

УДК 637.33

БІОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИРНОЇ МАСИ ТВЕРДИХ СИРІВ

Орлюк Ю. Т.¹ к.т.н., с.н.с., зав. відділом,
<https://orcid.org/0000-0003-1273-3554>

¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-17>

*В асортименті молочних продуктів особливе місце посідають тверді сири, при виробництві яких відбувається концентрування найцінніших у харчовому відношенні складових молока, формування специфічних смакових та ароматичних особливостей готового продукту, а також утворення широкого спектру біологічно активних речовин, що сприяють успішному його засвоєнню організмом людини. Аналіз стану вітчизняного ринку твердих сирів показав тенденцію до підвищення рівня споживання даного продукту, його обмежений сучасний асортимент та незадовільну якість. Що спонукає сироробну галузь до розширення гами продукції та використання новітніх технологій як у виробництві сирів, так і заквашувальних культур для їхнього виготовлення. Погіршення показників якості сирів бактеріального та технологічного походження можливо уникнути завдяки використанню бактеріальних препаратів, що містять спеціально підібрані штами молочнокислих мікроорганізмів з високою протеолітичною та ліполітичною активністю, фাগостійкістю та антагоністичною дією до технічно шкідливої мікрофлори. Різноманітність асортименту сирів зумовлена дією багатьох факторів фізичної, хімічної, мікробіологічної та біохімічної природи. Важливе значення, при цьому, відіграє вид молока, його фізико-хімічний склад та показники якості, режими його теплової обробки при виробництві сиру, технологічні параметри процесу одержання сирної маси, режими і тривалість визрівання сирів та ін. Процес визрівання твердих сирів за участі штамів молочнокислих мікроорганізмів з високою протеолітичною дією характеризується інтенсивністю процесів протеолізу та ліполізу, що в значній мірі формує органолептичні та фізико-хімічні показники готового продукту. В роботі наведено результати досліджень протеолітичної, активності відібраних перспективних штамів молочнокислих бактерій, видів *Lc. lactis*, *Lbc. casei*, *Str. Thermophilus* при визріванні сирів. Визначено динаміку накопичення фракцій азотовмісних сполук упродовж визрівання сирів.*

Ключові слова: сир, сирна маса, протеоліз, азотовмісні сполуки сиру

BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF CHEESE MASS
IN HARD CHEESE PRODUCTION

Yurii Orlyuk¹, PhD, Sen. Res., Head of Department,
<https://orcid.org/0000-0003-1273-3554>

¹Institute of Food Resources NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-17>

In the range of dairy products a special place is occupied by hard cheeses, in the production of which there is a concentration of the most valuable components of milk, the formation of specific taste and aromatic properties of the finished product and the formation of a wide range of biologically active substances. Analysis of the state of the domestic market of hard cheeses showed a tendency to increase the level of consumption of this product, its limited modern range and unsatisfactory quality. Which encourages the cheese industry to expand the

range of products and use the latest technologies in the production of cheeses and fermentation crops for their production. Deterioration of the quality of cheeses of bacterial and technological origin can be avoided through the use of bacterial preparations containing specially selected strains of lactic acid microorganisms with high proteolytic and lipolytic activity, phage resistance and antagonistic action against technically harmful microflora. The variety of cheeses is due to the action of many factors of physical, chemical, microbiological and biochemical nature. Important, however, is the type of milk, its physical and chemical composition and quality indicators, modes of its heat treatment in cheese production, technological parameters of the process of obtaining cheese mass, modes and duration of maturation of cheeses, etc. The process of maturation of hard cheeses with the participation of strains of lactic acid microorganisms with high proteolytic action is characterized by the intensity of proteolysis and lipolysis, which largely forms the organoleptic and physicochemical parameters of the finished product. The paper presents the results of studies of proteolytic activity of selected promising strains of lactic acid bacteria, *Lc. species. lactis*, *Lbc. casei*, *p. Thermophilus* when ripening cheeses. The dynamics of accumulation of fractions of nitrogen - containing compounds during cheese ripening is determined.

Key words: cheese, cheese mass, proteolysis, nitrogen-containing cheese compounds

Особливе місце в сучасному асортименті продукції сироробної галузі займають тверді сири. Вони характеризуються специфічними органолептичними показниками, що вирізняють їх серед сирів інших видів. Сири, які виробляють із застосуванням заквашувальної мікрофлори, мають добре виражений сирний смак та запах, злегка гострий та пікантний, з ніжною консистенцією [1].

Основним недоліком вітчизняних твердих сирів залишається нестабільність органолептичних показників, що обумовлено низькою якістю молока-сировини та недостатнім рівнем підготовки спеціалістів підприємств з виробництва сирів. Використання іноземних технологій сироваріння без внесення змін з урахуванням вітчизняних особливостей виробництва не може гарантувати високої якості готової продукції. Тому існує потреба в дослідженні існуючих вітчизняних технологій виробництва твердих сирів, з метою їх удосконалення.

Незважаючи на численні дослідження процесів, що супроводжують технології твердих сирів і які відомі давно [2], широке впровадження їх результатів у вітчизняне виробництво вимагає більш глибокого вивчення фізико-хімічних та біохімічних перетворень у сирній масі, що відбуваються упродовж виробничого процесу. Отримані результати таких досліджень сприятимуть розвитку нових сучасних технологій сироробства. Очевидно, що удосконалення технологій твердих сирів, визначення та обґрунтування параметрів технологічних операцій їх виробництва, визначення раціональних режимів ферментативних процесів, що протікають під час визрівання сирної маси є актуальними для вітчизняного сироробства.

Метою роботи є дослідження впливу попередньо відібраних штамів лактобактерій видів – *Lc. lactis*, *Lbc. casei*, *Str. thermophilus* на динаміку молочнокислого процесу та накопичення продуктів протеолізу упродовж визрівання дослідних зразків твердого сиру.

Матеріали та методи.

Об'єктом дослідження були дослідні зразки твердих сирів отримані в лабораторії масло – та сироробстві ППР НААН. В процесі досліджень використовували традиційні технологічні, сучасні біохімічні, мікробіологічні та органолептичні методи досліджень.

Відбір проб для мікробіологічних аналізів проводили згідно з ГОСТ 26668-85; кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій групи кишкових паличок (коліформи), пліснев та дріжджів визначали згідно з ГОСТ 9225-84, ГОСТ 10444.12-88. Загальну кількість молочнокислих бактерій визначали методом граничних десятикратних розведень і висіву у м'ясопептонний агар. Протеоліз в сирі під час визрівання оцінювався за вмістом азотистих речовин (загального азоту, загального

розчинного азоту, азоту розчинних небілкових сполук методом К'єльдаля [3]. Кількісний та якісний склад амінокислот в сирах визначали за допомогою амінокислотного аналізатора «Biotronik LC 2000» [4]. Вміст казеїнів та продуктів їхнього розщеплення визначали методом електрофорезу у поліакриламідному гелі [5].

Графоаналітичну та аналітичну обробку одержаних результатів експериментів здійснювали згідно з методами [6] при довірчій вірогідності $\alpha = 0,95$.

Результати та обговорення. На основі аналізу даних щодо параметрів технологічних операцій виробництва твердих сирів [1,2] було визначено параметри орієнтовного технологічного процесу виробництва дослідних зразків сиру. Виробітки проводилися в лабораторних умовах у трикратній повторності з використанням попередньо відібраних перспективних штамів молочнокислих бактерій, видів *Lc. lactis*, *Lbc. casei*, *Str. Thermophilus*. Температура пастеризації молока становила $(65 \pm 5) ^\circ\text{C}$ з витримкою (від 15 до 20) хв., що є допустимим для дослідного виробництва сиру, враховуючи мінімальний температурний впливом на його білки та здатність забезпечити необхідні санітарно-гігієнічних показники молока-сировини [1, 2, 7]. При виробництві дослідних зразків сиру використовували три композиції бактеріальної закваски, які містили у своєму складі, крім основи (контрольна композиція) з мезофільних молочнокислих бактерій (*L. Casei*, *L. acidophilus*, *L. helveticus* та *L. delbrueckii subsp. lactis*), відібрані перспективні штами молочнокислих бактерій видів:

- композиція № 1 – штами *Lc. lactis*;
- композиція № 2 – штами *Lbc. casei*;
- композиція № 3 – штами *Str. Thermophilus*.

Композиції закваски вносили безпересадочним способом в пастеризоване молоко у кількості (0,5-1,5) % від його маси за температури (від 32 до 34) $^\circ\text{C}$. Хлористий кальцій - з розрахунку (20 ± 5) г зневодненої солі на 100 кг молока вносили у виді розчину одночасно з розчином молокозсідального ферменту.

У процесі виробництва і визрівання дослідних зразків сиру було досліджено зміну показника активної кислотності сирної маси упродовж визрівання. Активна кислотність сирної маси є одним з найдієвіших чинників у процесі визрівання сирів, що створює сприятливі умови для протеолітичних процесів та активізує формування специфічних органолептичних показників готового продукту [1, 7].

Результати графоаналітичного опрацювання експериментальних даних щодо зміни показника активної кислотності сирної маси дослідних зразків сиру наведено на рис. 1.

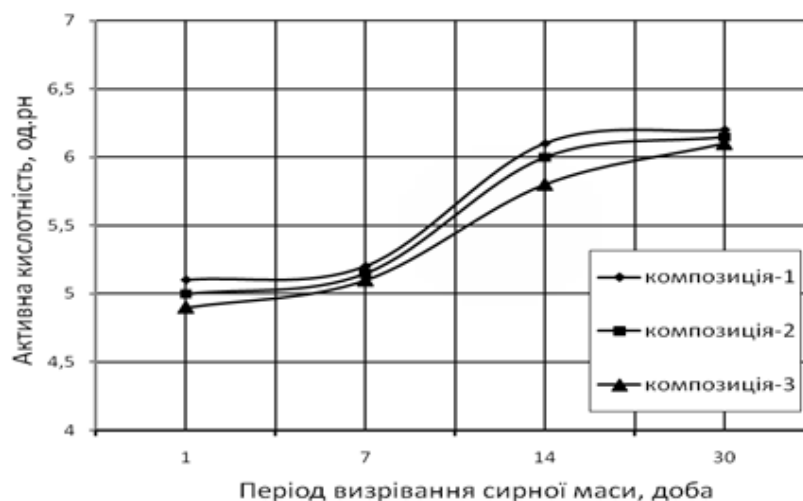


Рис. 1. Зміна активної кислотності сирної маси упродовж визрівання

Графоаналітичне опрацювання результатів дослідження (рис.1) дозволили визначити динаміку молочнокислого процесу упродовж визрівання дослідних зразків сиру вироблених за участі відібраних композицій бактеріальних заквасок, які містили у своєму складі, крім основи з мезофільних молочнокислих бактерій додатково відібрані перспективні штами *Lc. Lactis*, *Lbc. casei*, *Str. Thermophilus*. Більш швидке підвищення показника активної кислотності (рН) сирної маси спостерігається у дослідних зразках, особливо на початку визрівання, що очевидно, пояснюється розвитком заквашувальної мікрофлори за рахунок енергії окиснення лактатів. Після 14 доби наростання показника рН уповільнюється, спостерігається припинення розвитку заквашувальної мікрофлори.

Одним із основних процесів, що лежать в основі формування специфічних органолептичних показників твердих сирів є протеоліз [8]. Азотомісні сполуки, що утворюються в результаті цього процесу містять значну кількість високомолекулярних пептидів – до яких входить також і небілковий азот. Вміст розчинного азоту у твердих сирах становить близько 50 % [1, 2, 7].

Результати графоаналітичного опрацювання експериментальних даних з дослідження динаміки накопичення азотомісних сполук у композиціях дослідних зразків сиру наведені на рис. 2–4.

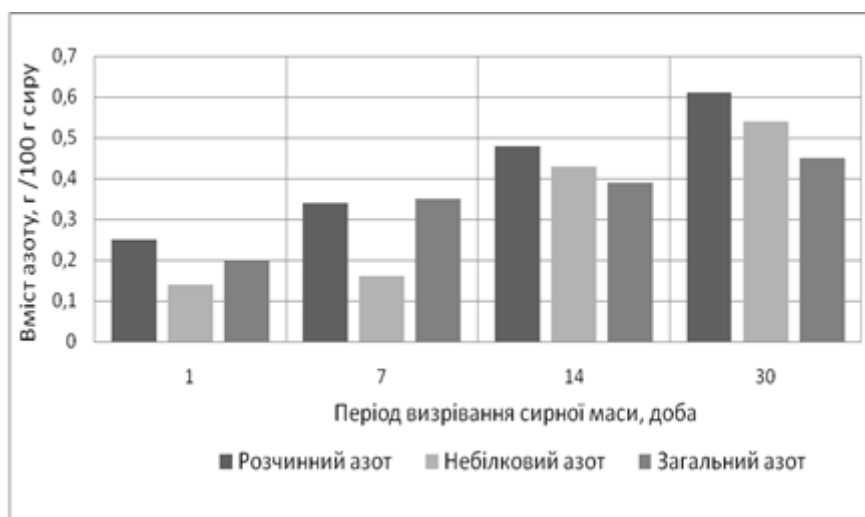


Рис. 2. Накопичення фракцій азотомісних сполук у дослідних зразках сиру композиції № 1

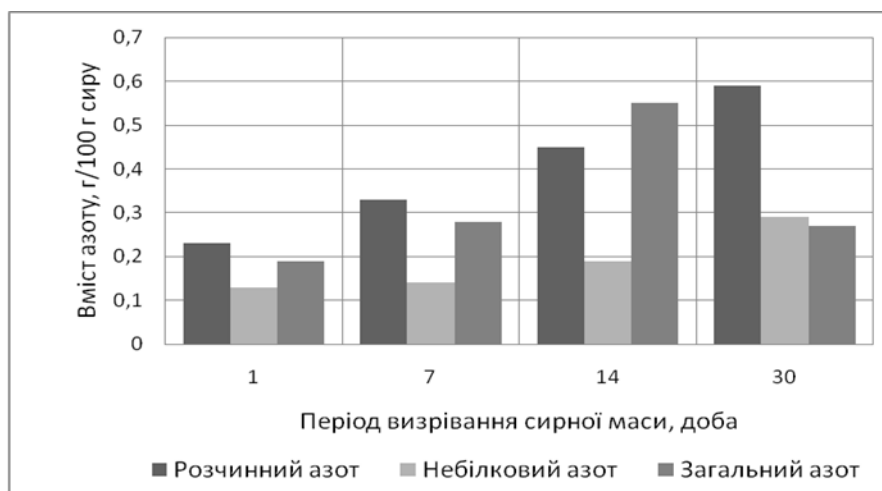


Рис. 3. Накопичення фракцій азотомісних сполук у дослідних зразках сиру композиції № 2

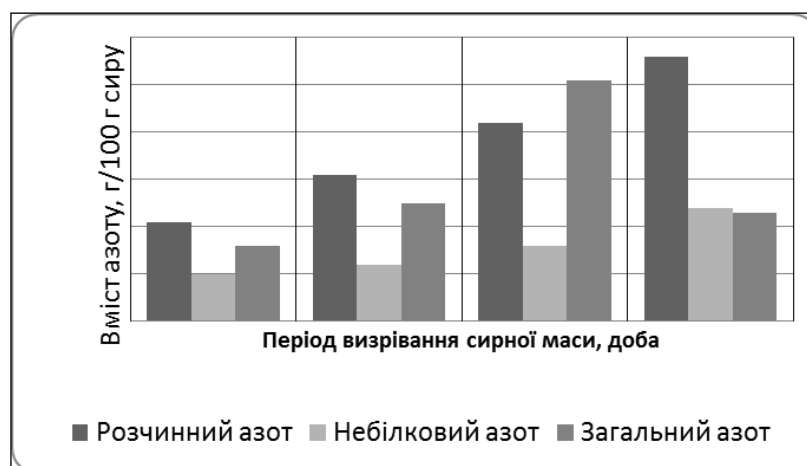


Рис. 4 Накопичення фракцій азотовмісних сполук у дослідних зразках сиру композиції № 3

В процесі досліджень при визріванні до 30 доби в дослідних зразках сиру всіх композицій спостерігається поступове накопичення загального азоту (рис. 2 – 4), але з різною інтенсивністю. Найвищі показники мали дослідні зразки композиції № 1. При подальшому визріванні і до його кінця вміст загального азоту в сирній масі дослідних зразків зменшується, що, очевидно, пояснюється переходом його у розчинну та небілкову форми. На кінець визрівання дослідних зразків композиції № 1 вміст в них розчинного азоту становив більше 23 %, небілкового азоту більше 12 % від загального.

Важливим критерієм оцінки протеолітичної активності заквашувальної мікрофлори є вміст в сирній масі не тільки розчинних азотистих фракцій, але і вільних амінокислот, що характеризують глибину протеолізу. Експериментальні дослідження щодо визначення активного періоду процесу протеолізу в сирній масі досліджуваних композицій проводились на основі визначення накопичення сумарного вмісту незамінних амінокислот протягом періоду визрівання. Результати графоаналітичного опрацювання експериментальних даних наведені на рис. 5.

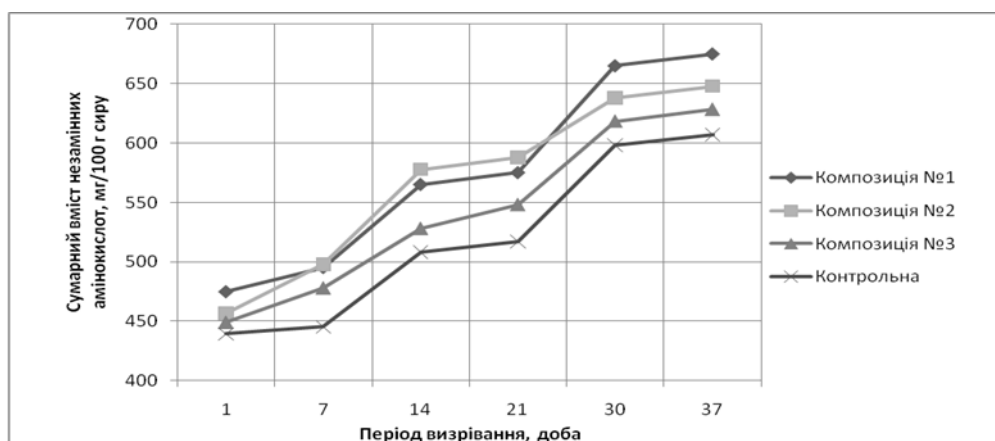


Рис. 5. Динаміка накопичення сумарного вмісту незамінних амінокислот у досліджуваних зразках сиру

На основі аналізу даних графоаналітичного опрацювання щодо визначення активного періоду процесу протеолізу (періоду визрівання сирної маси) допустимо зробити висновок, що раціональний період визрівання сирної маси досліджуваних композицій має тривати протягом 30 діб. Враховуючи раціональний термін визрівання сирної маси композицій №1-№3 дослідних зразків сиру накопичення продуктів протеолізу в них визначали за вмістом вільних амінокислот на початку визрівання та на

30 добу їх визрівання. Графоаналітичне опрацювання експериментальних даних щодо визначення накопичення продуктів протеолізу сирної маси композицій №1–№3 дослідних зразків сиру наведені на рис. 6–8.

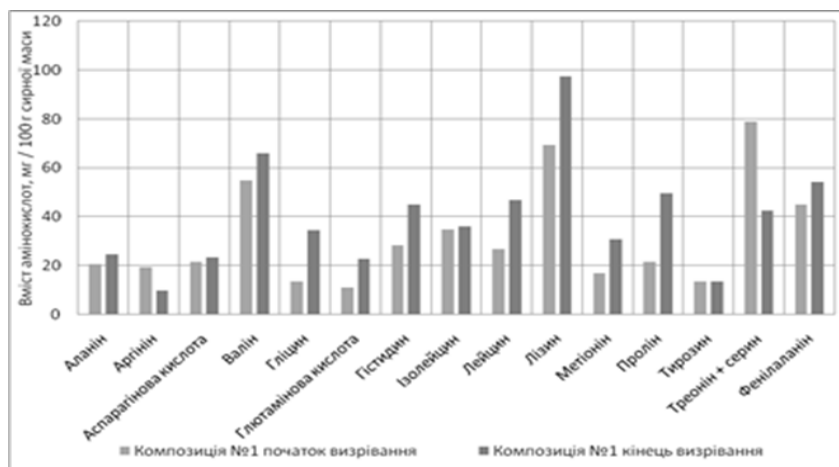


Рис. 6. Накопичення продуктів протеолізу у дослідних зразках сиру композиції № 1

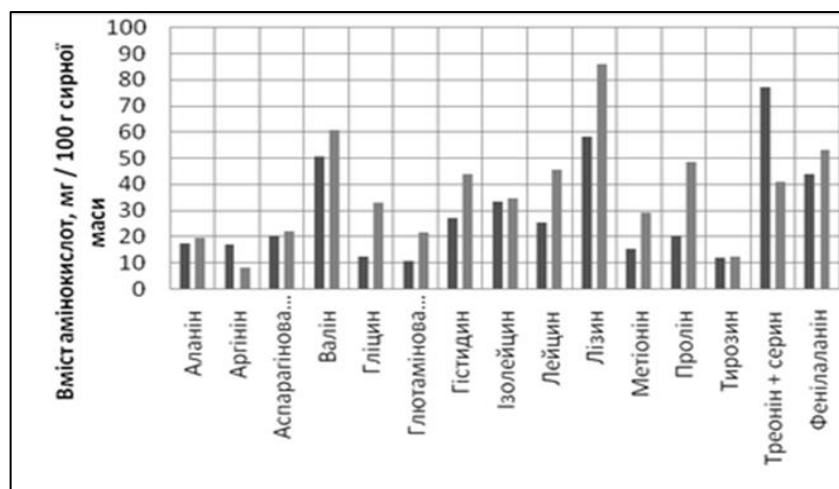


Рис. 7. Накопичення продуктів протеолізу у дослідних зразках сиру композиції № 2

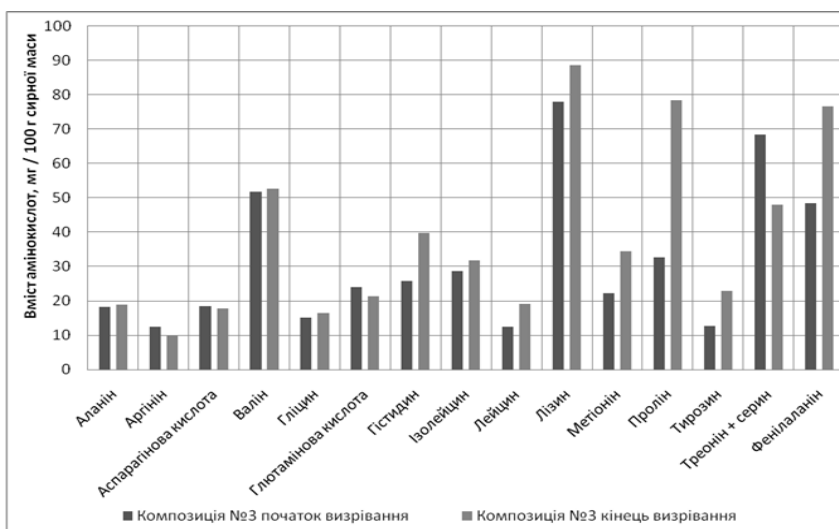


Рис. 8. Накопичення продуктів протеолізу у дослідних зразках сиру композиції № 3

Слід відмітити широкий спектр накопичених амінокислот у всіх композиціях дослідних зразків сиру, особливо, значний вміст аспарагінової кислоти, валіну, метіоніну, ізолейцину, лейцину, глютамінової кислоти. Порівнюючи співвідношення вмісту між незамінними та вільними амінокислотами, слід відмітити значний вміст як відносної, так і абсолютної кількості незамінних амінокислот в композиції № 1 дослідних зразків сиру.

Висновки

Отримані результати експериментальних досліджень щодо накопичення продуктів протеолізу в дослідних зразках сиру вироблених з додаванням до основи заквашувальної мікрофлори з мезофільних молочнокислих бактерій мікрофлори відібраних штамів лактобактерій *Lbc. casei*, *Lc. lactis*, та *Str. thermophilus* (в пропорції 3:2:1 відповідно) вказують на інтенсифікацію протеолітичної активності бактеріальної закваски для виробництва твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання.

Бібліографія

1. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. М.: «ДеЛи Принт». 2003. 779 с.
2. Скотт, Р., Робинсон, Р., Уилби Р.: под ред. К.К. Горбатовой. Производство сыра: научных основы и технологии. 3-е изд.. СПб.: Профессия. 2005. 464 с.
3. Инихов Г. С., Брио Н. П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М.: Пищев. пром. 1971. 275 с.
4. Крусь Г. Н., Шалыгина А. М., Волокитина З. В. Методы исследования молока и молочных продуктов. М.: Колос. 2000. 300 с.
5. Laemmli U. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*. 1970. Vol. 227. P. 680-685.
6. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Математическая статистика. М.: Высшая школа. 1984. 248 с.
7. Kosikovski F., Mistry V. Cheese and Fermented Milk Foods. Westport. 1997. 330 p. (Origins and Principles; Vol. 2).
8. Yvon M., Rijnen L. Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *Int. Dairy J.* 2001. V. 11. P. 185-201.
9. Orlyuk Yu., Stepanishev M. Assessment of proteolysis and lipolysis intensity in Pechersky cheese ripening in the presence of *Penicillium camamberti* and *Penicillium roqueforti* molds. Foods and raw materials Kemerovo Institute of science and technology. RU, Kemerovo. 2014. Vol.2 (№1) . P. 36-39.
10. Farahat S., Rabie M. Evaluation of the proteolytic and lipolytic activity of different *Penicillium roqueforti* strains. *Food Chem.* 1990. V. 36. P. 169-180.

References

1. Gudkov A. (2003). Syrodelye: tekhnologicheskkiye, biologicheskkiye i fiziko-khimicheskkiye aspekty [Cheese making: technological, biological and physicochemical aspects]. M.: DeLi Print. [DeLi Print]. 779 p. [in Russian].
2. Skott R., Robinson R., Uilbi R. (Ed). (2005). Proizvodstvo syra: nauchnykh osnovy i tekhnologii [Cheese production: scientific foundations and technologies]. SPb.: Professiya. [Profession]. 2005. 464 p. [in Russian].
3. Inikhov G., Briо N. (1971). Metody analiza moloka i molochnykh produktov [Methods for the analysis of milk and dairy products]. M.: Pishchev. prom. [Food. prom.]. 275 p. [in Russian].
4. Krus G., Shalygina A., Volokitina Z. (2000). Metody issledovaniya moloka i molochnykh produktov [Methods for the analysis of milk and dairy products]. M.: Kolos. [Kolos publishing house]. 300 p. [in Russian].
5. Laemmli U. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*. Vol. 227. P. 680-685.

6. Ivchenko G., Medvedev Yu. (1984). Matematicheskaya statistika [Mathematical statistics]. M.: Vysshaya shkola. [Graduate School]. 248 p. [in Russian].
7. Kosikovskiy F., Mistry V. (1997). Cheese and Fermented Milk Foods. Westport. 330 p. (Origins and Principles; Vol. 2).
8. Yvon M., Rijnen L. (2001). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. Int. Dairy J. V. 11. P. 185-201.
9. Orlyuk Yu., Stepanishev M. Assessment of proteolysis and lipolysis intensity in Pechersky cheese ripening in the presence of *Penicillium camamberti* and *Penicillium roqueforti* molds. Foods and raw materials Kemerovo Institute of science and technology. RU, Kemerovo. 2014. Vol.2 (№1). P. 36-39.
10. Farahat S., Rabie M. Evaluation of the proteolytic and lipolytic activity of different *Penicillium roqueforti* strains. Food Chem. 1990. V. 36. P. 169-180.