

Обґрунтування раціонального співвідношення монокультур *B. animalis* Bb-12 зі змішаними культурами лактобактерій у технологіях ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з серцево-судинними захворюваннями. НАТАЛІЯ АНДРІЇВНА ТКАЧЕНКО (доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології молока, жирів і парфумерно-косметичних засобів, Одеська національна академія харчових технологій), ЮЛІЯ ВАЛЕНТИНІВНА НАЗАРЕНКО (кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технології молока і м'яса, Сумський національний аграрний університет), СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА ОКУНЕВСЬКА (аспірант кафедри технології молока, жирів і парфумерно-косметичних засобів, Одеська національна академія харчових технологій).

Анотація. Експериментально встановлено та науково обґрунтовано раціональне співвідношення монокультур *B. animalis* з монокультурами *Lbc. plantarum* і змішаними культурами *Lac. lactis* ssp. (1 : 1 : 1) у заквашувальній композиції для виробництва ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з серцево-судинними захворюваннями. Показано, що для виробництва даної категорії кисломолочних продуктів кількість життєздатних клітин всіх використаних у складі композиції лакто- й біфідобактерій при інокуляції повинна складати $1 \cdot 10^6$ КУО/см³, а температура ферментації молочної сировини – 37°C.

Ключові слова: серцево-судинні захворювання, функціональний продукт, заквашувальна композиція, лактобактерії, біфідобактерії, ферментований згусток, кислотність, пробіотичні властивості.

Justification of optimal balance for monocultures *B. animalis* BB-12 with mixed cultures of lactobacilli in fermented functional dairy products for people with cardiovascular disease technologies. NATALIYA A. TKACHENKO (Odessa National Academy Of Food Technologies), JULIA V. NAZARENKO (Sumy Nation-

al Agrarian University), SVITLANA O. OKUNEVSKA (Odessa National Academy Of Food Technologies).

Abstract. *The optimal balance of B. animalis, Lbc. plantarum, Lac. lactis ssp. (1 : 1 : 1) in composition sourdough for the production of functional dairy products for people with cardiovascular disease, has been considered and scientifically grounded. It has been shown that in order to produce such category of functional dairy products the revivable cells amount of all used lactobacillus and bifidobacteria under the inoculation must be $1 \cdot 10^6$ KYO/cm³, with the fermentation temperature of milk – 37°C.*

Keywords: *cardiovascular disease, functional products, composition sourdough, lactobacilli, bifidobacteria, fermented clots, acidity, probiotic properties.*

Вступ. Україна займає перше місце у Європі за кількістю смертей від серцево-судинних захворювань (ССЗ), факторами ризику при яких є індекс маси тіла, систолічний кров'яний тиск, загальний рівень холестерину в крові та рівень ліпопротеїдів низької щільності [2]. Протягом останніх років частота ССЗ в нашій країні зросла приблизно в 1,8 раз [4]. Серед ССЗ за поширеністю артеріальна гіпертензія (АГ) посідає перше місце. Вона належить до «хвороб цивілізації»; поширеність її серед дорослого населення – в межах 20-25 %. АГ – провідний фактор ризику ішемічної хвороби серця, мозкового інсульту і ниркової недостатності. [5]. За висновками Всесвітньої федерації серця, у 80 % випадків передчасної смерті від інфарктів та інсультів цьому можна запобігти, якщо тримати під контролем основні фактори ризику ССЗ [2, 4, 5].

Лікування ССЗ – дуже дорогий процес, натомість мінімальні заходи щодо профілактики цих хвороб набагато дешевші та ефективніші. Захворюванням серцево-судинної системи можна запобігти завдяки правильному харчуванню, регулярній фізичній активності та утриманню від паління. Існує безпосередня залежність між здоровим харчуванням і станом серцево-судинної системи. Саме харчування є найбезпечнішим способом підтримки нормального функціонування роботи організму в цілому і серця, зокрема [3, 6, 9].

Постановка проблеми та її зв'язок з найважливішими науковими і практичними завданнями. Вчені стверджують, що функціональні молочні продукти можуть бути ефективні з метою попередження серцево-судинних, онкологічних, шлунково-кишкових захворювань, остеопорозу тощо [3, 6, 9].

Згідно опублікованого прес-релізу [12] світовий ринок продуктів функціонального харчування у 2013 році склав 43,27 мільярдів доларів США. У порівнянні з 2009 роком зростання склало 26,7 %. Найбільшу питому вагу у виробництві функціональних продуктів харчування займає Японія (40 %), далі йдуть Сполучені Штати Америки (38 %) і Австралія (14 %). Частка європейських виробників складає лише 2 %. В Україні виробництво продуктів функціонального харчування є незначним і представлене переважно молочними, зерно-борошняними, олійно-жировими виробами та безалкогольними напоями, які користуються надзвичайно високою популярністю серед споживачів. Частка молочних продуктів складає близько 65 % від всіх продуктів функціонального призначення, що розроблюються та випускаються в світі [1, 3, 6].

Функціональні молочні продукти, які містять симбіотичні комплекси пробіотичних мікроорганізмів та фізіологічно-функціональні харчові інгредієнти, повинні займати в раціоні людини, схильної до ССЗ, важливе місце, оскільки вони виконують ряд профілактичних функцій. Не дивлячись на тенденцію до збільшення частоти ССЗ, вітчизняний ринок функціональних молочних продуктів практично не містить продуктів, призначених для харчування людей з цією патологією. Тому розробка технологій ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з ССЗ є важливим та актуальним завданням та потребує наукового обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основним технологічним процесом при виробництві кисломолочних продуктів є сквашування – процес біотехнологічного оброблення підготовленої молочної суміші заквашувальними культурами мікроорганізмів [1, 3, 6]. Тому одним із найважливіших етапів розробки технології нових ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з ССЗ є підбір заквашувальних

культур мікроорганізмів, дослідження закономірностей їх спільного культивування і визначення раціонального співвідношення у складі заквашувальної композиції [1].

Основу закваски при виробництві широкої гами кисломолочних продуктів (простокваші, кефірних напоїв, сметани, сиру кисломолочного та виробів з нього) складають мезофільні молочнокислі лактококи (ММЛ) [1], тому за основу для заквашувальної композиції, що розробляється, було обрано саме ці лактобактерії [7]. Як джерело змішаних культур (ЗК) ММЛ було використано бакконцентрати фірми «*CHR. Hansen*» (Данія): *FD DVS R-703* або *FD DVS CH-N 11* або *FD DVS CH-N 19*, або *FD DVS CH-N 22*, або *FD DVS Flora danica*, – оскільки вони забезпечують отримання ферментованих молочних продуктів з невисоким рівнем кислотності, гарними органолептичними властивостями, в т.ч. надають продуктам приємного аромату за рахунок накопичення діацетилу у процесі бродіння лимонної кислоти.

Фізіологи та дієтологи рекомендують вводити до складу заквашувальних композицій для виробництва кисломолочних продуктів для людей з ССЗ монокультури (МК) *Lbc. plantarum*, оскільки в результаті своєї життєдіяльності ці культури виробляють специфічні поліпептиди, що характеризуються ангіотензин-перетворювальною активністю – сприяють нормалізації кров'яного тиску в судинах організму. Крім того, монокультури *Lbc. plantarum* забезпечують гідроліз білкових фракцій казеїну, що сприяє підвищенню ступеню його засвоєння [8]. Як джерело МК *Lactobacillus plantarum* було використано захисну культуру *LAT BY-PL* фірми «ЕКОКОМ».

Для отримання ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з ССЗ з високими пробіотичними властивостями доцільно до складу заквашувальної композиції ввести адаптовані до молока культури біфідобактерій, які проявляють в організмі людини ряд позитивних функцій: пригнічують патогенну та умовно-патогенну мікрофлору у кишечнику; інгібують утворення вторинних жовчних кислот; синтезують вітаміни групи В, К; активізують імунну систему та захисні функції організму; попереджують

розвиток ракових пухлин; здійснюють антиканцерогенний, гепатопротекторний, антирахітичний, антианемічний та антиатерогенний вплив; полегшують запор тощо [1, 3, 9-11]. Як джерело адаптованих до молока біфідобактерій було обрано МК *Bifidobacterium animalis* Bb-12 у складі бакконцентрату фірми «CHR. Hansen» FD DVS Bb-12. Культури біфідобактерій, які входять до складу рекомендованого бакконцентрату, відповідають всім загальноприйнятим критеріям, які дозволяють розглядати їх в якості пробіотиків [1]: вони стійкі до жовчі, фенолу, зберігають свою життєдіяльність у травному тракті, в тому числі при pH 2,0...3,0; стійкі до технологічних факторів – підвищених концентрацій кухонної солі, молочної кислоти тощо. Результати численних досліджень, які довели клінічну ефективність і безпеку штаму *Bifidobacterium animalis* Bb-12, послужили підставою для його широкого використання у всьому світі в якості компонента продуктів харчування або лікарських препаратів і харчових добавок [10].

За результатами попередніх досліджень [7] було встановлено раціональне співвідношення МК *Lbc. plantarum* та ЗК *Lac. lactis* ssp. у заквашувальній композиції, що розробляється – 1:1, при цьому вихідна концентрація клітин *Lbc. plantarum* та *Lac. lactis* ssp. при інокуляції повинна складати $1 \cdot 10^6$ та $1 \cdot 10^6$ КУО/см³ відповідно.

Метою даної роботи стало обґрунтування раціонального співвідношення монокультур *B. animalis* Bb-12 зі ЗК лактобактерій (*Lactobacillus plantarum* та *Lactococcus lactis* ssp.) у складі заквашувальної композиції для виробництва ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з ССЗ.

Викладення основного матеріалу. При виконанні експериментальних досліджень використовували обраний бакконцентрат біфідобактерій (FD DVS Bb-12), МК *Lactobacillus plantarum* у складі захисної культури LAT BY-PL та бакконцентрат ЗК ММЛ (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*.) FD DVS R-703.

Було складено два зразки заквашувальної композиції з використанням обраних культур біфідо- й лактобактерій: композиція 1 – співвідношення

Lbc. plantarum, *Lac. lactis* ssp., *B. animalis* 1,0:1,0:0,1 вихідна концентрація *Lbc. plantarum* у молоці $1 \cdot 10^6$ КУО/см³, *Lac. lactis* ssp. – $1 \cdot 10^6$, КУО/см³, *B. animalis* – $1 \cdot 10^5$, КУО/см³; композиція 2 – співвідношення *Lbc. plantarum*, *Lac. lactis* ssp., *B. animalis* 1,0:1,0:1,0, вихідна концентрація всіх культур лакто- й біфідобактерій у молоці – $1 \cdot 10^6$, КУО/см³.

В ході експерименту досліджували процес ферментації молока з масовою часткою жиру 1,0 %, збагаченого фруктозою як біфідогенним фактором (концентрація фруктози за результатами попередніх досліджень – 0,1 % [1]) складеними заквашувальними композиціями при температурі $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. Температура ферментації була обрана з огляду на той факт, що саме така температура є оптимальною для розвитку монокультур *B. animalis* і допустимою для розвитку мезофільних лактобактерій – МК *Lbc. plantarum* і ЗК *Lac. lactis* ssp. [1]. Для виключення впливу залишкової мікрофлори на розвиток мікроорганізмів, включених до складу заквашувальних композицій, дослідження проводили на стерилізованому молоці. У нормалізоване молоко до теплового оброблення вносили фруктозу, суміш перемішували і стерилізували при температурі $(120 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом (20 ± 1) хв., після чого охолоджували до температури ферментації – $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. В підготовлену молочну сировину вносили МК *B. animalis* і ЗК лактобактерій у вказаних співвідношеннях і здійснювали ферментацію двох експериментальних зразків (номери зразків в описанні експерименту відповідають номерам складених заквашувальних композицій) до досягнення ізоелектричного стану білків молока ($\text{pH}=4,6$).

У процесі біотехнологічного оброблення експериментальних зразків складеними заквашувальними композиціями контролювали зміну титрованої і активної кислотності, умовної в'язкості (рис. 1), кількості життєздатних клітин біфідо- і лактобактерій (рис. 2), а також розраховували питому швидкість росту заквашувальних культур (рис 3).

Як свідчать дані, наведені на рис. 1, б, гелеутворення у експериментальному зразку 2 спостерігається через 8 год., тоді як ізоелектричний стан білків молока у зразку 2 відзначається через 10 год. Це

пояснюється вищим вмістом життєздатних клітин біфідобактерій у композиції 2 в порівнянні з 1-шою композицією. Титрована кислотність обох зразків нарастає поступово протягом 10-ти годин ферментації (рис. 1, а) і у ізоелектричній точці її рівень становить: 73...74 та 70...71 °Т для зразків 1 та 2 відповідно. Нижчі значення титрованої кислотності у ферментованому зразку 2 пояснюються тим, що в ньому досягається вища концентрація життєздатних клітин *B. animalis* (рис. 2, а), які, крім молочної, продукують ще й оцтову кислоту, що є більш сильним електролітом.

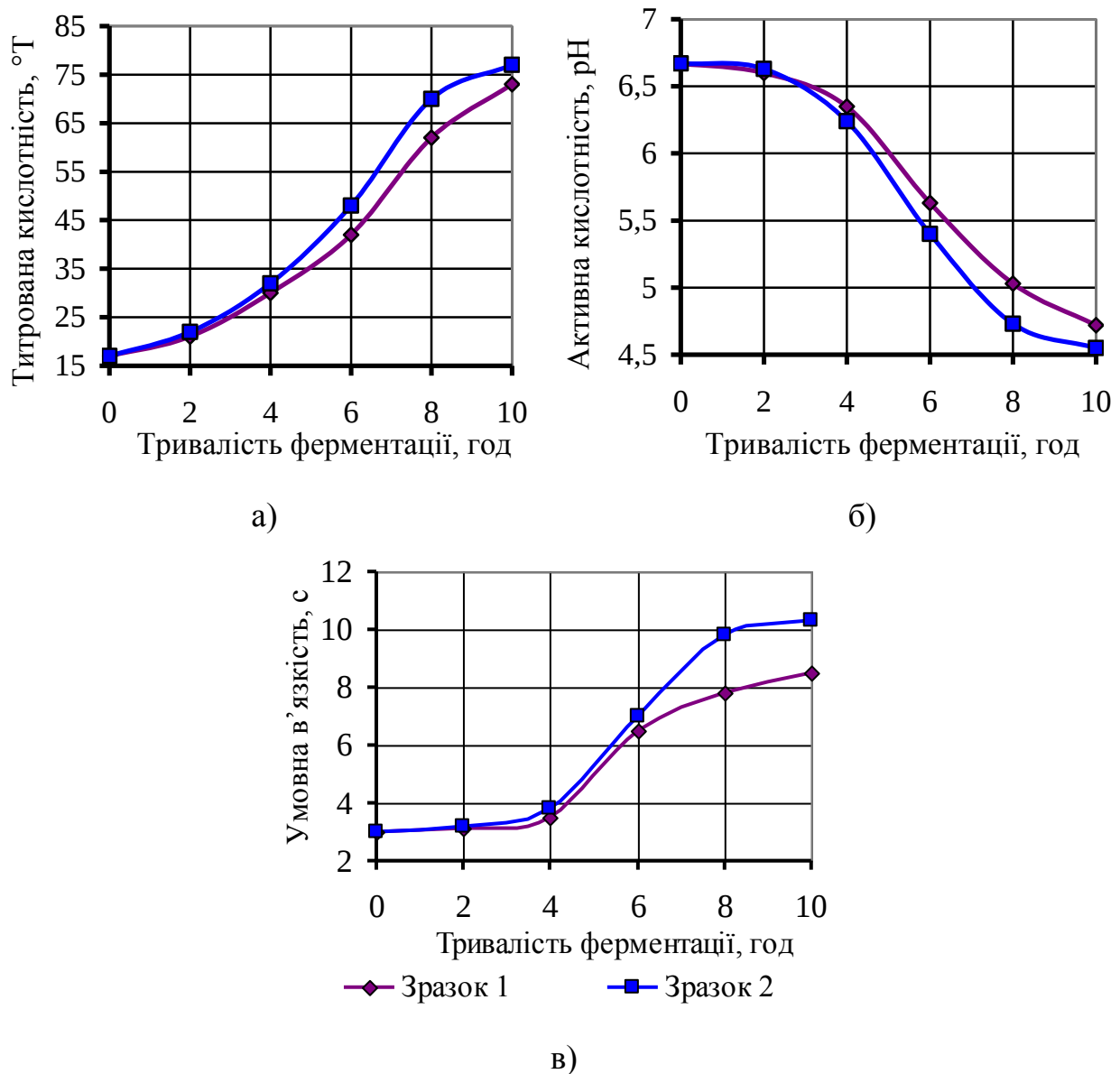


Рис. 1 – Зміна титрованої (а), активної (б) кислотності та умовної в'язкості (в) стерилізованого молока, збагаченого фруктозою, у процесі ферментації заквашувальними композиціями з використанням

МК *B. animalis* Bb-12 та ЗК *Lbc. plantarum* + *Lac. lactis* ssp.

В'язкість обох зразків помітно збільшується після 4-тої години ферментації (рис. 1, в) і досягає максимального значення в ізоелектричній точці. Величина умовної в'язкості сквашених зразків досить низька і складає: 8,3...8,5 та 9,8...10,0 сек. для зразків 1 та 2 відповідно, що пояснюється використанням у складених заквашувальних композиціях культур лакто- й біфідобактерій, які практично не накопичують екзогенні полісахариди [1, 7, 8].

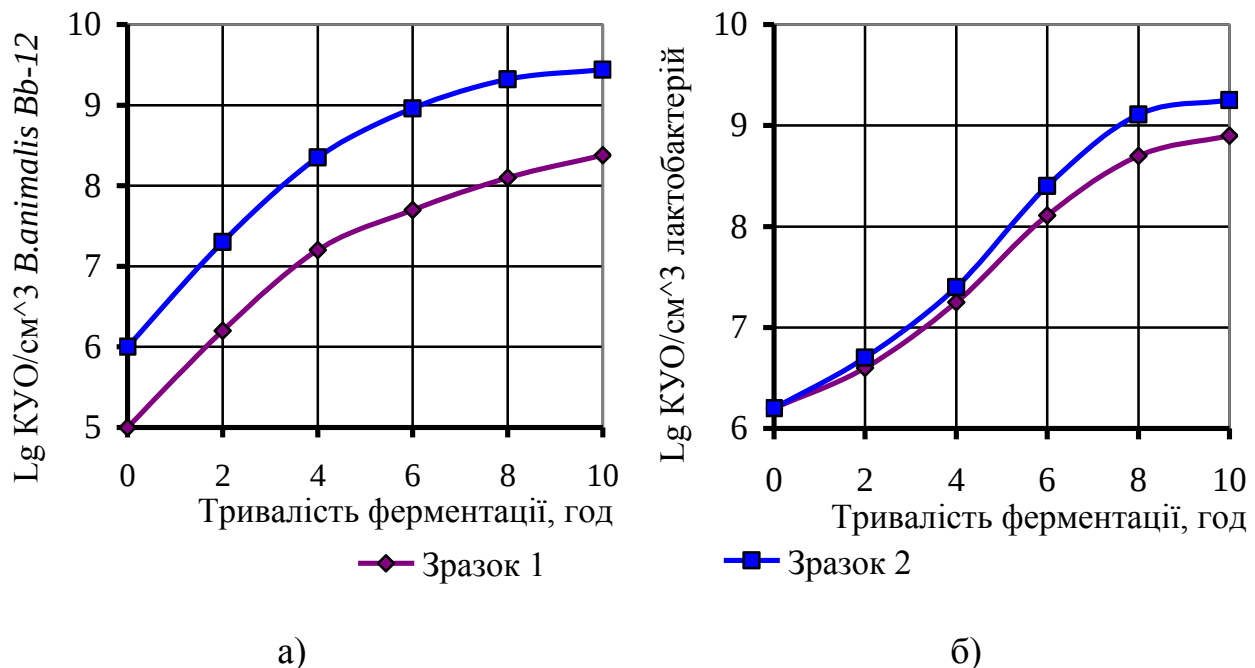


Рис. 2 – Зміна концентрації життєздатних клітин МК *B. animalis* Bb-12 (а) та ЗК лактобактерій (б) при ферментації стерилізованого молока, збагаченого фруктозою, у процесі ферментації заквашувальними композиціями з використанням МК *B. animalis* Bb-12 та ЗК *Lbc. plantarum* + *Lac. lactis* ssp.

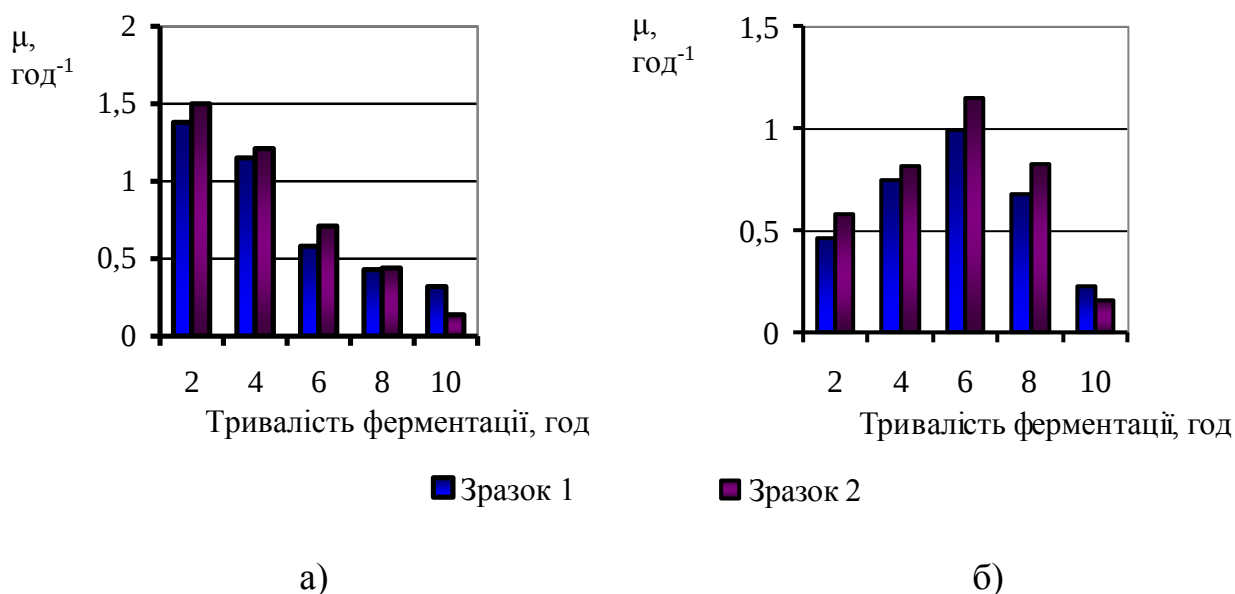


Рис. 3 – Зміна питомої швидкості росту клітин МК *B. animalis Bb-12* (а) та ЗК лактобактерій (б) при ферментації стерилізованого молока, збагаченого фруктозою, у процесі ферментації заквашувальними композиціями з використанням МК *B. animalis Bb-12* та ЗК *Lbc. plantarum* + *Lac. lactis ssp.*

Використання складених заквашувальних композицій дає можливість отримати ферментовані згустки з високими пробіотичними властивостями, оскільки концентрація життєздатних клітин *B. animalis* у зразках 1 і 2 становить $(3,5 \pm 0,3) \cdot 10^8$ КУО/см³ і $(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^9$ КУО/см³ відповідно (рис 2 а), а кількість життєздатних клітин лактобактерій у ферментованих зразках становить $(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^9$ КУО/см³ (рис. 2 б). Вищу кількість життєздатних клітин біфідо- й лактобактерій у кінці ферментації (через 8 годин) має зразок 2. Нижчий рівень біфідофлори у зразку 1 пояснюється на порядок нижчою вихідною концентрацією МК *B. animalis* при інокуляції ($1 \cdot 10^5$ КУО/см³).

Питома швидкість росту МК *B. animalis Bb-12* у процесі біотехнологічного оброблення (рис 3, а) складає 0,32...1,5 год⁻¹. Вищі значення питомої швидкості росту відзначаються в зразку 2 протягом всього часу ферментації, найвище значення питомої швидкості росту біфідобактерій відзначається з моменту заквашування до 2-ї години, і становить 1,5 год⁻¹, що обумовлено використанням адаптованих до молока біфідобактерій у заквашувальній композиції, а також збагаченням молока біфідогенним фактором – фруктозою [1]. Питома швидкість росту ЗК лактобактерій у процесі біотехнологічного

оброблення (рис 3, б) складає $0,23...1,15 \text{ год}^{-1}$. Вищі значення питомої швидкості росту ЗК лактобактерій відзначаються з 4-ї по 6-ту години в зразку 2.

Ферментовані згустки, отримані з використанням складених заквашувальних композицій, характеризуються гарними органолептичними характеристиками (однорідною сметаноподібною консистенцією з незначним відділенням сироватки та невисоким рівнем кислотності), а також високими пробіотичними властивостями, обумовленими високою концентрацією життєздатних клітин біфідо- й лактобактерій. Мікроскопічні препарати ферментованих зразків підтверджують наявність всіх груп мікроорганізмів у згустках.

Зважаючи на вищі пробіотичні властивості та нижчий рівень кислотності зразка 2, а також коротший термін біотехнологічного оброблення сировини заквашувальною композицією 2, рекомендовано у технологіях ферментованих функціональних молочних продуктів, призначених для людей з ССЗ, використовувати зазначену заквашувальну композицію.

Висновки

В результаті комплексних досліджень спільного культивування МК *B. animalis*, МК *Lbc. plantarum* та ЗК *Lac. lactis ssp.* визначено раціональне співвідношення даних культур мікроорганізмів – 1 : 1 : 1 – у складі заквашувальної композиції для виробництва кисломолочних продуктів для людей з ССЗ. Вихідна концентрація використаних у композиції культур лакто- й біфідобактерій при інокуляції повинна складати $1 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$, температура ферментації молочної сировини – $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Перспективи подальших досліджень: науково-практичне обґрунтування нових технологій ферментованих функціональних молочних продуктів для людей з ССЗ з використанням розробленої заквашувальної композиції.

Список літератури:

1. Дідух Н.А., Чагаровський О.П., Лисогор Т.А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального

призначення. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с. – ISBN 978-966-8788-79-6.

2. **Дудник С.** Серцево-судинні захворювання в Україні. – Всеукраїнська медична газета «Ваше здоров'я». – 2015. – № 1-2. – С. 18-19.
3. **Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г.** Функціональні продукти. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с. – ISBN 966-8099-83-4.
4. **Князькова И. И.** Профилактика внезапной сердечной смерти при сердечной недостаточности: фокус на блокаторы АТ1-ангиотензиновых рецепторов. – Ліки України. – 2014. – № 3-4. – С. 74-80.
5. **Рудик Б.І.** Вибрані лекції з кардіології. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2002. – 369 с.
6. **Сірохман І.В., Завгородня В.М.** Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. пос. – Центр учбової літератури, 2009. – 544 с. – ISBN 978-966-364-803-3.
7. **Ткаченко Н.А., Назаренко Ю.В., Окуневська С.О.** Заквашувальна композиція для виробництва кисломолочних продуктів для людей з серцево-судинними захворюваннями. // Матеріали Четвертої міжнародної науково-технічної конференції «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції», 24-25 березня 2015 р. – К.: НУХТ, 2015. – С. 89-90.
8. **Ткаченко Н.А., Назаренко Ю.В., Окуневська С.О.** Використання монокультур *Lactobacillus plantarum* у складі заквашувальних композицій для виробництва функціональних молочних продуктів для людей із серцево-судинними захворюваннями // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» Харків: ХДУХТ, 2015. – Ч. 1. – С. 127–128.
9. **Тихомирова Н.А.** Технология продуктов функционального питания. – М.: ООО «Франтэра», 2002. – 213 с. – ISBN 5940090044.

10. **Bevilacqua A., Cagnazzo M. T., Caldarola C. et al.** Bifidobacteria as potential functional starter cultures: a case study by MSc students in Food Science and Technology (University of Foggia, Southern Italy). – Food and Nutrition Sciences – 2012. – № 3 – P. 55-63.
11. **Biavati B., Bottazzi V., Morelli L.** Probiotics and *Bifidobacteria*. – Novara (Italy): MOFIN ALCE, 2001. – 79 p.
12. Leatherhead food research. Functional foods market increases in size. Jonathan Thomas, Lucy Beverley. URL: [http:// www.leatherheadfood.com/functional-foods-market-increases-in-size](http://www.leatherheadfood.com/functional-foods-market-increases-in-size) (дата обращения: 04.07.2015).