

**ПРИСКОРЕНЕ ВИЗРІВАННЯ СИРУ
З НИЗЬКОЮ ТЕМПЕРАТУРОЮ ДРУГОГО НАГРІВАННЯ**

Шугай М. О., к.б.н, с.н.с., с.н.с. відділу масло- та сироробства
<https://orcid.org/0000-0003-1844-5967>

Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2025-25-13>

Предмет. Сучасний ринок твердих сирів потребує технологій, які поєднують швидкість визрівання, економічність, стійкість до низькотемпературного режиму і високу сенсорну якість продукту. Аналіз наукових даних за останні роки демонструє, що використання допоміжних культур, зокрема мезофільних лактобацил з високою ферментативною і протеолітичною активністю, є перспективним підходом для прискорення визрівання сиру. **Мета.** Дослідити вплив додаткового штаму *Lactobacillus casei* на фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники визрівання твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання, а також оцінити можливості використання даного штаму для виробництва твердих сирів зі скороченим терміном визрівання. **Методи.** Використали мікробіологічні, фізико-хімічні і біохімічні методи досліджень та загальноприйняті і стандартизовані методики. **Результати.** Під час виробки дослідних і контрольних варіантів сирів показники титрованої кислотності та чисельність мікрофлори суттєво не відрізнялись. Під час визрівання у сирах з додаванням *L. casei* зафіксовано децю вищу чисельність лактобактерій порівняно з контролем; на 30 добу різниця становила $0,1 \div 0,3 \lg \text{ КУО/см}^3$. За біохімічними показниками у сирах, збагачених *L. casei* спостерігали інтенсивніше зростання частки розчинного та небілкового азоту (на $13 \div 15\%$), з максимальними значеннями наприкінці визрівання: 18,19% і 17,73% для розчинного азоту та 8,74% і 8,47% для небілкового. Сири з *L. casei* відрізнялись вищим вмістом смакових компонентів, зокрема діацетилу і вільних амінокислот, завдяки чому мали багатшу смакову гаму, більш виражений аромат, характеризувались ніжнішою консистенцією та були оцінені на 5 і 6 балів вище ніж контролю. **Сфера застосування результатів.** Результати досліджень буде використано для створення технології прискореного визрівання сиру з низькою температурою другого нагрівання.

Ключові слова: додаткова культура, прискорене визрівання, протеоліз, тверді сири, *Lactobacillus casei*

ACCELERATED CHEESE MATURATION WITH LOW SECOND HEATING TEMPERATURE

Myroslava Shugai, PhD, Biology, Senior Researcher,
Department of Butter and Cheese Production
<https://orcid.org/0000-0003-1844-5967>
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

Subject. The modern market for hard cheeses requires technologies that combine ripening speed, cost-effectiveness, resistance to low temperatures, and high sensory quality of the product. Analysis of scientific data in recent years demonstrates that the use of auxiliary cultures, in particular mesophilic lactobacilli with high enzymatic and proteolytic activity, is a promising approach to accelerate cheese ripening. **Purpose.** To investigate the effect of an additional strain of *Lactobacillus casei* on the microbiological, physicochemical, and organoleptic parameters of ripening hard cheeses with a low temperature of second heating, as well as to assess the possibilities of using this strain for the production of hard cheeses with a shortened ripening period. **Methods.** Physicochemical, microbiological and biochemical research methods and generally accepted and standardized techniques were used. **Result.** During the production of experimental and control cheeses, the titrated acidity and microflora abundance did not differ significantly. During ripening, cheeses with the addition of *L. casei* recorded a slightly higher abundance of lactobacteria compared to the control; on day 30, the difference was $0.1 \div 0.3 \lg \text{ CFU/cm}^3$. According to biochemical indicators, cheeses enriched with *L. casei* showed a more intensive increase in the proportion of soluble and non-protein nitrogen (by $13 \div 15\%$), with maximum values at the end of ripening: 18.19% and 17.73% for soluble nitrogen and 8.74% and 8.47% for non-protein. Cheeses with *L. casei* were distinguished by a higher content of flavor components, in particular diacetyl and free amino acids, due to which they had a richer flavor range, a more

pronounced aroma, were characterized by a more delicate consistency, and were rated 6 and 5 points higher than the controls. Scope of research result. The research results will be used to create a technology for accelerated cheese ripening with a low temperature of the second heating.

Key words: additional culture, accelerated ripening, proteolysis, hard cheeses, *Lactobacillus casei*

Постановка проблеми. Тверді сири належить до ферментованих продуктів, виробництво яких, очевидно, є найскладнішим у молокопереробній галузі. Пов'язано це з їх високою чутливістю до зміни показників технологічного процесу виробництва і необхідністю ретельного контролю фізико-хімічних, мікробіологічних та біохімічних параметрів на всіх етапах – від підбору сировини до визрівання.

Сучасний ринок твердих сирів потребує технологій, які поєднують швидкість визрівання, економічність, стійкість до низькотемпературного режиму і високу сенсорну якість продукту. У циклі виробництва твердих сирів найбільш тривалим є визрівання, під час якого формуються основні органолептичні та структурні характеристики готового продукту. Тривалість визрівання твердих сирів, як правило, становить від кількох тижнів до кількох місяців, а для окремих видів – понад рік. Ця особливість створює низку проблем для виробників: висока вартість зберігання, потреба у спеціальних умовах (контроль температури, вологості, мікробного середовища), заморожування капіталу в готовій продукції, обмеження гнучкості виробничого планування та повільне реагування на коливання ринку. Усі ці фактори спонукають науковців і технологів до пошуку ефективних способів скорочення терміну визрівання сирів без втрати їх якості [1].

Одним із перспективних підходів до вирішення цієї проблеми є використання додаткових культур молочнокислих бактерій, які мають високу ферментативну активність, здатність до розщеплення білків та утворення ароматичних компонентів і можуть прискорювати визрівання сиру без суттєвих порушень мікробного балансу. Серед таких культур дослідники надають перевагу мезофільним лактобацилам, представленим видами *L. casei*, *L. paracasei*, *L. rhamnosus* та *L. plantarum* [2, 3, 4, 5].

Порівняно з заквашувальною мікрофлорою лактобактерії цих видів краще пристосовані до розвитку в середовищі з обмеженою кількістю поживних речовин, яке спостерігається на пізніх стадіях дозрівання сиру. Оскільки за цих умов лактоза практично відсутня (вона спожита заквашувальною мікрофлорою ще на початку визрівання), мезофільні лактобацили як джерело азоту та енергії використовують переважно пептиди й амінокислоти. Потенційним субстратом для них також можуть слугувати нуклеїнові кислоти та цукри з глікопротеїнів і гліколіпідів лізованих клітин лактобактерій закваски. [3, 6].

Відомо також, що мезофільні лактобацили здатні зберігати життєздатність при широкому діапазоні температур та активної кислотності [7, 8], що робить їх привабливими для використання у поєднанні з традиційними заквасками.

Метою роботи було дослідити вплив додаткового штаму *L. casei* на фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники визрівання твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання, а також оцінити можливості використання даного штаму *L. casei* для виробництва твердих сирів зі скороченим терміном визрівання.

Матеріали та методи. Виробки сирів проводили з молока, пастеризованого за температури $72\pm 2^\circ\text{C}$ упродовж 15 с, за технологією твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання. При виробці сирів дотримувались параметрів: температура згортання $32\div 34^\circ\text{C}$, друге нагрівання за температури $(38\div 40)^\circ\text{C}$.

Скористались заквашувальними препаратами прямого внесення фірми «Danisco»: мезофільним «Choozit MA11 LYO» та мезофільно-термофільним «Choozit RM 32 LYO». Обидва препарати рекомендовані для виробництва твердих і напівтвердих сирів і відрізняються складом заквашувальної мікрофлори. Перший містить штами мезофільних лактококів: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* та *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, другий – крім лактококів також *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Закваску вносили відповідно до рекомендацій виробника. У якості коагулянта скористались ферментом для сиру MEITO (Японія).

Виробили чотири варіанти сирів, два з яких були контрольними (містили лише закваску – мезофільну (М) або мезофільно-термофільну (М/Т), у дослідні сири одночасно з закваскою вносили додаткову культуру (Д) – штам *L. casei*. Даний штам був вилучений з самоквасного кисломолочного продукту і досліджений за низкою важливих з точки зору сироробства властивостей [9]. Додаткову культуру вносили у формі сухого бакконцентрату [10] у кількості 0,05 г на 10 л молока.

Визрівання сирів відбувалось за температури 10 ± 11 °С та відносній вологості повітря 85–90% упродовж 30 діб. Відбір проб сирів для фізико-хімічних і мікробіологічних досліджень проводили після пресування та на 5-й, 10-й, 20-й, 30-й дні визрівання. Визначали: загальну чисельність молочнокислих бактерій чашковим методом (на агаризованому середовищі на основі гідролізованого відновленого молока), активну кислотність і вміст води у сирі згідно з ДСТУ 8550:2015 «Молоко та молочні продукти. Вимірювання рН потенціометричним методом» і ДСТУ 8552:2015 «Молоко та молочні продукти. Методи визначання води та сухої речовини», відповідно. Масову частку води сирів визначали згідно з ДСТУ 8552:2015 «Молоко та молочні продукти. Методи визначання води та сухої речовини», вміст загального розчинного і небілкового нітрогену - методом К'ельдаля згідно з ДСТУ 5038:2008 «Сири. Визначення вмісту азоту методом К'ельдаля», кількість вільних амінокислот – на амінокислотному аналізаторі LC-2000 Біотронік (Чехія). Вміст дицетилу визначали згідно з [11]. Біохімічні дослідження проводили після пресування та наприкінці визрівання сиру.

Дегустаційне оцінювання проводили через 30 діб визрівання. Органолептичні показники сирів оцінювали відповідно до вимог ДСТУ 6003:2008 «Сири тверді Загальні технічні умови» за критеріями: смак і аромат, консистенція, колір, рисунок на розрізі.

Результати та їх обговорення.

Під час виробки дослідних і контрольних варіантів сирів показники титрованої кислотності, за якими проводять контролювання на цьому етапі виробництва, суттєво не відрізнялись. Тривалість сичужного згортання молока становила 30 ± 5 хв, тривалість вимішування сирного зерна перед другим нагріванням – 25 ± 5 хв, після другого нагрівання масу вимішували протягом 35 ± 5 хв.

Збагачення мікрофлори дослідних сирів додатковою культурою *L. casei* незначним чином підвищило загальну чисельність молочнокислих бактерій дослідних сирів на початку виробництва сиру, проте у подальшому, відмінності між дослідними і контрольними сирами були істотнішими, а на кінець визрівання чисельність мікрофлори дослідних сирів була вищою на $0,1\text{--}0,3 \lg \text{ КУО/см}^3$ порівняно з контролем (рис. 1). Очевидно, зростання загальної чисельності лактобактерій дослідних сирів відбулось завдяки розвитку *L. casei*, які на відміну від заквашувальних культур є невибагливими до джерел живлення і достатньо толерантними до температурних умов визрівання сирів з низькою температурою другого нагрівання.

У твердих сирах із низькою температурою другого нагрівання (типу Голландський, Буковинський) визрівання відбувається в умовах помірної деструкції білка та жиру. Невисока температура другого нагрівання ($36\text{--}42^\circ\text{C}$) забезпечує збереження активності мезофільних лактококів, які є основним джерелом ендогенних протеаз і пептидаз, але обмежує дію термофільних ферментів, що стимулює м'який, рівномірний протеоліз. Через відносно високу вологість і помірну кислотність у сирах спостерігається більш інтенсивний первинний протеоліз на ранніх етапах визрівання – переважно за рахунок залишкової активності молокозсідального ферменту, який розщеплює $\alpha\text{s1-}$ і $\kappa\text{-казеїни}$ до великих пептидних фрагментів. Ці продукти є субстратом для вторинного протеолізу, що здійснюється протеазами, пептидазами й амінопептидазами бактерій заквашувальної та додаткової мікрофлори [12, 13].

Таким чином, через активність лактобактерій відбувається вторинний протеоліз – глибше розщеплення пептидів до амінокислот та інших компонентів, які надають сиру насиченого смаку. У результаті формується водорозчинна азотна фракція, яка зростає

пропорційно тривалості визрівання та є індикатором розвитку ферментативних перетворень. Вміст небілкового азоту відображає інтенсивність глибокого протеолізу й накопичення низькомолекулярних сполук, що зумовлюють смак, аромат і смак сиру [14].

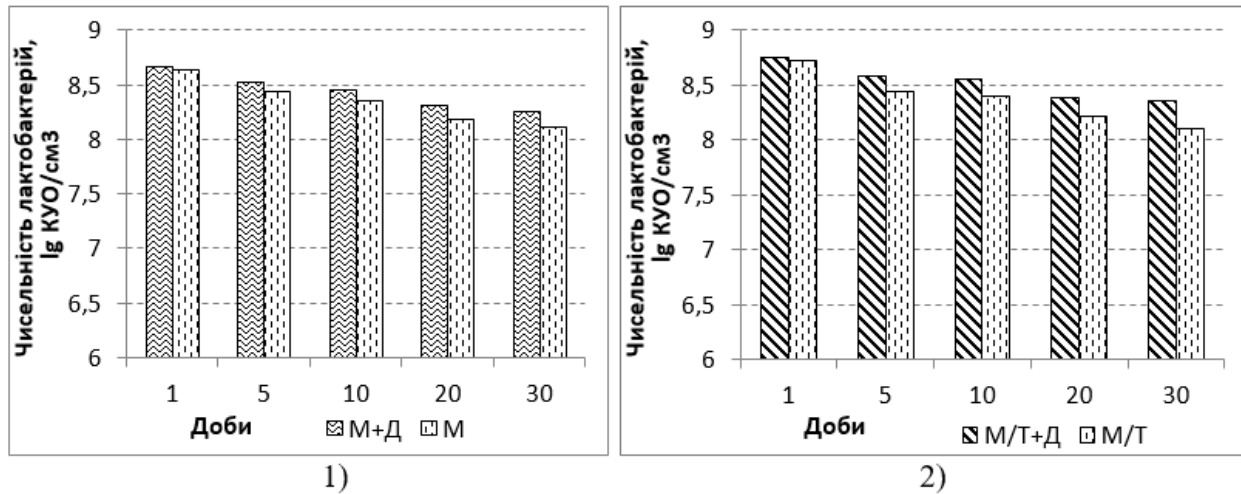


Рис. 1. Динаміка зміни чисельності лактобактерій упродовж визрівання сирів:

1) Сири, вироблені на основі «Choozit MA11 LYO» (мезофільні лактококи)

2) Сири, вироблені на основі «Choozit RM 32 LYO»

(мезофільні лактококи + термофільний стрептокок)

У сирах з низькою температурою другого нагрівання вторинний протеоліз розвивається повільніше порівняно з сирами з високою температурою другого нагрівання, але стабільно, що забезпечує збалансоване накопичення водорозчинних і небілкових азотистих фракцій без надмірного утворення гірких пептидів. Важливу роль у вторинному протеолізі відіграють ендопептидази та амінопептидази лактобактерій, які поступово гідролізують пара-к- та α 1-казеїни, сприяючи утворенню ніжної, пластичної консистенції та чистого, молочного смаку [14]. Отже, для сирів цього типу характерна помірна швидкість протеолізу з високою органолептичною стабільністю, що забезпечує м'який смак і еластичну текстуру готового продукту [13].

Під час визрівання спостерігали зростання частки розчинного та небілкового азоту у всіх варіантах сирів (табл. 1), що свідчить про активізацію ферментативного розщеплення білків. У контрольних сирах на 30-й день визрівання вміст розчинного азоту становив відповідно 15,82% і 15,21% від загального, небілкового – 7,56% і 7,35%. Додавання штаму *L. casei* сприяло інтенсивнішому протеолізу: у дослідних сирах з додатковою культурою обидва показники зросли на 13÷15%, досягаючи 18,09% і 17,73% для розчинного азоту та 8,74% і 8,47% для небілкового.

Співвідношення розчинного азоту до небілкового азоту у контрольних і дослідних сирах залишалося стабільним і перебувало у межах 2,07÷2,09, що вказує на збалансованість первинного й вторинного протеолізу. Таким чином, використання *L. casei* як допоміжної культури забезпечує прискорене дозрівання без ознак надмірного розщеплення білків, формуючи повніший аромат і більш гармонійну консистенцію сиру вже на 30-й день визрівання.

На кінець визрівання дослідні сири відрізняли від контрольних вищим вмістом діацетилю та вільних амінокислот, які є важливими смаковими компонентами твердих сирів (табл. 2). Цей факт є відображенням глибших протеолітичних перетворень білків, які відбулись завдяки наявності в дослідних сирах мезофільних паличок *L. casei* з хорошим рівнем протеолітичної активності.

Таблиця 1

**Вміст азотовмісних сполук у сирах
після пресування і на 30-й день визрівання**

Сир, склад мікрофлори	Вміст загального азоту, % від маси сиру	Вміст,% від загального азоту	
		розчинного азоту	небілкового азоту
Сир після пресування			
1. М	6,89±0,06	7,21±0,05	3,28±0,06
2. М+Д	7,06±0,05	7,51±0,04	3,84±0,09
3. М/Т	6,87±0,05	7,17±0,07	3,21±0,07
4. М/Т +Д	7,02±0,04	7,36±0,06	3,72±0,11
Сир на 30-й день визрівання			
1. М	6,25±0,05	15,82±0,07	7,56±0,04
2. М+Д	6,87±0,06	18,19±0,12	8,74±0,07
3. М/Т	6,21±0,04	15,21±0,09	7,35±0,05
4. М/Т+Д	6.82±0.06	17.73±0.06	8.47±0.08

Таблиця 2

Фізико-хімічні та біохімічні показники сирів віком 30 діб

Сир, склад мікрофлори	Активна кислотн., од. рН	Масова частка, %			Вміст, мг%	
		жиру в сухій речовині	вологи	хлориду натрію	діацетилю	вільних амінокислот
1. М	5,29±0,02	44,8±0,1	45,2±0,2	1,90±0,04	1,60±0,11	972±104
2. М+Д	5,33±0,03	44,8±0,2	45,3±0,1	1,92±0,05	2,14±0,07	1485±115
3. М/Т	5,28±0,04	45,1±0,1	44,8±0,2	1,91±0,04	1,21±0,06	913±101
4. М/Т+Д	5,32±0,03	44,9±0,1	45,1±0,2	1,86±0,03	1,62±0,08	1328±122

Слід відмітити, що вищий вміст продуктів розщеплення казеїнів, зокрема діацетилю (на 0,4÷0,5 мг%) та вільних амінокислот (на 415÷513 мг %) у дослідних сирах порівняно з контрольними, позначились на бальній оцінці за категоріями «смак та запах» і «консистенція». Сири, збагачені додатковою культурою *L. casei*, мали багатшу смакову гаму, більш виражений аромат і характеризувались ніжнішою консистенцією, внаслідок чого були оцінені на 6 і 5 балів вище ніж відповідні контролі.

Висновки. Використання бакпрепарату на основі штаму *L. casei* як додаткової культури до заквашувальної мікрофлори істотно не вплинуло на процес виробки сиру, але сприяло прискоренню його визрівання.

Скоротити тривалість визрівання дослідних сирів вдалось завдяки фізіолого-біохімічним властивостям використаної додаткової культури *L. casei*: невибагливістю до джерел живлення, толерантністю до температурних умов виробки і визрівання сиру, що забезпечили вищу чисельність мікрофлори дослідних сирів. Висока протеолітична активність *L. casei* та здатність продукувати ароматичні сполуки дозволяють використовувати даний штам як додаткову культуру до заквашувальних препаратів різного штамового складу для виробництва твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання зі скороченим терміном визрівання.

Бібліографія

1. Zhao S., Tadesse B. T., Gu L., Solem C. Cheese production revisited – Novel and overlooked strategies for improving efficiency and sustainability of cheese manufacturing. Trends in Food Science & Technology 2025. № 164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105213>.
2. Duan C., Li S., Zhao Z., Wang C., Zhao Y., Yang G. E., Niu C., Gao L., Liu X., Zhao L. Proteolytic Activity of *Lactobacillus plantarum* Strains in Cheddar Cheese as Adjunct Cultures J Food Prot. 2019. № 82 (12), 2108-2118. 10.4315/0362-028X.JFP-19-276.

3. Stefanovic, E., Kilcawley, K. N., Roces, C., Rea, M. C., O'Sullivan, M., Sheehan, J. J., McAuliffe, O. Evaluation of the Potential of *Lactobacillus paracasei* Adjuncts for Flavor Compounds Development and Diversification in Short-Aged Cheddar Cheese. *Front. Microbiol.* 2018. № 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01506>.
4. Vrdoljak M., Kalit M., Špehar I. D., Radeljević B., Jelić M., Mandinić S., Frece J. and Kalit S. Effects of the Autochthonous Probiotic Bacteria *Lactobacillus plantarum* B and *Lactococcus lactis* Subsp. *lactis* S1 on the Proteolysis of Croatian Cheese Ripened in a Lambskin Sack (Sir iz Mišine) Fermentation 2022. №8 (8). <https://doi.org/10.3390/fermentation8080382>.
5. Milesi M. M., McSweeney P. L., Hynes E. R. Viability and contribution to proteolysis of an adjunct culture of *Lactobacillus plantarum* in two model cheese systems: cheddar cheese-type and soft-cheese type. *J. Appl. Microbiol.* 2008. №105 (3), 884–892. 10.1111/j.1365-2672.2008.03813.x.
6. Settanni L., Moschetti, G. Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiol.* 2010. №27, 691–697.
7. Bisson G., Marino M., Poletti D., Innocente N., Maifreni M. Turbidimetric definition of growth limits in probiotic *Lactobacillus* strains from the perspective of an adaptation strategy *Journal of Dairy Science* 2021. №104 (12), 12236–12248.
8. Azarnia S., Robert N., Lee B. Biotechnological methods to accelerate cheddar cheese ripening. *Crit Rev Biotechnol.* 2006. №26(3):121-43. 10.1080/07388550600840525.
9. Шугай М. О., Чорна Н. А. Біологічні й технологічні властивості нових штамів лактобактерій. *Продовольчі ресурси.* 2017. № 8, 98–104.
10. Шугай, М., Чорна, Н. (2021). Сублімаційне сушіння бактеріальних препаратів на основі *Lactobacillus casei*. *Продовольчі ресурси.* № 9 (17), 174–181. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-18>.
11. Macciola V., Candella G., Leonardis A. Rapid gas-chromatographic method for the determination of diacetyl in milk, fermented milk and butter. *Food control.* 2008. №19 (9), 873–878.
12. Nehme R. & Barbosa J.A. Impact of proteolysis on the flavor and texture of cheese. *Dairy Science & Technology.* 2019. 99(3), 257–274.
13. Fox P. F. Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International.* 1996. № 12(4), 457–509.
14. Yvon M. Key enzymes for flavour formation by lactic acid bacteria. *Aust. J. Dairy Technol.* 2006. № 61, 88–96. 10.1016/j.femsre.2005.04.002.
15. Мыпраза М. А., Ur-Rehman S., Anjum F. M., Huma N., Hafiz I. Cheddar cheese ripening and flavor characterization: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2014. №54 (10), 1309–1321. 10.1080/10408398.2011.634531.

References

1. Zhao, S., Tadesse, B. T., Gu, L., Solem C. (2025). Cheese production revisited – Novel and overlooked strategies for improving efficiency and sustainability of cheese manufacturing. *Trends in Food Science & Technology* № 164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105213>.
2. Duan, C., Li, S., Zhao, Z., Wang, C., Zhao, Y., Yang, G. E., Niu, C., Gao, L., Liu, X., Zhao, L. (2019). Proteolytic Activity of *Lactobacillus plantarum* Strains in Cheddar Cheese as Adjunct Cultures *J Food Prot.* №82(12), 2108–2118. 10.4315/0362-028X.JFP-19-276.
3. Stefanovic, E., Kilcawley, K. N., Roces, C., Rea, M. C., O'Sullivan, M., Sheehan, J. J., McAuliffe, O. (2018). Evaluation of the Potential of *Lactobacillus paracasei* Adjuncts for Flavor Compounds Development and Diversification in Short-Aged Cheddar Cheese. *Front. Microbiol.* № 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01506>.
4. Vrdoljak, M., Kalit, M., Špehar, I. D., Radeljević, B., Jelić, M., Mandinić, S., Frece, J. and Kalit, S. (2022). Effects of the Autochthonous Probiotic Bacteria *Lactobacillus plantarum* B and *Lactococcus lactis* Subsp. *lactis* S1 on the Proteolysis of Croatian Cheese Ripened in a Lambskin Sack (Sir iz Mišine) Fermentation № 8 (8). <https://doi.org/10.3390/fermentation8080382>.
5. Milesi, M. M., McSweeney, P. L., Hynes, E. R. (2008). Viability and contribution to proteolysis of an adjunct culture of *Lactobacillus plantarum* in two model cheese systems: cheddar cheese-type and soft-cheese type. *J. Appl. Microbiol.* №105(3), 884–892. 10.1111/j.1365-2672.2008.03813.x.
6. Settanni, L., Moschetti, G. (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiol.* №27, 691–697.

7. Bisson, G., Marino, M., Poletti, D., Innocente, N., Maifreni, M. (2021). Turbidimetric definition of growth limits in probiotic *Lactobacillus* strains from the perspective of an adaptation strategy Journal of Dairy Science №104 (12), 12236–12248.
8. Azarnia, S., Robert, N., Lee, B. (2006). Biotechnological methods to accelerate cheddar cheese ripening. Crit Rev Biotechnol. №26(3):121-43. 10.1080/07388550600840525.
9. Shuhai, M.O., Chorna, N.A. (2017). Biologichni y tekhnologichni vlastyvoli novykh shtamiv laktobakterii. Prodovolchi resursy. №8, 98–104. [in Ukrainian].
10. Shuhai, M., Chorna, N. (2021). Sublimatsiine sushinnia bakterialnykh preparativ na osnovi *Lactobacillus casei*. Prodovolchi resursy. № 9 (17), 174–181. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-18>. [in Ukrainian].
11. Macciola, V., Candella, G., Leonardis, A. (2008). Rapid gas-chromatographic method for the determination of diacetyl in milk, fermented milk and butter. Food control. №19 (9), 873–878.
12. Nehme, R., Barbosa, J. A. (2019). Impact of proteolysis on the flavor and texture of cheese. Dairy Science & Technology. №99 (3), 257–274.
13. Fox, P. F. (1996). Proteolysis in cheese during ripening. Food Reviews International. № 12 (4), 457–509.
14. Yvon, M. (2006). Key enzymes for flavour formation by lactic acid bacteria. Aust. J. Dairy Technol. №61, 88–96. 10.1016/j.femsre.2005.04.002.
15. Murtaza, M. A., Ur-Rehman, S., Anjum, F. M., Huma, N., Hafiz, I. (2014). Cheddar cheese ripening and flavor characterization: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. № 54 (10), 1309–1321. 10.1080/10408398.2011.634531.