

**ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАКВАШУВАЛЬНОЇ
МІКРОФЛОРИ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА СИРІВ ШВЕЙЦАРСЬКОЇ
ГРУПИ**

*О.В. Боднарчук, Н.М. Шульга, Н.Ф. Кігель, доктор технічних наук
Технологічний інститут молока та м'яса УААН*

Створено нові високоефективні бактеріальні композиції, які є перспективними у виробництві сирів з високою температурою другого нагрівання. Встановлено взаємозв'язок між складом заквашувальних композицій та показниками якості готових продуктів.

Сир є збалансованим багатофункціональним продуктом, споживчі якості якого до вподоби багатьом з нас. Протягом його виробництва концентруються найбільш цінні у харчовому відношенні компоненти та відбувається формування специфічних смакових та ароматичних сполук, а також утворення широкого спектру біологічно активних речовин, що сприяють засвоюванню цього продукту. Аналіз асортиментного ряду продукції українських сирзаводів показав, що більш досконалою, на жаль, є імпортна продукція. Цим з успіхом скористалися зарубіжні виробники, які заповнили вітчизняний ринок. Якщо раніше вважалися сири еталоном якості, то тепер під одною назвою сиру різні виробники часто випускають різний продукт. Мабуть причиною цьому стали не тільки дефіцит сиропридатної сировини, її низька якість, але й бідний асортимент високоефективних заквашувальних препаратів для виробництва твердих сичужних сирів. Особливо така проблема стосується твердих сичужних сирів з високою температурою другого нагрівання.

Спрямований підбір активних заквашувальних культур для створення бактеріальної композиції дає змогу отримати сир з типовими властивостями та постійно високої якості, оскільки біохімічні і ферментативні процеси в ході визрівання сирів швейцарської групи відбуваються за безпосередньою участю бактерій закваски та незаквашувальної мікрофлори [1]. Тому робота по вдосконаленню принципів відбору заквашувальної мікрофлори для сирів, вивчення її функціонування під час технологічного процесу виробництва продукту є актуальною.

Світовим досвідом доведено, що залучення до складу заквашувальних композицій для виготовлення твердих сичужних сирів швейцарської групи не тільки термофільних молочнокислих стрептококів, але і лактобацил виду *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, призводить до глибшого протеолізу, ліполізу, формування багатого смакового “букету” сиру [2]. Пропіоновокисле бродіння – необхідна умова отримання твердого сиру швейцарської групи з характерними властивостями. Саме завдяки культурам *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* можна досягти бажаного рисунку сиру з вічками великого розміру. Пропіоновокислі бактерії здатні продукувати велику кількість різноманітних компонентів. Це речовини, які обумовлюють специфічну смако-ароматичну композицію сирів (леткі органічні кислоти, карбонільні сполуки), а також речовин, що є корисними для людини (вітаміни, бактеріоцини) [3,4].

Метою роботи було дослідити дію заквашувальної мікрофлори під час виробництва твердих сичужних сирів з високою температурою другого нагрівання та встановити взаємозв’язок між складом бактеріальних композицій і показниками якості готових продуктів.

Методика досліджень. Протеолітичну активність заквашувальних композицій та ступінь протеолізу твердих сичужних сирів оцінювали після осадження білку за вмістом вільних амінокислот і низькомолекулярних пептидів, що визначали за калориметричними методами (нігідринним, Хулла та Бредфорда) [5-7]. Рівень утворення діацетилу і летких органічних кислот – після дистиляції з водяною парою [8]. Кількість азотовмісних сполук у сироватці визначали за методом Лоурі [9]. Синерезис молочних згустків визначали шляхом їх центрифугування за частоти 1000 обертів/хв. протягом 15 хвилин. Органолептичну оцінку твердих сичужних сирів проводили у віці 48 діб за ГОСТ 5.10.31-71.

Тверді сичужні сири швейцарської групи з використанням дослідних заквашувальних композицій виробляли у лабораторних умовах за таких технологічних режимів. Після нормалізації молочної суміші за вмістом жиру та білку (із розрахунку масової частки жиру сирів у сухій речовині 50%),

пастеризації за температури $(76\pm 1)^\circ\text{C}$ з витримкою 20 с сировину охолоджували до температури $(37\pm 1)^\circ\text{C}$. Закваски вносили у кількості 2% від маси молочної суміші одночасно з молокозгортальним ферментом (2,5 г/100 кг) та розчином хлористого кальцію (40 г/100 кг). Під час виробництва контрольних зразків одночасно з внесенням закваски “Слов’янська” додавали концентрат пропіоновокислих бактерій за ТУ у кількості 100 мг/100 кг молочної суміші. Після постановки сирного зерна вилучали 65-70% сироватки, проводили вимішування протягом 15-20 хв. та друге нагрівання гарячою пастеризованою водою до температури $(54\pm 1)^\circ\text{C}$. Сирне зерно переносили у форми для пресування, яке тривало 3-4 годин з навантаженням 6-8 кг/кг. Соління сирної маси проводили у ропі з концентрацією кухонної солі 20% за температури $(12\pm 1)^\circ\text{C}$ протягом 4-5 годин. Визрівання сирів здійснювали при величині відносної вологості повітря 85% за диференційованих температурних режимів: $(12\pm 1)^\circ\text{C}$ протягом 2 тижнів; $(20\pm 1)^\circ\text{C}$ протягом 2 тижнів; $(12\pm 1)^\circ\text{C}$ протягом 2 тижнів.

Результати досліджень. Після ретельного аналізу основних фізико-хімічних, біохімічних та органолептичних показників окремих штамів лакто- та пропіоновокислих бактерій було відібрано культури, перспективні до залучення до складу заквашувальних композицій для сирів швейцарської групи. Перевага надавалася мікроорганізмам з помірною енергією кислотоутворення у молоці, добрим синерезисом отриманих молочних згустків, високим ступенем протеолізу, активним нагромадженням смакоутворюючих та ароматичних речовин, синтезом вуглекислого газу, а також фагорезистентністю та стійкістю до дії NaCl, антагоністичними властивостями по відношенню до сторонньої мікрофлори. На їх основі було створено 6 заквашувальних композицій з найкращими показниками, що є важливими у сироробстві. До них увійшли штами видів *S. salivarius* ssp. *thermophilus*, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *L. helveticus*, *P. freudenreichii* ssp. *shermanii*.

Дослідні композиції було проаналізовано за протеолітичною активністю, утворенням смако-ароматичних речовин, а також деякими технологічними показниками утворених молочних згустків. Як контроль було використано закваску для великих сичужних сирів “Слов’янська”, яка містить поряд з

термофільними молочнокислими стрептококами мезофільні ароматоутворюючі лактококи (табл. 1).

Складені композиції характеризувалися високою молокозсідалною активністю (5,0-5,5 год) з утворенням згустків, що розколюються, з приємним кисломолочним смаком та запахом та кислотністю в межах 110-130 °С.

1. Характеристика заквашувальних композицій для виробництва сирів швейцарської групи

Заквашувальні композиції	Кількість розчинних азотовмісних сполук, мкг/г			Вміст летких органічних кислот, мекв/100 г	Вміст діацетилу мг/100 г	Кількість азотовмісних сполук у сироватці мг/см ³	Синерезис, %
	вільних циклічних амок	вільних лінійних амок	низькомолекулярних пептидів				
№1	264,0	625,0	25,40	288	0,312	2,58	37
№2	207,3	605,0	32,08	248	0,320	2,48	38
№3	182,9	431,2	27,07	330	0,435	2,65	40
№4	312,1	729,0	40,04	260	0,388	2,30	39
№5	352,0	688,0	39,12	335	0,598	2,35	39
№6	329,2	703,0	39,05	345	0,630	2,44	40
контроль	203,4	534,0	52,06	185	0,698	2,48	39

Наслідком дії комплексу протеолітичних ферментів заквашувальної мікрофлори на білкові компоненти молока є утворення пептидних фрагментів різного розміру та вільних амінокислот. Активність протеолітичних ензимів є одним з основних критеріїв відбору культур, оскільки інтенсивність смаку зрілих сирів пов'язана із збільшенням кількості розчинних азотовмісних сполук. Між здатністю мікроорганізмів нагромаджувати вільні амінокислоти у молоці та сирі встановлено чітку пряму залежність [2].

Рівень протеолізу був вищим у композиціях № 4, 5, 6. Зокрема, вміст вільних циклічних амінокислот з циклічною структурою (тирозин, триптофан, фенілаланін) у заквасці №5 становив 352,0 мкг/г, а кількість низькомолекулярних пептидів – 39,12 мкг/г. Це можна пояснити більшою часткою у даних заквашувальних композиціях термофільних молочнокислих паличок виду *L. helveticus*, які мають різноманітніший набір протеолітичних ферментів з вищою

активністю, ніж *S. thermophilus*. Разом з тим, аналогічні показники контрольного варіанту відрізнялися від отриманих результатів аналізу дослідних зразків, що пов'язано з відмінностями у видовому складі. Вільні амінокислоти у заквасці “Слов'янська” вимірювалися у меншій кількості, ніж у створених композиціях, хоча вміст пептидних фрагментів становив 52,06 мкг/г.

Під час аналізу заквашувальних композицій за нагромадженням речовин, які обумовлюють смак і аромат продукту, підвищений рівень утворення летких органічних кислот помічено у варіантах № 3, 5, 6 зі збільшеною часткою *P. freudenreichii* ssp. *shermanii*. Пропіоновокислі бактерії здатні продукувати значно більші кількості органічних кислот, які є важливими компонентами смако-ароматичної композиції сирів швейцарської групи. Так, вміст згаданих сполук після сквашування молока закваскою № 6 становив 345 мекв/100 г, тоді як у контролі – 185 мекв/100 г. Однак кількість діацетилу у заквасці “Слов'янська” є вищою завдяки наявності у її складі продуцентів цієї сполуки *Lactococcus lactis* ssp. *diacetylactis*, хоча у дослідних композиціях рівень діацетилу також є помітним (до 0,630 мг/100г у №6). Проте мезофільні лактококи є нетиповими для сирів з високою температурою другого нагрівання, оскільки швидко відмирають ще на початкових стадіях виробництва продукту.

Позитивні результати отримано щодо інтенсивності синерезису молочних згустків (від 37 до 40%) та рівня відходу білкових речовин у сироватку (від 2,30 до 2,65 мг/см³), оскільки ці показники визначають ефективність технологічного процесу виробництва сирів.

З використанням створених заквашувальних композицій було вироблено тверді сичужні сири з високою температурою другого нагрівання. Дослідні сири було проаналізовано у віці 45 діб за основними фізико-хімічними, біохімічними органолептичними та показниками. Приділялася увага вмісту розчинних низькомолекулярних азотовмісних сполук, які є показником ступеню зрілості сирів, а також нагромадженню діацетилу і летких органічних кислот, оскільки смакові якості продукту залежать від вмісту цих речовин (рис. 1).

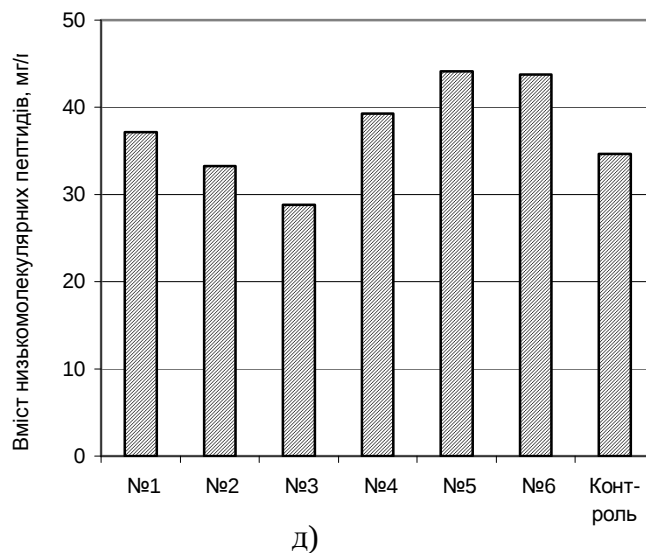
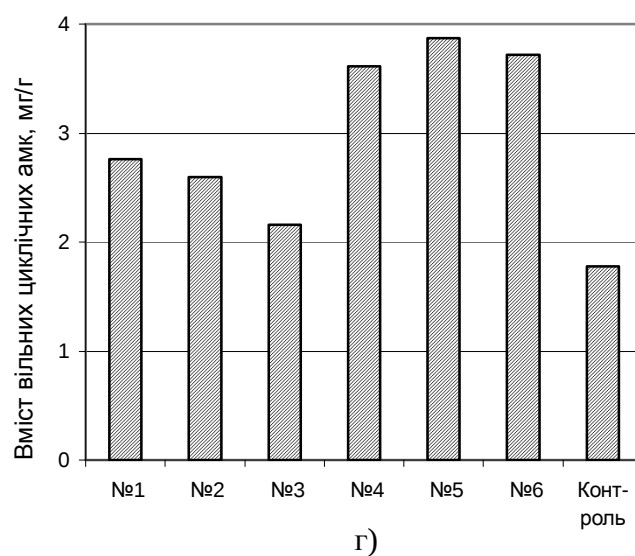
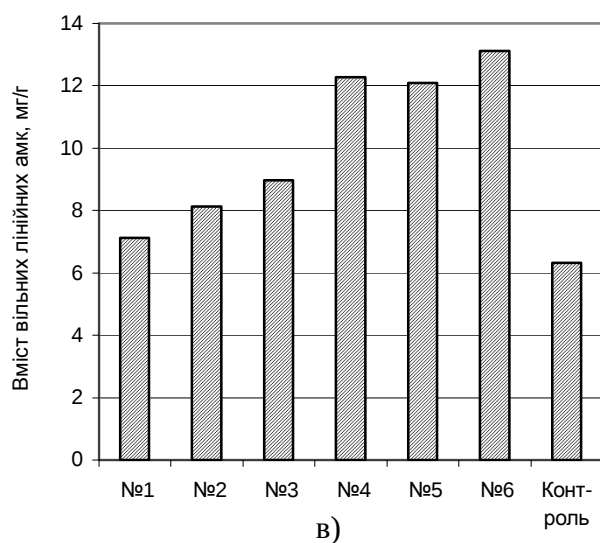
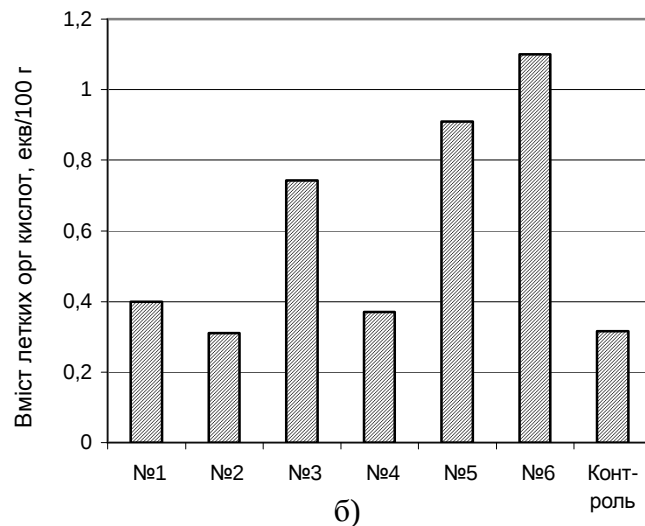
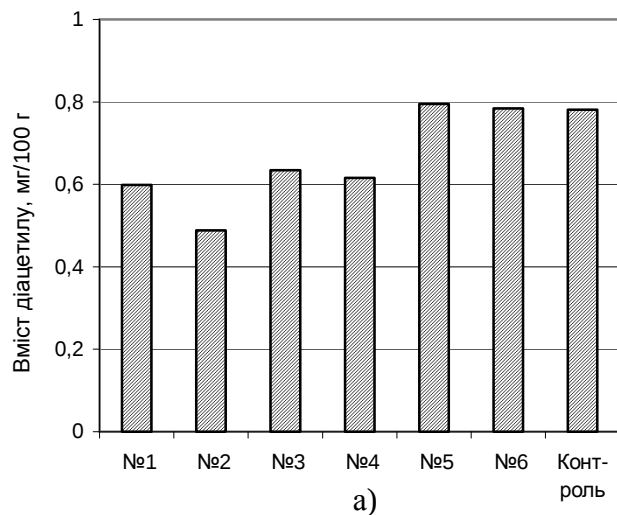


Рис. 1. Біохімічні показники твердих сичужних сирів швейцарської групи у віці 45 діб:

а) – вміст діацетилу; б) – вміст летких органічних кислот; в) – кількість вільних амінокислот з нерозгалуженою структурою; г) – кількість вільних амінокислот з циклічною структурою; д)- вміст низькомолекулярних пептидів

Слід зазначити, що властивості заквашувальних композицій відбивалися на показниках зрілих сирів. Так, завдяки високій здатності до продукування летких органічних кислот заквашувальними композиціями №3, 5, 6 відповідні сири характеризувалися також значним вмістом цих сполук. За кількістю діацетилу сири з використанням культур № 5 і 6 наздоганяли контрольний варіант, досягаючи значень 0,794 та 0,784 мг/100 г сиру відповідно.

Інтенсивнішим розщеплення білку спостерігали протягом визрівання сирів, що були вироблені із застосуванням заквашувальних композицій з підвищеним вмістом лактобацил. Результати аналізу кількості продуктів протеолізу свідчать, що сир №6 вирізнявся помітним вмістом вільних амінокислот (13,12 мг/г і 3,72 мг/г відповідно з лінійною та циклічною структурою), а також низькомолекулярних пептидів (до 43,8 мг/г). Слід відмітити, що загалом вміст вільних амінокислот у дослідних продуктах був значно більшим за контрольний зразок, що можна пояснити залученням до складу новостворених заквашувальних композицій термофільних молочнокислих паличок видів *L. bulgaricus* і *L. helveticus*.

За результатами дегустації отриманих продуктів тверді сичужні сири № 5 і 6 характеризувалися найліпшими органолептичними показниками: їм були властиві солодкуватий пряний присмак і приємний аромат, пластична консистенція, наявність вічок великого діаметру (до 1,5 см), що притаманні сирам швейцарської групи. Сири, виготовлені із застосуванням композицій №3 і 4, дещо поступалися смаковими якостями попереднім варіантам, а продукти за участю заквасок №1, 2 та “Слов’янської” мали невиражений смак і запах та нетиповий рисунок.

Таким чином, за сукупністю досліджуваних ознак найліпшими виявилися сири, виготовлені з використанням заквашувальних композицій №5 і 6, що містили активні штами термофільних стрептококів, лактобацил та пропіоновокислі бактерії. Застосування цих культур давало змогу одержати кінцеві продукти з відмінними органолептичними показниками, які характеризувалися значним вмістом смако-ароматичних компонентів, та забезпечувало високий ступінь протеолізу. Відібрані композиції є перспективними для розроблення на їхній основі технології бактеріальних

препаратів прямого внесення для виробництва нових видів сирів швейцарської групи.

Бібліографія

1. Перфильев Г.Д. Научные исследования и практические разработки ВНИИМС в области биотехнологии сыроделия// Молочное дело.-2004.-№1.-С.5-8.
2. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. - М.: ДеЛи принт, 2003.- 800с.
3. Kerjean J.R., Richoux R. Technological properties of pure propionibacteria strains – test in small-scale Swiss-type cheese // Lait.- 1997.-Vol.75, N1.- P.45-59.
4. Шапочкина Е.Б. Свойства пропионовокислых бактерий и применение их в производстве сыров типа «Швейцарского» // Молочная промышленность.- 2002.- №11. – С.32-33.
5. Gomez M.G., Gaya P., Nunez M., Medina M. Debittering activity of peptidases from selected lactobacilli strains in model cheeses // Milk Science International. – 1996. – Vol. 51, № 6. – P. 315-319.
6. Hull M.E. Studies on milk proteins. Colorimetric determination of the partial hydrolysis of the proteins in milk // Journal of Dairy Science. - 1947. – Vol.30. – P. 881-884.
7. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein – dye binding // Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72, № 2. – P. 248-254.
8. Lowry O.H., Rosebrough N.G., Farr A.L., Randall R.G. Protein measurement with the Folin phenol reagent //G. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193, № 1. – P. 265-275.
9. Инихов Г.С., Брио Н.П. Методы анализа молока и молочных продуктов.- М.: «Пищев. пром.» – 1971. – С.132-133.

Боднарчук О. В., Шульга Н. М., Кигель Н. Ф. Особенности функционирования заквасочной микрофлоры в производстве сыров швейцарской группы.

Созданы новые высокоэффективные бактериальные композиции, перспективные в производстве сыров с высокой температурой второго нагревания. Установлена взаимосвязь между составом заквасочной композиции и показателями качества готовых продуктов.

Bodnarchuk O.V., Shulga N.M., Kigel N.F. Specialties of starters function during manufacture of Swiss-type cheeses.

New effective starters perspectives for manufacture of cheeses with high cooking temperature are created. The relationship between bacterial compositions and indexes of products quality is established.