

УДК 637.33

Боднарчук О.В., к.т.н. ©

Технологічний інститут молока та м'яса УААН

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ  
ВИЗРІВАННЯ СИРУ ШВЕЙЦАРСЬКОЇ ГРУПИ НА ПОКАЗНИКИ ЙОГО  
ЯКОСТІ**

Досліджено основні фізико-хімічні, мікробіологічні, біохімічні та органолептичні показники твердих сичужних сирів з високою температурою другого нагрівання, вироблених з бакконцентратом прямого внесення «Темп» в залежності від температурних умов його визрівання.

На сучасному етапі сироробства широкого застосування набуло використання культур прямого внесення, які забезпечують високий рівень стандартизації процесу ферментування та якості готового продукту. Особливим попитом користуються бактеріальні препарати з наявністю лактобацил з високою здатністю до нагромадження низькомолекулярних азотовмісних сполук, оскільки протеолітичні процеси є домінуючими у формуванні смакових нот сиру [1, 2].

У Технологічному інституті молока та м'яса УААН створено бакконцентрат прямого внесення «Темп» для твердого сичужного сиру з високою температурою другого нагрівання. До його складу, крім штамів термофільних стрептококів, що є традиційною основою заквасок (зокрема такого типу «Слов'янська»), також залучено термофільні молочнокислі палички видів *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* з високою протеолітичною активністю у симбіотичному сполученні з пропіоновокислими бактеріями *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* [3]. Проте використання культур нового типу вимагає вдосконалення окремих технологічних режимів виробництва продукту, оскільки інтенсивність кислотоутворення у разі застосування виробничих заквасок та заквашувальних культур прямого внесення різняться.

Відомо, що всі процеси, що відбуваються під час виробництва сиру, тісно взаємопов'язані між собою, і, практично кожний попередній виробничий етап з відповідними параметрами є базисом для наступних. Вдалий вибір режиму визрівання сприяє активізації ферментативних процесів, скороченню тривалості визрівання і поліпшенню органолептичних показників сиру. Тому гідний уваги завершальний процес виробництва сиру – його визрівання, який дозволяє реалізувати отримані під час виробництва сиру можливості виготовлення продукту високої якості.

Метою даної роботи було дослідити вплив температурних режимів визрівання твердого сичужного сиру з використанням бакконцентрату «Темп» на його якість за основними фізико-хімічними, мікробіологічними, біохімічними та органолептичними показниками.

**Матеріали та методи досліджень.** Тверді сичужні сири з високою температурою другого нагрівання було вироблено у експериментальних умовах за технологією сиру “Волинський” з масовою часткою жиру у сухій речовині 45 % (ТУ У 15.5-00419880-064-2004) зі застосуванням бактеріального концентрату “Темп” (ТУ У 15.5-00419880-061-2004). Заквашувальну культуру вносили з розрахунку 5 г/т молочної суміші за 30-40 хв до внесення розчину сичужного ферменту та хлориду кальцію для активізації мікрофлори. Температура утворення сичужного згустку -  $(33\pm 1)$  °С впродовж 30-35 хв., а температура другого нагрівання –  $(52\pm 1)$  °С. Наступні операції розрізання сичужного згустку, другого нагрівання і постановки зерна, формування та пресування проводили за традиційною технологією твердого сичужного сиру з високою температурою другого нагрівання.

З метою встановлення раціональних режимів визрівання для отримання бажаних показників якості готового продукту проводили порівняльну оцінку сирів, які визрівали за різних температурних режимів у три етапи: I –  $(8-20-8)$  °С, II –  $(12-20-12)$  °С, III –  $(12-20-12)$  °С, IV –  $(16-20-16)$  °С. Тривалість першого етапу – 3 тижні за відносної вологості повітря 85 %, другого – 2 тижні за відносної вологості повітря 90 %, третього – 2 тижні – 85 %.

Аналізували зрілі сири у віці 50 діб за основними фізико-хімічними, біохімічними та мікробіологічним показниками.

Загальну кількість молочнокислої мікрофлори, пропіоновокислих бактерій, вміст бактерій групи *E. coli*, спороутворюючих мікроорганізмів, дріжджів та плісняви, визначали методом висіву серійних розведень на відповідні селективні середовища [4]. Масову частку води та активну кислотність встановлювали за стандартними методами, якісний та кількісний склад летких органічних кислот у продуктах – за методом газоріднинної хроматографії, на приладі - “Купол - 55”, вміст ефірів – за допомогою лужного гідролізу, кількість вільних амінокислот – на аналізаторі LC-2000 (Біотронік), загальний вміст білка та продуктів протеолізу – за методом К’ельдаля [5]. Реологічні характеристики готових сирів досліджували за показниками напруження зрізу та роботи різання на приладі “Інстрон-1122”, користуючись методичними рекомендаціями. Органолептичну оцінку зрілих сирів проводили за ГОСТ 7616-85. Повторюваність кожного аналізу – трьохкратна.

Результати досліджень. Режими визрівання в досліджуваних сирах вплинули на життєдіяльність молочнокислих та пропіоновокислих бактерій, на біохімічні перетворення і фізичні властивості складових частин сирної маси і як наслідок це істотно відобразилося на формуванні смаку, консистенції та рисунку сиру.

Співставлення отриманих результатів дозволяє відстежити відмінності в сирах за вмістом води та рівнем активної кислотності (табл.1). Кількість води в сирах відіграє певну роль в процесі визрівання: чим менше її, тим триваліше відбувається процес визрівання. Активна кислотність є регулятором молочнокислого та пропіоновокислого бродіння. Різниця в кількості молочнокислої мікрофлори відобразилась на інтенсивності молочнокислого процесу. Так, в сирах, що визрівали за вищих температур (режим II і IV), об’єм

заквашувальної мікрофлори був значно більшим ( $6,6 \cdot 10^7$  та  $9,1 \cdot 10^7$  відповідно), а показник рН сягав до 5,34 од.

Ці відмінності позначилися на консистенції зрілих сирів. Зокрема, найбільшою твердістю характеризувався сир, який зберігали у холодній камері за температури (8-20-8) °С, тобто за умов, які не є сприятливими для перебігу біохімічних процесів. Натомість, у сирах, які визрівали за температурного режиму (16-20-16)°С напруження та робота зрізу відповідно склали  $11,0 \cdot 10^2$  Н/м<sup>2</sup> та  $12,0 \cdot 10^4$  Дж/м<sup>2</sup>.

Слід зазначити, що розвитку сторонньої мікрофлори, особливо, поверхневої (дріжджів та плісняв), сприяли високі температури визрівання.

Таблиця 1

**Фізико-хімічні та мікробіологічні показники зрілих сирів за різних температурних умов визрівання**

Показники сиру	Температурні режими визрівання сирів			
	I	II	III	IV
Масова частка вологи, %	42,50±0,3	43,80±0,2	44,40±0,1	38,2±0,2
Активна кислотність, од. рН	5,24±0,03	5,32±0,02	5,37±0,02	5,34±0,02
Напруження зрізу, $10^2$ Н/м <sup>2</sup>	23,2±0,70	21,1±0,63	16,2±0,49	11±0,33
Робота різання, $10^4$ Дж/м <sup>2</sup>	25±0,75	22±0,67	17±0,52	12±0,38
Загальна чисельність МКБ, КУО/г	$3,4 \cdot 10^7$	$6,6 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$9,1 \cdot 10^7$
в т. ч. лактобацил	$10^5$	$10^6$	$10^5$	$10^6$
Чисельність ПКБ, КУО/г	$3,2 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^7$	$8,1 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^8$
-БГКП (колі-форми)	$10^1$	$10^1$	$10^2$	$10^2$
- спороутворюючих бактерій	$1,6 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^2$
- дріжджів та плісняв	$1,6 \cdot 10^2$	$4,4 \cdot 10^2$	$7,2 \cdot 10^2$	$7,7 \cdot 10^2$

Щоб з'ясувати, чи впливав температурний режим визрівання на біохімічні та органолептичні показники зрілих сирів, було проаналізовано їх за накопиченням продуктів розпаду основних компонентів сирної маси (амінокислот, летких органічних кислот та ефірів), які обумовлюють характерний смак готового продукту.

Під час визрівання твердих сирів найбільш глибоким змінам піддаються білки, розпад яких залежить від складу та активності бактеріальних ферментів. Гідроліз білка і накопичення розчинних фракцій азоту є показниками швидкості визрівання сиру і ступенем його зрілості. Великий об'єм мікрофлори сприяв інтенсифікації біохімічних процесів, зокрема, прискоренню протеолізу. Як свідчать результати аналізу (табл. 2), високий вміст молочнокислих бактерій в дослідних сирах за вищих температур визрівання супроводжувався більш інтенсивним гідролітичним розщепленням білкових речовин в порівнянні з режимами I та III. Найбільший вміст розчинного та небілкового азоту (відповідно 26,33 % та 6,11 від небілкового азоту), що характеризує ступінь розпаду білка, спостерігали за температурного режиму IV.

Таблиця 2

**Біохімічні показники зрілих сирів за різних температурних умов визрівання**

Показники сиру	Температурні режими визрівання сирів			
	I	II	III	IV
Вміст вільних амінокислот, мг/100г сиру	2043,87± 81,75	2254,47± 90,25	1877,52± 75,10	2629,09± 105,16
Вміст розчинного азоту, % від загального азоту	19,16± 0,38	20,14± 0,42	15,99± 0,33	26,33± 0,55
Вміст небілкового азоту, % від загального азоту	5,35±0,11	5,60±0,12	4,67±0,09	6,11±0,13
Вміст легких жирних кислот, мкекв/100г сиру	1265±5	1685±7	615±4	2019±9
Відношення пропіонової кислоти до оцтової	0,80	0,89	0,52	3,62
Вміст ефірів, мкг/100г	66,24±3,3	74,88±3,7	71,28±3,7	77,04±4,0

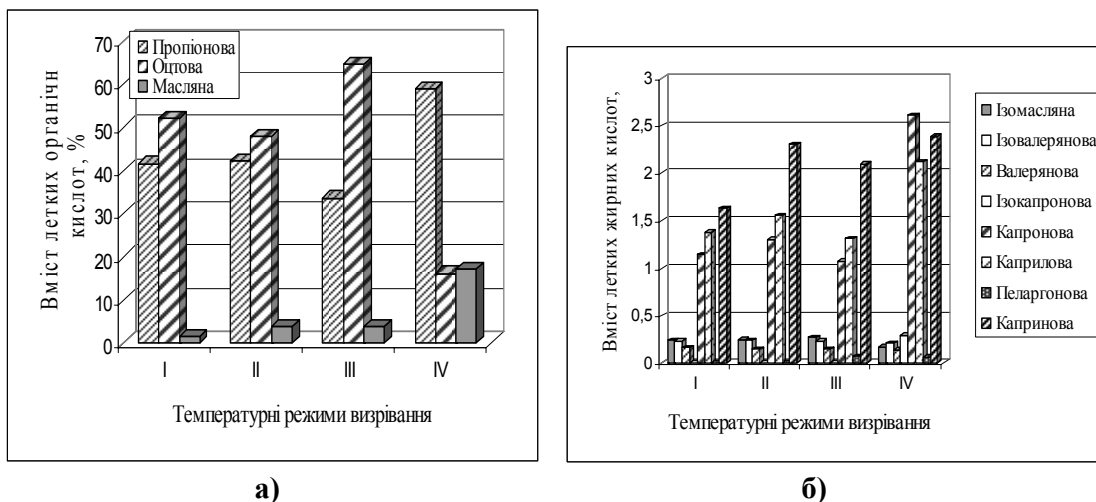
Як і слід було очікувати, було продемонстровано аналогічну залежність нагромадження вільних амінокислот у готовому продукті від температури його визрівання. Очевидно, значне нагромадження вказаних речовин відбувається за рахунок протеолітично активних термофільних молочнокислих паличок виду *L. helveticus*, *L. bulgaricus*. На думку Баєра, Альвареза накопичення вільних амінокислот стимулює розвиток великої кількості пропіоновокислих бактерій за рахунок пептидазної та протеїназної систем як заквашувальної, так і сторонньої молочнокислої мікрофлори [6,7]. Таку закономірність помічено і в наших дослідженнях.

Малоактивне розщеплення компонентів, які формують смако-ароматичну композицію сирів помічено в сирах варіантів I та III, які визрівали за низьких температур, в той час як підвищені температурні умови визрівання (16-20-16) °C сприяли збільшенню вмісту легких органічних кислот майже в 3,3-3,6 рази (табл. 2).

Показано, що за підвищених температур визрівання кількість легких органічних кислот збільшувалася, причому найвищий вміст 2019 мкекв/100 г відзначено у сирі, що визрівав за режиму IV. Продукування високої кількості легких органічних кислот супроводжувалося активним розвитком пропіоновокислих бактерій за вказаного режиму до  $3,1 \cdot 10^8$  КУО/г сиру. Незначна кількість легких кислот у сирі з режимом визрівання III, ймовірно, спричинене низьким ростом пропіоновокислих бактерій, які обмежують пропіоновокисле ферментування.

На видові особливості сиру, його смакові відтінки істотно впливає відношення кількості пропіонової кислоти до оцтової, а зі збільшенням концентрації пропіонової кислоти посилюється інтенсивність солодкуватого присмаку сиру.

У всіх зразках сирів домінували оцтова та пропіонова кислоти (рис. 1а). Відношення пропіонової до оцтової кислоти для варіанту III складало 3,62, тоді як для сиру II – 0,89, що вказує на менше нагромадження пропіонової кислоти. Крім того, за режиму III відзначено низький вміст мінорних кислот, які спричиняють неприємні присмаки сиру (рис. 1б).



**Рис. 1. Кількісний та якісний склад летких органічних кислот за різних температурних режимів визрівання сиру**

Вищі температури визрівання провокували розвиток сторонньої мікрофлори, в результаті дії якої виникали вади смаку в продукті, внаслідок надмірної кількості масляної, капронової, каприлової кислот.

Умови, що складаються в сирній масі під впливом температурного режиму (8-20-8) °С, були несприятливими для молочнокислого бродіння. У разі визрівання сирів за температури 12 °С без переміщення у бродильну камеру, гальмувався ще й розвиток пропіоновокислих бактерій, результатом чого було слабе продукування летких органічних кислот та ефірів у кількості, яка є недостатньою для повного вираження смаку та аромату. Крім того, відзначено також недостатнє формування рисунку. В таких сирах смак та запах були найгіршими (в середньому на 5 балів) в порівнянні з сирами варіанту II (табл. 2). Внаслідок інтенсивного розвитку молочно- та пропіоновокислих бактерій утворилися тріщини у сирній масі, появу яких найчастіше спостерігали на останньому етапі визрівання. В результаті сири було віднесено до некондиційних. Тому підвищення температури до 20 °С на другому етапі для активізації пропіоновокислого бродіння є обов'язковим режимом визрівання сиру із застосуванням бак концентрату «Темп».

Надійним підтвердженням того, що визрівання сиру за диференційованих температур (12±1) °С – 3 тижні, (20±1) °С – 2 тижні, (12±1) °С – 2 тижні було найефективнішим для розвитку життєдіяльності заквашувальних мікроорганізмів, є результат значного рівня нагромадження продуктів їх життєдіяльності. Так, кількість органічних сполук у сирах за цього режиму досягала до 1692 мкекв/100г, вільних амінокислот близько 2344 мг/100г, вміст небілкового азоту складав 5,7 % від загального азоту. Дані сири характеризувалися напруженням зрізу 21,0·10<sup>2</sup> Н/м<sup>2</sup> і роботою різання 22,0·10<sup>4</sup> Дж/м<sup>2</sup>.

Таким чином, за означеного режиму визрівання швидше набували смакових ознак зрілих продуктів в порівнянні з варіантами сирів I та III. Загальна бальна оцінка таких сирів – 97 балів. Сир характеризувався солодкуватим праним

присмаком і приємним ароматом, наявністю вічок великого діаметру до 1,5 см, що характерні для твердих сичужних сирів швейцарської групи.

Таблиця 3

**Органолептична характеристика сирів віком 50 діб за різних режимів  
визрівання**

Показник	Бальна оцінка сирів, що визрівали за режимами			
	I	II	III	IV
Смак та запах	добрий (39 балів)	добрий (44 бали)	задовільний, мало вираже ний (38 балів)	салистий (36 балів)
Консистенція	задовільна (23 бали)	добра (24 бали)	груба, тверда (22 бали)	задовільна, колюча (19 балів)
Колір	нормальний (5 балів)	нормальний (5 балів)	нерівно- мірний (4 бали)	нерівно- мірний (3 бали)
Рисунок	нерівномір- ний рисунок у вигляді вічок (8 балів)	вічка правильної форми (9 балів)	відсутність вічок (7 балів)	багато вічок (5 балів)
Зовнішній вигляд	добрий (10 балів)	добрий (10 балів)	заловільний (10 балів)	деформована поверхня та пошкоджена кірка цвіллю (10 балів)
Упаковка	добра (5 балів)	добра (5 балів)	задовільна (4 бали)	задовільна (4 бали)
Загальна оцінка, бали	90	97	85	77

Було встановлено кореляційні коефіцієнти між фізико-хімічними показниками, які формуються у процесі технологічного процесу виробництва сиру, та рівнем розщеплення білка, а також чисельністю лактобактерій. Статистична обробка фізико-хімічних, біохімічних та реологічних показників, що представлена в таблиці 4, демонструвала достатньо тісні кореляційні зв'язки між напруженням зрізу та фізико-хімічними властивостями сиру як-то вміст вологи та активної кислотності ( $r = -0,95-0,91$ ).

Таблиця 4

**Кореляція між фізико-хімічними, біохімічними та реологічними показниками  
сиру «Волинський»**

Показники	М.ч. вологи	pH	Напружен- ня зрізу	Вміст розчинного азоту	Вміст вільних амк
pH	-0,73				
Напруження зрізу	0,91	-0,94			
Вміст розчинного азоту	0,87	-0,01	0,87		
Вміст вільних амк	0,20	0,09	0,63		
Загальна чисельність МКБ	0,48	-0,05	0,65	0,91	0,95

Істотний вплив на формування консистенції проявляла інтенсивність протеолітичних процесів. Зокрема, коефіцієнт кореляції між напруженням зрізу та вмістом розчинного азоту складав  $r = -0,866$ . Проте рівень нагромадження вільних амінокислот не залежав від рН.

**Висновок.** Температурні режими визрівання справляють істотний вплив на показники якості сирів. Температура на початковому етапі визрівання сиру із застосуванням бакконцентрату «Темп» визначає глибину протеолітичних процесів та інтенсивність утворення деяких летких компонентів. Зі зниженням температури до 8 °С уповільнювався гідроліз білків, а з підвищенням до 16 °С на фоні інтенсифікування нагромадження низькомолекулярних азотовмісних сполук було зафіксовано надмірну кількість органічних кислот, що псувало органолептичні якості продукту. Встановлено, що обов'язковим є визрівання сиру швейцарської групи за температури 20 °С, на другому етапі для активізації розвитку пропіоновокислих бактерій. Біохімічні показники сирів корелюють з даними їх мікробіологічного аналізу і знаходяться в тісному взаємозв'язку з органолептичними характеристиками.

Таким чином, найефективнішим для визрівання сиру «Волинський» був температурний режим II (12 °С упродовж 3-х тижнів, 20 °С упродовж 2-х тижнів та 12 °С упродовж 2-х тижнів), що сприяв накопиченню достатньої кількості як продуктів розщеплення білка, так і смако-ароматичних сполук, які визначають якість сиру.

#### Література

1. Soda M. El., Madkor S.A., Tong P.S. Marschall Rhodia International Dairy Science Award Lecture. Adjunct Cultures: Recent Development and Potential Significance to the Cheese Industry // Journal of Dairy Science.- 2000.- Vol. 83, №5.- P. 609-616.
2. Брикс Б. Стартовые культуры. Верный выбор // Молочная промышленность.- 2002.-№10.- С. 31-33.
3. Боднарчук О.В. Бактеріальний концентрат прямого внесення «Темп» у виробництві сирів швейцарської групи // Матеріали наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті».- Ч. 2- К.: НУХТ.-2005
4. Скородумова А.М. Практическое руководство по технической микробиологии молока и молочных продуктов. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 308 с.
5. Инихов Г.С., Брио Н.П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М.: «Пищевая промышленность». - 1971. – 423 с.
6. Baer A. Influence of casein proteolysis by starter bacteria, rennet and plasmin on the growth of propionibacteria in Swiss-type cheese // Lait.- 1995.- Vol. 75, №5.- P. 391-400.
7. Alvarez V.B., Ji T., Harper W.J. Influence of Starter Culture Ratios and Warm Room Treatment on Free Fatty Acid and Amino Acid in Swiss Cheese // Journal of Dairy Science .- 2004.- Vol. 87, №5.- P. 1986-1992.

Рецензент – д.с.-г.н., проф. Цісарик О.Й.