

УДК 637.33

ПРОЦЕС ВИЗРІВАННЯ СИРІВ ЗА УЧАСТІ СИРНОГО СЛИЗУ

Орлюк Ю. Т., к.т.н., с.н.с.,
зав. відділу молочних продуктів,
Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ
ORCID ID: 0000-0003-1273-3554

<https://doi.org/10.31073/foodresources2019-12-14>

Одними з основних факторів, які впливають на формування органолептичних показників сирів, що визрівають за участі сирного слизу є – вид молока (коров'яче, козине та ін.), показники його якості та технологічні режими підготовки молока до переробки на сир, склад і властивості заквашувальної молочнокислої мікрофлори та бактерій сирного слизу, способи їх застосування, технологічні режими виробництва і визрівання сирної маси. Основу сирного слизу складають «коринеформні бактерії». Термін «коринеформні бактерії» є загальним позначенням для *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Corynebacterium* і *Microbacterium* spp. На поверхні сирів, що дозрівають за участі сирного слизу, представники цих видів бактерій присутні у великих кількостях. Дослідження показали, що бактерії *Brevibacterium linens* становить від 1 до 30% загального числа бактерій сирного слизу на поверхні сирів. Але також, дослідження показали, що в невеликій кількості *B. linens* не суттєво впливають на органолептичні показники сирів, хоча вони залишаються важливою складовою мікрофлори слизу у зв'язку з активністю їх протеолітичних і ліполітичних ферментів, а також зі здатністю продукувати пігменти, які впливають на колір сиру та тіолові сполуки, які впливають на смак і аромат сиру. Бактерії *B. linens* галотолерантні, оптимальними умовами росту для них є температура (20 - 30) °С і активна кислотність середовища (6,5-8,5)од. рН. Визрівання сирів за участі сирного слизу характеризується інтенсивністю процесів протеолізу та ліполізу, що в значній мірі формує органолептичні та фізико-хімічні показники готового продукту. В роботі наведено результати досліджень протеолітичної, ліполітичної та естеразної активності бревібактерій при визріванні сирів. Визначено динаміку накопичення фракцій азотовмісних сполук упродовж визрівання сирів за участі сирного слизу. Проведено оптимізацію технологічних параметрів виробництва нового виду сиру, що визріває за участі сирного слизу.

Ключові слова: сир, сирний слиз, протеоліз, ліполіз, фракції азотовмісних сполук сиру

CHEESE RIPENING PROCESS INVOLVING CHEESE MUCUS

Orlyuk Yu., PhD, Technics,
Head department of dairy products,
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-1273-3554

<https://doi.org/10.31073/foodresources2019-12-14>

The main factors influencing the formation of organoleptic parameters of cheeses ripening with the participation of cheese mucus are - the type of milk (cow, goat, etc.), indicators of its quality and technological regimes of preparation of milk for processing on cheese, composition and properties of fertilising lactic acid microflora and bacteria of cheese mucus, methods of

their application, technological regimes of production and maturation of cheese mass. The basis of cheese mucus is «coryneform bacteria». The term «coryneform bacteria» is commonly used for Arthrobacter, Brevibacterium, Corynebacterium and Microbacterium spp. On the surface of cheeses that mature with the participation of cheese mucus, representatives of these types of bacteria are present in large quantities. Studies have shown that bacteria Brevibacterium linens make up 1 to 30% of the total number of cheese mucus bacteria on the surface of cheeses. But also, studies have shown that a small amount of B. linens does not significantly affect the organoleptic characteristics of cheeses, although they remain an important component of the microflora of mucus due to the activity of their proteolytic and lipolytic enzymes, as well as the ability to produce pigments that affect the color of cheese and thiol compounds that affect the taste and aroma of cheese. Bacteria of V. linens are halotholerant, the optimum conditions for growth are temperature (20-30)° C and active acidity of the medium (6,5-8,5) units. pH. The maturation of cheese with the participation of cheese mucus is characterized by the intensity of proteolysis and lipid peroxidation, which largely forms the organoleptic and physico-chemical parameters of the finished product. The paper presents the results of studies of proteolytic, lipolytic and estratic activity of brevibacteria during ripening of cheeses. The dynamics of accumulation of fractions of nitrogen-containing compounds during maturation of cheeses with participation of cheese mucus was determined. The optimization of technological parameters of the production of a new type of cheese mature with the participation of cheese mucus was carried out.

Key words: cheese, cheese mucus, proteolysis, lipolysis, fractions of nitrogen-containing cheese compounds

У сучасному асортименті продукції сироробної галузі особливе місце займають сири, які визрівають за участі мікрофлори сирного слизу (далі за текстом – сири «слизневі»). Вони характеризуються специфічними органолептичними показниками, що вирізняють їх серед сирів інших видів. Сири «слизневі» мають добре виражений сирний грибний смак та запах, злегка гострий та пікантний, ніжну маслянисту консистенцію, та тонкий шар сирної кірки на поверхні головки сиру.

Різноманітність асортименту сирів «слизневих» зумовлений дією багатьох факторів фізичної, хімічної, мікробіологічної та біохімічної природи. Важливе значення, при цьому, відіграє вид молока (коров'яче, козине, овече і ін.), його фізико-хімічний склад, мікробіологічні показники, технологічні параметри одержання сирної маси, режими і тривалість процесу визрівання сирів [1].

Ріст та розвиток мікрофлори сирного слизу на поверхні сирної маси, її протеолітична і ліполітична активність суттєво залежать від фізико-хімічних показників сирної маси та умов культивування сирного слизу.

Основним недоліком вітчизняних сирів «слизневих» залишається нестабільність їх органолептичних показників, що обумовлено низькою якістю молока-сировини та недостатнім професійним рівнем підготовки спеціалістів з виробництва сирів цього типу. Використання іноземних технологій сироваріння без внесення змін з урахуванням вітчизняних особливостей в такі технології не може гарантувати належних показників якості готової продукції. Тому виникає потреба в дослідженні існуючих технологій виробництва сирів «слизневих» з метою їх удосконалення, враховуючи останні світові досягнення в цій галузі.

Незважаючи на те, що технології сирів «слизневих» відомі давно, їх широке впровадження у виробництво вимагає більш глибокого вивчення усіх процесів, що відбуваються упродовж виробничого циклу, а вже відомі результати досліджень повинні одержати новий розвиток в сучасних технологіях вітчизняного сироробства.

Отже, враховуючи вищезазначене, удосконалення технологій сирів «слизневих» визначення та обґрунтування параметрів технологічних операцій їх виробництва,

вивчення ферментативних процесів, що протікають під час визрівання сирної маси – актуальні питання для українського сироробства.

Метою роботи є вдосконалення технології сирів, що визрівають за участі сирного слизу шляхом дослідження його впливу на перебіг процесу протеолізу та ліполізу в сирній масі, задля забезпечення гарантованої якості готового продукту.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження були дослідні зразки сирів «слизневих» отримані в лабораторії масло – та сироробстві ІПР НААН.

Під час виконання роботи використовували традиційні та сучасні технологічні, 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 та амінного азоту) методом К'ельдаля [2]. Кількісний та якісний склад амінокислот в сирах визначали на амінокислотному аналізаторі «Biotronik LC 2000» [3]. Вміст казеїнів та продуктів їхнього розщеплення визначали методом електрофорезу у поліакриламідному гелі [4].

Ліполіз визначали за вмістом летких жирних кислот, характеристику якісного та кількісного складу яких здійснювали методом газорідинної хроматографії після дистиляції подрібнених зразків сирної маси водяною парою.

Математичну обробку одержаних результатів експерименту здійснювали методами математичної статистики [5].

Результати та обговорення. Враховуючи, що вітчизняні технології сирів «слизневих» потребують наявності ефективних штамів мікрофлори сирного слизу було проведено їх селекцію на першому етапі роботи. Відібрані штами мікрофлори сирного слизу були використані при розробці технології нового виду сиру.

Для вирішення завдання з селекції штамів з різних зразків сирів «слизневих» були виділені штами бактерій, які попередньо було віднесено до коринформ роду *Brevibacterium*. В подальшому проведено фенотипову ідентифікацію вилучених штамів. Як референтні використали штами Інституту мікробіології і вірусології ІМВ 728 і ІМВ 729 (табл. 1).

Таблиця 1

Фенотипова ідентифікація бревібактерій

Характеристика	ІМВ 728	ІВ 729	№ 01	№ 02
Колір колоній	Жовтий	Помаранч	Жовтий	Слонової кості
1	2	3	4	5
Реакція за Грамом	+	+	+	+
Рухливість	-	-	-	-
Наявність каталази	+	+	+	+
Форма клітин	П/К	П/К	П/К	П/К
Відновлення нітратів до NO ₂	-	-	-	-
Ферментування вуглеводів	-	-	-	-
Ріст при 42 °С	-	-	-	-
30 °С	+	+	+	+
20 °С	+	+	+	+

Продовження таблиці 1

Ріст у середовищі з 6,5% NaCl	+	+	+	+
Оптимальний рівень рН для росту	6-8	6-8	6-8	6-8
Гідроліз желатину	+	+	+	+
Гідроліз крохмалю	-	-	-	-
Гідроліз казеїну	+	+	+	+
Джерело виділення	Сир	Сир	Сир	Сир

Позначення 1. П/К – паличкоподібна/кокоподібна

Позначення 2. «+» – наявність ознаки, «-» - відсутність ознаки

В процесі селекція штамів мікрофлори сирного слизу досліджувалась зміна форми клітки та процес росту штамів бревібактерій за різних умов (рис. 1, рис. 2, рис. 3).

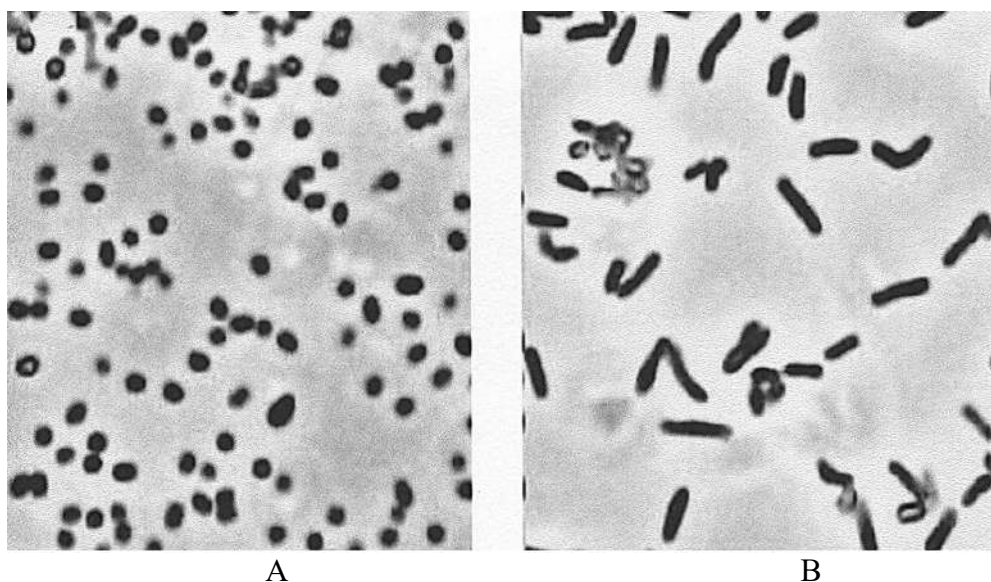


Рис. 1. Зміна форми клітин *Brevibacterium linens*:

А – бацилярна форма в експоненційній фазі; В – кокоподібна в стаціонарній фазі

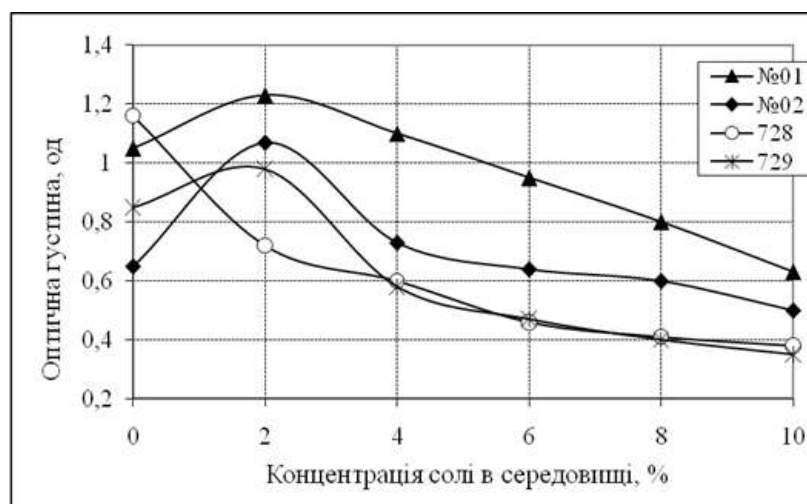


Рис. 2. Ріст штамів бревібактерій у середовищі з різною масовою часткою солі

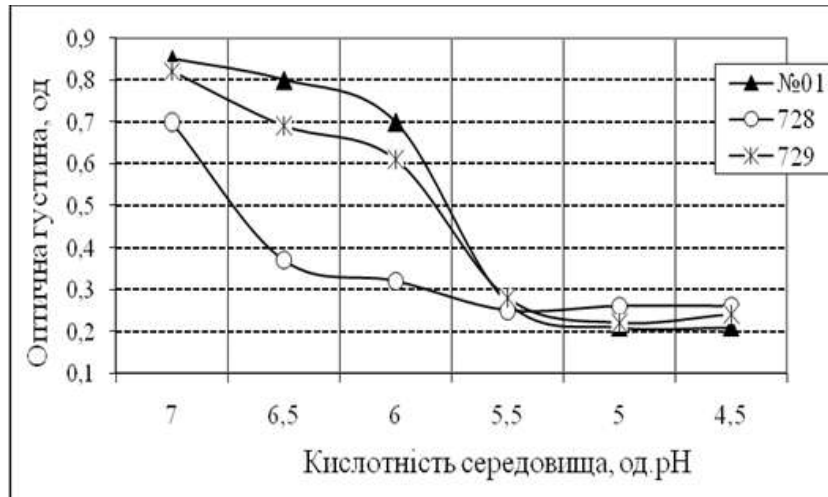


Рис. 3. Ріст штамів бревібактерій за різної кислотності середовища

За сукупністю морфолого-культуральних і фізіологічних ознак визначено систематичне положення штамів – їх віднесено до виду *Brevibacterium linens*.

Результати досліджень фізіологічних особливостей росту культур бревібактерій дозволили зробити висновок про перспективність нововиділеного штаму *B. linens* 01 для виробництва нового виду сиру.

Дослідні зразки сиру вироблені з використанням штаму *B. linens* 01, що розвивався на поверхні сирної маси на кінець визрівання мали помірно виражений сирний смак з легким грибним присмаком. Консистенція була задовільна, однорідна всередині, дещо щільна з країв. На поверхні сирів мікрофлора сирного слизу розвивалась добре з різним ступенем рівномірності (рис.4).

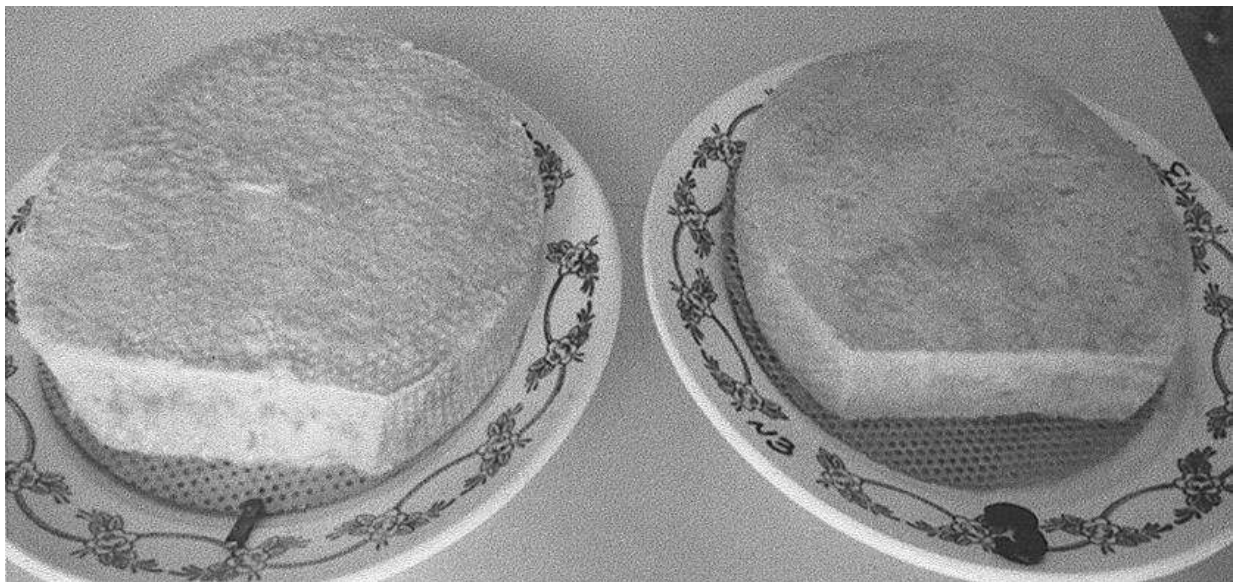


Рис. 4. Структура поверхні головок сиру з мікрофлорою сирного слизу в процесі визрівання зразків сиру

У процесі виробництва і визрівання дослідних зразків сиру «слизневого» було досліджено вплив технологічних параметрів виробництва на їх фізико-хімічні показники.

Графоаналітичне опрацювання експериментальних даних дозволило визначити динаміку активної кислотності сирної маси в процесі визрівання дослідних зразків сиру «слизневого» (рис.5).

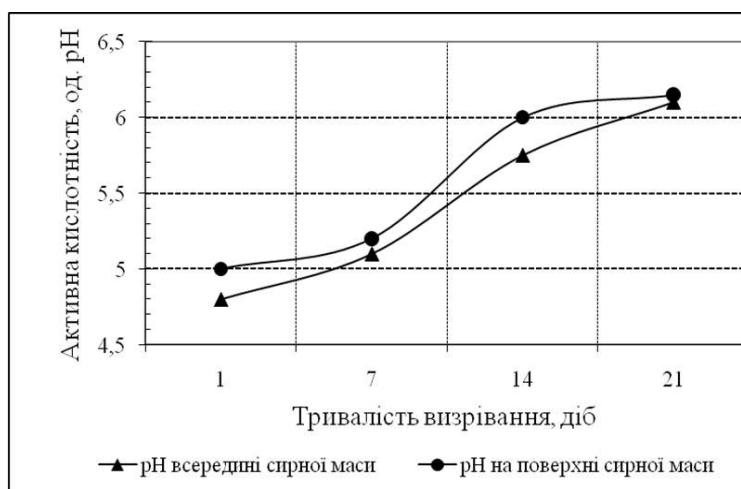


Рис. 5. Зміна активної кислотності сирної маси упродовж визрівання

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що упродовж визрівання поступово знижується активна кислотність сирної маси. Більш швидке її зниження спостерігається у поверхневих шарах сирної маси на початку визрівання, що очевидно, пояснюється розвитком бактерій *B. linens* на поверхні сиру за рахунок енергії окиснення лактатів. Після 14 доби визрівання наростання показника рН уповільнюється, спостерігається припинення росту мікрофлори сирного слизу.

Одним із основних процесів, що лежать в основі формування специфічних органолептичних показників сирів «слизневих» є процес протеолізу. Розчинний азот, що утворюється в процесі містить велику кількість високомолекулярних пептидів - в цю фракцію входить також небілковий азот. Вміст розчинного азоту у таких сирах становить більше 50% [6], [7].

Проведені дослідження дозволили визначити динаміку накопичення фракцій азотовмісних сполук в дослідних зразках сирів «слизневих» упродовж визрівання (рис. 6).

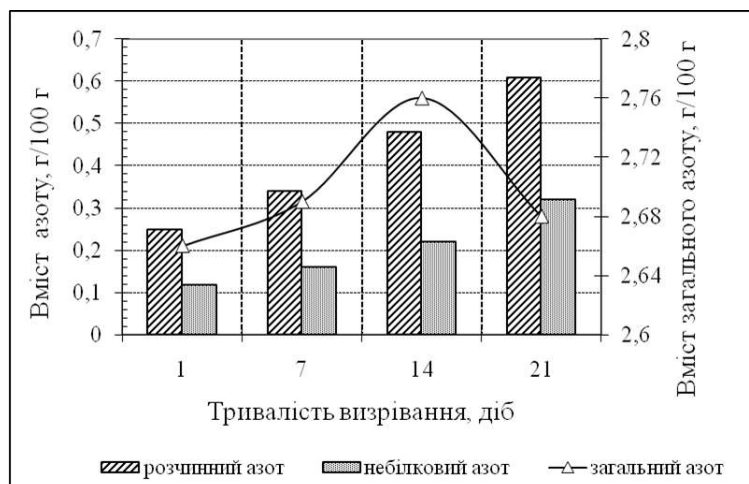


Рис. 6. Динаміка накопичення фракцій азотовмісних сполук в сирі впродовж визрівання

У дослідних зразках сиру «слизневого» при визріванні до 14 доби спостерігається поступове накопичення загального азоту. У подальшому визріванні й до його кінця вміст загального азоту зменшується, що, очевидно, пояснюється переходом його у розчинну та небілкову форми. На кінець визрівання дослідних зразків вміст в них загального розчинного азоту становив більше 23%, небілкового азоту 12% - від вмісту загального азоту.

Виразність специфічного смаку сирів «слизневих» є результатом тісної взаємодії не лише продуктів протеолізу, а й продуктів ліполізу. Як показали дослідження накопичення вільних жирних кислот упродовж визрівання дослідних зразків сиру тісно корелює з підвищенням виразності та гостроти сирного смаку (рис. 7).

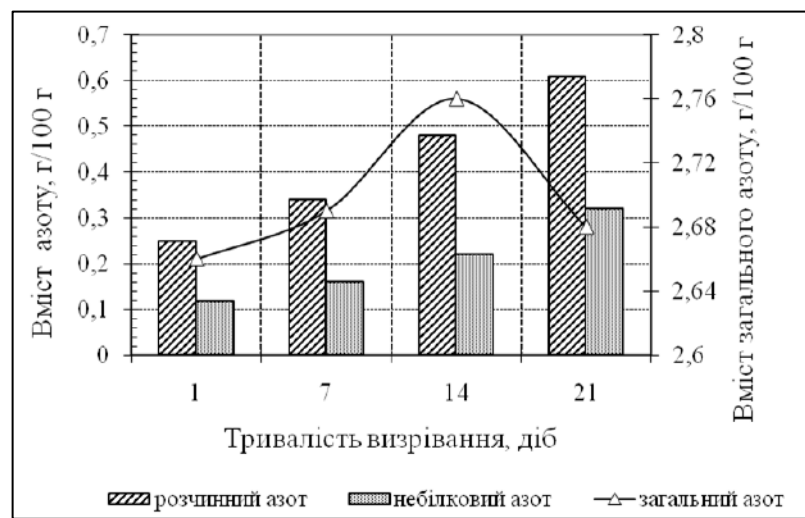


Рис. 7. Вміст вільних жирних кислот у дослідних зразках сиру

Серед легких жирних кислот в сирах виявлені лише масляна. Загальний вміст вільних жирних кислот в дослідних зразках сиру, які визрівали за участі мікрофлори сирного слизу становив 910 мекв в 100 г сиру.

Математичне опрацювання результатів біохімічних досліджень дозволило одержати рівняння регресії, яке описує залежність рівня протеолізу (Y_1) від масової частки солі (м.ч.с.) в сирній масі (x_1), масової частки вологи (м.ч.в.) в сирній масі (x_2) та температури визрівання головок сиру (x_3):

$$Y_1 = -222,9 + 18,23x_1 + 7,124x_2 + 9,15x_3 + 0,31x_1^2 - 0,049x_2^2 + 0,014x_3^2 - 0,38x_1x_2 - 0,15x_2x_3 - 2,25x_1x_3 + 0,038x_1x_2x_3 \quad (1)$$

Подальше математичне опрацювання результатів досліджень дозволило одержати рівняння регресії, яке описує залежність рівня ліполізу (Y_2) від м.ч.с. в сирній масі (x_1), м.ч.в. в сирній масі (x_2) та температури визрівання (x_3):

$$Y_2 = -399,78 - 532,56x_1 + 100,089x_2 - 189,45x_3 - 21,1x_1^2 - 1,0444x_2^2 + 5,97x_3^2 + 10,5x_1x_2 + 2x_2x_3 + 53,75x_1x_3 - x_1x_2x_3 \quad (2)$$

Висновки

Результати аналітичних та експериментальні досліджень дозволяють зробити такі висновки:

Досліджено вплив застосування мікрофлори сирного слизу *Brevibacterium linens* на накопичення продуктів протеолізу. Визначено, що на 21 добу рівень розчинного азоту становить 23%, небілкового азоту – 12% від загального його вмісту;

Досліджено вплив мікрофлори сирного слизу *Brevibacterium linens* на накопичення продуктів ліполізу. Відмічено високий рівень ліполізу, загальний вміст вільних жирних кислот в дослідних зразках сиру, які визрівали за участі мікрофлори сирного слизу становив 910 мкекв в 100 г сиру;

Проведено оптимізацію технологічних параметрів процесу виробництва нового виду сиру, отримано рівняння регресії, які адекватно описують вплив технологічних режимів на зміну фізико-хімічних та біохімічних показників нового виду сиру.

Бібліографія

1. Скотт Р., Робинсон Р., Уилби Р.; под ред. К.К. Горбатовой. Производство сыра: научные основы и технологии. [3-е изд.]. СПб.: Профессия, 2005. 464 с.
2. Инихов Г. С., Брио Н. П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М.: Пищев. пром. 1971. 275 с.
3. Крусъ Г. Н., Шалыгина А. М., Волокитина З. В. Методы исследования молока и молочных продуктов. М. Колос, 2000. 300 с.
4. Laemmli U. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*. 1970. Vol. 227. P. 680–685.
5. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Математическая статистика. М.: Высшая школа. 1984. 248 с.
6. Bizet C., Desobry S., Fanni J., Hardy J. Composition and physical properties of the *Penicillium camemberti* mycelium. 1997. Vol. 77, № 4. P. 461–466.
7. Larsen M., Jensen K. The effects of environmental conditions on the lipolytic activity of strains of *Penicillium roqueforti*. *Int. J. Food Microbiol.* 1999. Vol. 46. P. 159–166.

References

1. Skott R., Robinson R., Uilbi R. (Ed). (2005). *Proizvodstvo syra: nauchnyie osnovy i tehnologii* [Cheese production: scientific foundations and technologies]. SPb.: Professiya. 464 p. [in Russian].
2. Inihov G., Brio N. (1971). *Metodyi analiza moloka i molochnyih produktov* [Methods of analysis of milk and dairy products]. Moscow: Pischev. prom. 275 p. [in Russian].
3. Krus G., Shalyigina A., Volokitina Z. (2000). *Metodyi issledovaniya moloka i molochnyih produktov* [Methods for the study of milk and dairy products]. Moscow: Kolos, 300 p. [in Russian].
4. Laemmli U. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage. *Nature*. Vol.227. P. 680–685.
5. Ivchenko G., Medvedev Yu. (1984). *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics]. Moscow: Vysshaya shkola, 1984. 248 p. [in Russian].
6. Bizet C., Desobry S., Fanni J., Hardy J. (1997). Composition and physical properties of the *Penicillium camemberti* mycelium. *Lait*. 1997. Vol. 77, № 4. P. 461–466.
7. Larsen M., K. Jensen. (1999). The effects of environmental conditions on the lipolytic activity of strains of *Penicillium roqueforti*. *Int. J. Food Microbiol.* Vol. 46. P. 159–166.