkeren, J. L. Willems // *Microbial Pathogenesis*. – 1997. – Vol. 22, Issue 5. – P. 285–293. doi: 10.1006/mpat.1996.0122
27. Chramostová, J. Influence of Cultivation Conditions on the Growth of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* sp., and *Streptococcus thermophilus*, and on the Production of Organic Acids in Fermented Milks [Text] / J. Chramostová, R. Mošňová, I. Lisová, E. Pešek, J. Drbohlav, I. Němečková // *Czech J. Food Sci.* – 2014. – Vol. 32, Issue 5. – P. 422–429.
28. Glyn, P. *Handbook of hydrocolloids* [Text] / P. Glyn. – Ed. 2. Woodhead Publishing LTD, 2009. – 948 p.
29. Nedovic, V. An overview of encapsulation technologies for food applications [Text] / V. Nedovic, A. Kalusevic, V. Manojlovic, S. Levic, B. Bugarski // *Procedia Food Science*. – 2011. – Vol. 1. – P. 1806–1815. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.265
30. Shakhmatov, E. G. Structural studies of arabinan-rich pectic polysaccharides from *Abies sibirica* L. Biological activity of pectins of *A. sibirica* [Text] / E. G. Shakhmatov, P. V. Toukach, E. A. Michailowa, E. N. Makarova // *Carbohydrate Polymers*. – 2014. – Vol. 113. – P. 515–524. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.07.037
31. Phillips, A. O. Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic [Text] / A. O. Phillips, G. O. Phillips // *Food Hydrocolloids*. – 2011. – Vol. 25, Issue 2. – P. 165–169. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.012
32. Abuarra, A. Fabrication and characterization of gum Arabic bonded Rhizophora spp. Particleboards [Text] / A. Abuarra, R. Hashim, S. Bauk, S. Kandaiya, E. T. Toussi // *Materials & Design*. – 2014. – Vol. 60. – P. 108–115. doi: 10.1016/j.matdes.2014.03.032
33. Calame, W. Evaluation of satiety enhancement, including compensation, by blends of gum arabic. A methodological approach [Text] / W. Calame, F. Thomassen, S. Hull, C. Viebke, A. D. Siemensma // *Appetite*. – 2011. – Vol. 57, Issue 2. – P. 358–364. doi: 10.1016/j.appet.2011.06.005
34. Shin, H. Growth and viability of commercial *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing oligosaccharides and Inulin [Text] / H. Shin, J. Lee, J. Pestka, Z. Ustunol // *Journal of Food Science*. – 2000. – Vol. 65, Issue 5. – P. 884–887. doi: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb13605.x
35. Soukoulis, C. Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread [Text] / C. Soukoulis, L. Yonekura, H. Gan, S. Behboudi-Jobbehdar, C. Parmenter, I. Fisk // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – Vol. 39. – P. 231–242. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.01.023

References

- Schekoldina, T. V. (2009). Effect of protein isolate from sunflower meal in the amino acid composition of bread. *Engineering and technology of food production*, 1, 111–114.
- Hallmans, G., Zhang, J., Lundin, E., Stattin, P., Johansson, A., Johansson, I., Hulth, K., Winkvist, A., Lenner, P., Emöan, P., Adlercreutz, H. (2003). Rye, lignans and human health. *Proc. Nutr. Soc.*, 62 (01), 193–199. doi: 10.1079/pns2002229
- Glyn, P. (2009). *Handbook of hydrocolloids*. Ed. 2. Woodhead Publishing LTD, 948.
- Wikstrom, P., Bylund, A., Zhang, J.-X., Hallmans, G., Stattin, P., Bergh, A. (2005). Rye Bran Diet Increases Epithelial Cell Apoptosis and Decreases Epithelial Cell Volume in TRAMP (transgenic adenocarcinoma of the mouse prostate) Tumors. *Nutrition and Cancer*, 53 (1), 111–116. doi: 10.1207/s15327914nc5301_13
- Juntunen, K., Laaksonen, D., Autio, K., Niskanen, L., Holst, J., Savolainen, K., Liukkonen, K., Poutanen, K., Mykkänen, H. (2003). Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 957–964.
- Hamagaeva, I. S. (2014). Effect of probiotic microorganisms on the quality of bread products. *Food safety*, 5, 9–14.
- Jensen, S., Oestdal, H., Skibsted, L. H., Larsen, E., Thybo, A. K. (2011). Chemical changes in wheat pan bread during storage and how it affects the sensory perception of aroma, flavour, and taste. *Journal of Cereal Science*, 53 (2), 259–268. doi: 10.1016/j.jcs.2010.11.007
- Rollán, G., Gerez, C., Dallagnol, A., Torino, M., Font, G. (2010). Update in bread fermentation by lactic acid bacteria. *Current research, technology and education, topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 2, 1168–1174.
- Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter, J., Bressollier, P. (2013). An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT e Food Science and Technology*, 50 (1), 1–16. doi: 10.1016/j.lwt.2012.05.014
- FAO/WHO. Guidelines for the evaluation of probiotics in food (2002). Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. Available at: <http://www.fap.org/>
- Burgain, J., Gaiani, C., Francius, G., Revol-Junelles, A., Cailliez-Grimal, C., Lebeer, S. (2013). In vitro interactions between probiotic bacteria and milk proteins probed by atomic force microscopy. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 104, 153–162. doi: 10.1016/j.cis.2014.09.005
- Falguera, V., Quintero, J., Jiménez, A., Muñoz, J., Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22 (6), 292–303. doi: 10.1016/j.tifs.2011.02.004

13. Champagne, C., Ross, R., Saarela, M., Hansen, K., Charalampopoulos, D. (2011). Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. *International Journal of Food Microbiology*, 149 (3), 185–193. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.005
14. Bustos, P., Bórquez, R. (2013). Influence of osmotic stress and encapsulating materials on the stability of autochthonous *Lactobacillus plantarum* after spray drying. *Drying Technology*, 31 (1), 57–66. doi: 10.1080/07373937.2012.74509
15. Kanmani, P., Lim, S. T. (2013). Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films. *Food Chemistry*, 141 (2), 1041–1049. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.103
16. Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., Fiszman, S. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT – Food Science and Technology*, 44 (3), 729–736. doi: 10.1111/j.1541-4337.2011.00167.x
17. Hussain, R., Gaiani, C., Jeandel, C., Ghanbaja, J., Scher, J. (2012). Combined effect of heat treatment and ionic strength on the functionality of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 95 (11), 6260–6273. doi: 10.1016/j.jds.2012.04.012
18. Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104 (4), 467–483. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031
19. López de Lacey, A., López-Caballero, M., Gómez-Estaca, J., Gómez-Guillén, M., Montero, P. (2012). Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 277–282. doi: 10.1016/j.fm.2010.05.012
20. Altamirano-Fortoul, R., Le-Bail, A., Chevallier, S., Rosell, C. (2012). Effect of the amount of steam during baking on bread crust features and water diffusion. *Journal of Food Engineering*, 108 (1), 128–134. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.07.015
21. Altamirano-Fortoul, R., Rosell, C. (2011). Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. *LWT – Food Science and Technology*, 44 (3), 631–636. doi: 10.1016/j.lwt.2010.04.018
22. Ewaschuk, J. B., Naylor, J. M., Zello, G. A. (2005). D-Lactate in human and ruminant metabolism. *Journal of Nutrition*, 135, 1619–1625.
23. Jin, Q., Jung, J., Kim, Y., Eom, H., Kim, S., Kim, T., Han, N. (2009). Production of l-lactate in *Leuconostoc citreum* via heterologous expression of l-lactate dehydrogenase gene. *Journal of Biotechnology*, 144, 160–164.
24. Gleeson, T. T., Dalessio, P. M. (1990). Lactate: a substrate for reptilian muscle gluconeogenesis following exhaustive exercise. *Journal of Comparative Physiology B*, 160 (3), 331–338. doi: 10.1007/bf00302600
25. Brasca, M., Morandi, S., Lodi, R., Tamburini, A. (2007). Redox potential to discriminate among species of lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 103 (5), 1516–1524. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03392.x
26. Bongaerts, G. P., Tolboom, J. J., Naber, A. H., Sperl, W. J., Severijnen, R. S., Bakkeren, J. A., Willems, J. L. (1997). Role of bacteria in the pathogenesis of short bowel syndrome-associated D-lactic acidemia. *Microbial Pathogenesis*, 22 (5), 285–293. doi: 10.1006/mpat.1996.0122
27. Chramostová, J., Mošnová, R., Lisová, I., Pešek, E., Drbohlav, J., Němečková, I. (2014). Influence of Cultivation Conditions on the Growth of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium sp.*, and *Streptococcus thermophilus*, and on the Production of Organic Acids in Fermented Milks. *Czech J. Food Sci.*, 32 (5), 422–429.
28. Glyn, P. (2009). *Handbook of hydrocolloids*. Ed. 2. Woodhead Publishing LTD, 948.
29. Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1, 1806–1815. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.265
30. Shakhmatov, E. G., Toukach, P. V., Michailowa, E. A., Makarova, E. N. (2014). Structural studies of arabinan-rich pectic polysaccharides from *Abies sibirica* L. Biological activity of pectins of *A. sibirica*. *Carbohydrate Polymers*, 113, 515–524. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.07.037
31. Phillips, A. O., Phillips, G. O. (2011). Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 25 (2), 165–169. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.012
32. Abuarra, A., Hashim, R., Bauk, S., Kandaiya, S., Tousi, E. T. (2014). Fabrication and characterization of gum Arabic bonded *Rhizophora* spp. Particleboards. *Materials & Design*, 60, 108–115. doi: 10.1016/j.matdes.2014.03.032
33. Calame, W., Thomassen, F., Hull, S., Viebke, C., Siemensma, A. D. (2011). Evaluation of satiety enhancement, including compensation, by blends of gum arabic. A methodological approach. *Appetite*, 57 (2), 358–364. doi: 10.1016/j.appet.2011.06.005
34. Shin, H.-S., Lee, J.-H., Pestka, J. J., Ustunol, Z. (2000). Growth and Viability of Commercial *Bifidobacterium* spp in Skim Milk Containing Oligosaccharides and Inulin. *J Food Science*, 65 (5), 884–887. doi: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb13605.x
35. Soukoulis, C., Yonekura, L., Gan, H., Behboudi-Jobbehdar, S., Parmenter, C., Fisk, I. (2014). Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. *Food Hydrocolloids*, 39, 231–242. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.01.023

Рекомендовано до публікації д-р. тех. наук, професор Василенко С. М.
Дата надходження рукопису 20.07.2015

Чепель Наталія Василівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології молока і молочних продуктів, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601
E-mail: natachepel@yandex.ru

Сильчук Тетяна Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра молекулярної та авангардної гастрономії, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601
E-mail: tsilchuk@mail.ru

Кашнікова Маргарита Олегівна, кафедра молекулярної та авангардної гастрономії, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601
E-mail: oirn_kashnikova@mail.ru