

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

БОНДАРЧУК ЗОЯ ВІКТОРІВНА

УДК 637. 33

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТВЕРДОГО СИРУ
З ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАКВАСОК МЕЗОФІЛЬНИХ І
ТЕРМОФІЛЬНИХ ЛАКТОБАКТЕРІЙ**

05.18.16 – технологія продуктів харчування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Технологічному інституті молока та м'яса Національної академії аграрних наук України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Федін Федір Андрійович,
Технологічний інститут молока та м'яса НААНУ,
старший науковий співробітник відділу сироробства.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Чагаровський Олександр Петрович
ТОВ «Хр. Хансен Україна», генеральний директор.

кандидат технічних наук, доцент
Бовкун Алла Олександрівна
Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій МОН України,
зав. кафедри переробки м'яса та молока.

Захист відбудеться 26 травня 2010 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 при Національному університеті харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, корпус А, ауд. 311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «___» _____ 2010 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н.

Н.О. Бублієнко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Натуральний твердий сир – це харчовий продукт, який одержують шляхом концентрації та біотрансформації основних компонентів молока під дією молокозсідальних ензимів, мікроорганізмів і фізико-хімічних факторів. У виробничому циклі його одержання значний період часу належить процесу визрівання.

Скорочення тривалості процесу визрівання твердого сиру й одержання продукту, який би не поступався показникам якості сиру з традиційним терміном визрівання, є одним із найактуальніших завдань у сироробстві. Його вирішення дозволить збільшити обсяг випуску продукції, прискорити обіг камер визрівання та, як наслідок цього, покращити економічні показники виробництва. Аналіз робіт щодо скорочення визрівання сирів показав, що найефективнішим шляхом є використання у складі бактеріальної закваски лактобацил. Дослідженнями S.A. Madkor (2000), В.М. Сілаєвою (2002) встановлено, що у виробництві сирів з низькою температурою другого нагрівання додавання лактобацил прискорило розщеплення пептидів і накопичення вільних амінокислот, але водночас було відмічено формування органолептичних показників нетипових для даних видів сирів.

Окрім того, в сучасних умовах низької якості молочної сировини, зокрема незадовільних її санітарно-гігієнічних показників, не завжди можна досягти високих показників якості твердих сирів. Особливу небезпеку становлять бактерії групи кишкових паличок та маслянокислі бактерії, які внаслідок своєї дії спричиняють псування та знижують безпеку продукту.

Однак технології, яка б враховувала названі вище ознаки, наразі не існує. Крім того, через недостатнє наукове обґрунтування нових технологій сирів, які розробляються працівниками промисловості, ефективність виробництва та якість продукції не завжди є високими. Тому розроблення інтенсивної технології твердого сиру, яка б забезпечувала випуск продукту гарантованої якості, є актуальною для сироробної галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у відділі сироробства Технологічного інституту молока та м'яса УААН в межах науково-технічної програми УААН «Переробка молока та м'яса на 2003-2008 р.р.» та є розділом комплексної теми «Розробити технологію виробництва нових видів сичужних сирів з короткими термінами визрівання» (номер державної реєстрації 0106U002274).

Мета і завдання дослідження. *Мета* – розробка інтенсивної технології твердого сиру на основі комбінацій бактеріальних заквашувальних культур та визначення раціональних технологічних режимів, що забезпечить захист процесу трансформації компонентів сирної маси від впливу сторонньої мікрофлори, активізує протеоліз й скоротить визрівання сиру.

Відповідно до поставленої мети визначено такі *завдання*:

- провести вибір і обґрунтувати застосування бактеріальних заквасок та визначити їх оптимальні дози;

- визначити вплив основних технологічних факторів на зміни масової частки вологи, рівнів активної кислотності та протеолізу;
- обґрунтувати окремі технологічні параметри процесу виробництва сирів (температурний режим другого нагрівання сирного зерна, режим визрівання сиру);
- дослідити основні органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники нового виду сиру, й визначити його здатність до зберігання;
- розробити технологію нового виду сиру;
- здійснити апробацію технології у промислових умовах.

Об'єкт дослідження – технологія твердого сиру.

Предмет дослідження – молоко коров'яче, бактеріальні закваски, сирне зерно, сир твердий, віком не більше 30 діб, сир у процесі зберігання.

Методи дослідження. Для виконання поставлених завдань були використані стандартні, загальноживані органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні методи дослідження молока, сирного зерна, сирної маси, дозрілого сиру, методи математичного оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. За результатами комплексної оцінки показників готового продукту науково обґрунтовано можливість використання термофільних лактобацил у виробництві дрібних сирів.

Визначено оптимальне співвідношення основної мезофільної закваски до заквасок термофільних лактобацил видів *L. helveticus* та *L. acidophilus* як 5:1:1.

На підставі оцінки санітарно-показової мікрофлори готового продукту експериментально доведено, що застосування термофільних лактобацил як додаткової закваски у виробництві твердого сиру пригнічує розвиток сторонньої мікрофлори.

Встановлено залежності масової частки вологи, рівня активної кислотності та вмісту загального розчинного азоту в сирі від температури другого нагрівання сирного зерна, кількості доданої води для розкислення сироватки та концентрації солі в сирі у вигляді математичних рівнянь.

Досліджено температурні режими другого нагрівання сирного зерна та визрівання сирів, вироблених із застосуванням мезофільних і термофільних лактобактерій, та встановлено, що термін визрівання таких сирів становить не більше 30 діб.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлено раціональні параметри виробництва твердого сиру з застосуванням мезофільних і термофільних лактобактерій. За результатами проведеної роботи розроблено нормативну документацію на «Сир твердий «Зоряний» ТУ У 15.5-00419880-084:2006.

Встановлено й експериментально підтверджено, що використання термофільних лактобацил у виробництві дрібних сирів забезпечує високі показники якості та сприяє скороченню тривалості процесу визрівання.

Новизну розробленої технології підтверджено патентом України № 82082. «Спосіб виробництва твердого сиру».

Технологію сиру «Зоряний» апробовано та впроваджено на ТОВ «Миргородський сиркомбінат» Полтавської обл., ВАТ «Рожищенський сирзавод» Волинської обл.

Особистий внесок здобувача полягає у пошуку та аналізі літературних даних, визначенні напрямку досліджень, в організації та проведенні експериментальних досліджень, обробці й узагальненні одержаних результатів, у встановленні оптимальних режимів виробництва нового виду сиру зі скороченим терміном визрівання. За безпосередньою участю дисертанта розроблено нормативну документацію, підготовлено до публікації статті, а також оформлено патент на винахід. Автор проводила апробацію розробленої технології на підприємствах молочної промисловості України.

Аналіз та обґрунтування результатів досліджень, формулювання висновків проведено спільно з науковим керівником к.т.н. Ф.А. Федіним.

Окремі частини роботи виконано спільно зі співробітниками ТІММ УААН: к.т.н. Ю.Т. Орлюком, Л.М. Головань, В.В. Гужвою (технологічні параметри виробництва твердих сичужних сирів); к.т.н. Н.М. Шульгою (мікробіологічні показники), к.б.н. Г.Ф. Насировою (біохімічні властивості заквашувальних культур і сирів).

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Міжнародній науково-практичній конференції «Молоді вчені у вирішенні проблем аграрної науки і практики» (Львів, ЛНАВМ ім. С.З. Гжицького, 2006); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрний форум – 2006» (Суми, СНАУ, 2006); 74-й науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (Київ, НУХТ, 2008); Міжнародній науково-практичній конференції «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования» (Ставрополь, СевКавГТУ, 2008); Міжнародній науково-практичній конференції студентів та аспірантів «Молодежь и аграрная наука XXI века: проблемы и перспективы» (Курськ, ФДЗО ВПО «Курська ДСГА ім. І.І. Іванова», 2009).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 9 наукових праць, із них 5 статей у фахових наукових виданнях, 1 патент України на винахід, 3 тези доповідей.

Структура дисертації. Дисертацію викладено на 113 сторінках друкованого тексту. Складається зі вступу, огляду літератури, 3-х розділів, висновків, списку використаної літератури (191 найменування) та 8 додатків. Робота містить 24 таблиці, 27 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми роботи, визначено її мету та основні задачі, окреслено наукову новизну та практичне застосування одержаних результатів, наведено відомості стосовно особистого внеску автора, апробації результатів дисертації.

У першому розділі «Особливості виробництва твердих сирів і фактори, які впливають на процес визрівання та якість готового продукту» узагальнено дані сучасної наукової та патентної інформації стосовно скорочення тривалості визрівання твердих сирів. Проаналізовано основні фактори видоутворення твердих сирів та їх вплив на перебіг мікробіологічних, біохімічних та фізико-хімічних процесів під час виробництва, а також на формування органолептичних показників готового продукту.

Розглянуто вплив дози та видового складу бактеріальної закваски, температурного режиму другого нагрівання, вмісту масової частки вологи і рівня активної кислотності у сирах після пресування, концентрації солі в готовому продукті та режимів визрівання на зміни складових компонентів молока в процесі визрівання сиру.

На основі аналізу наукових доробок вітчизняних та закордонних вчених зроблено висновок щодо можливості розробки інтенсивної технології виробництва нового виду сиру завдяки залученню мікрофлори з високою протеолітичною активністю і антагоністичним потенціалом щодо сторонньої мікрофлори, зокрема термофільних лактобацил (*Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*), та оптимізації параметрів окремих технологічних факторів, спрямованих на інтенсифікацію ферментативних процесів й захист від впливу сторонньої мікрофлори.

У другому розділі «Методика проведення дослідження» наведено схему роботи (рис. 1), характеристику об'єктів і методів дослідження, методів статистичного аналізу й оброблення експериментальних даних.

У третьому розділі «Встановлення основних технологічних параметрів виробництва твердого сиру» подано результати експериментальних досліджень щодо впливу термофільних лактобацил як додаткової закваски на протеоліз та органолептичні характеристики сирів з низькою температурою другого нагрівання.

Традиційно для сирів з низькою температурою другого нагрівання використовують бактеріальну закваску мезофільних лактобактерій. Відомо, що використання лактобацил у виробництві дрібних сирів підвищує швидкість кислотоутворення та інгібує розвиток шкідливої мікрофлори, однак при цьому формуються не типові для даних видів сирів органолептичні показники. Тому було досліджено вплив термофільних лактобацил видів *L. helveticus* та *L. acidophilus* як додаткової закваски на протеоліз, органолептичні характеристики сирів з низькою температурою другого нагрівання.

Для виробництва сиру контрольного варіанту використовували закваску мезофільних молочнокислих бактерій для сирів з низькою температурою другого нагрівання. Як додаткові закваски використовували закваску термофільних лактобацил виду *L. helveticus* (Дослід I) та суміш заквасок термофільних лактобацил видів *L. helveticus* та *L. acidophilus* (Дослід II).

Інтенсивніше кислотоутворення під час обробки сирного зерна у дослідних варіантах призвело до підвищення активної кислотності у цих сирах і на кінець визрівання становило 5,23 од. рН та 5,27 од. рН, відповідно, для I і II варіантів. Протягом перших 10 діб визрівання відбувається наростання активної кислотності сирів усіх варіантів, з подальшим зниженням до кінця визрівання. Проте значення рН у сирах дослідних зразків є нижчим ніж контрольного, що пов'язано з присутністю молочнокислих паличок, які є сильними кислотоутворювачами.

Динаміка розвитку мікрофлори (рис. 2) упродовж визрівання сирів свідчить, що початкова загальна кількість молочнокислої мікрофлори і, в тому числі лактобацил, та наступне їх збільшення в дослідних сирах були вищими ніж у контрольному. Через 10 діб визрівання у сирах відмічено максимальне накопичення молочнокислих

бактерій, яке в I і II дослідних зразках становило $2,8 \cdot 10^8$ КУО/г та $8,5 \cdot 10^8$ КУО/г відповідно. У подальшому кількість мікрофлори зменшувалась.

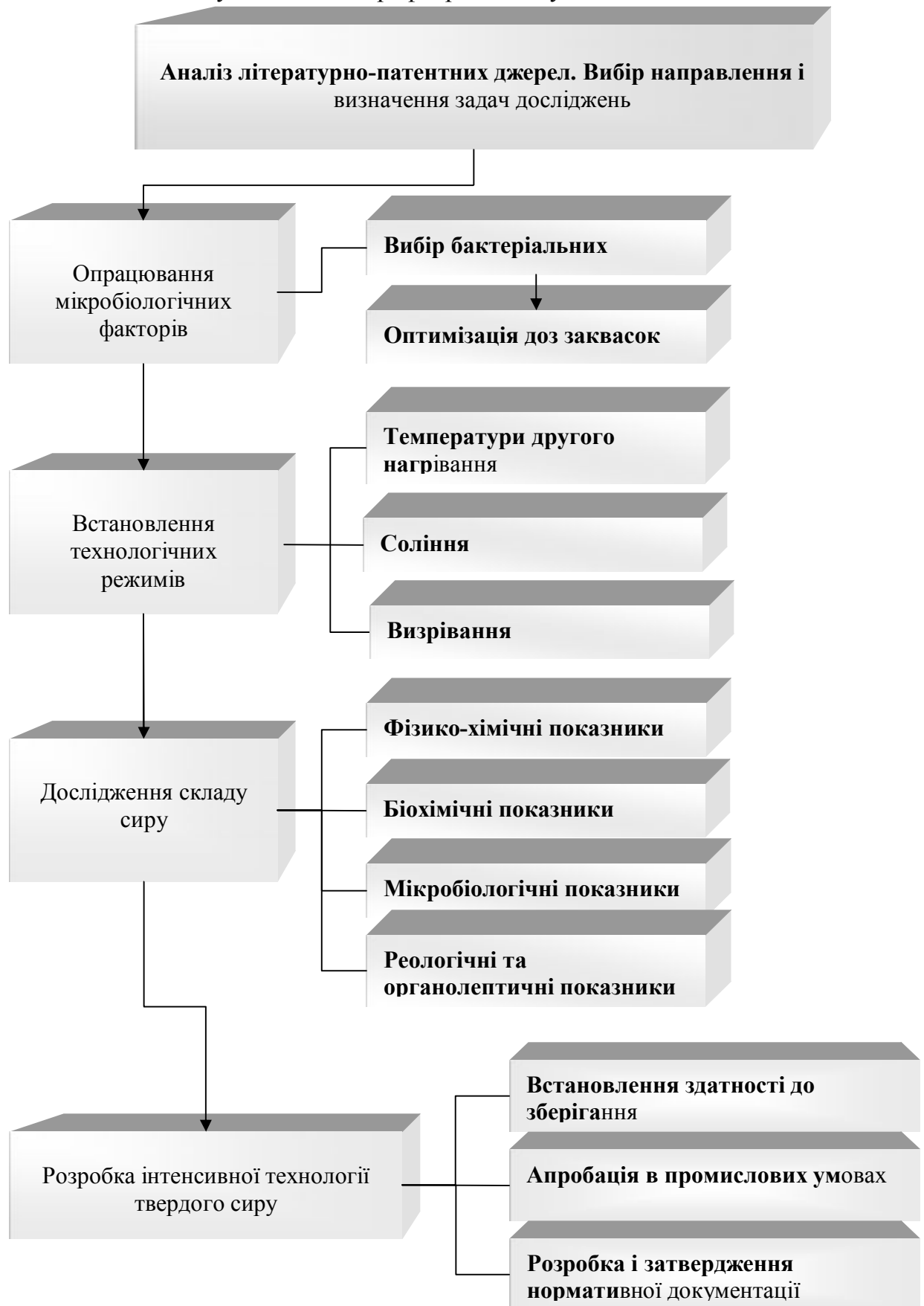
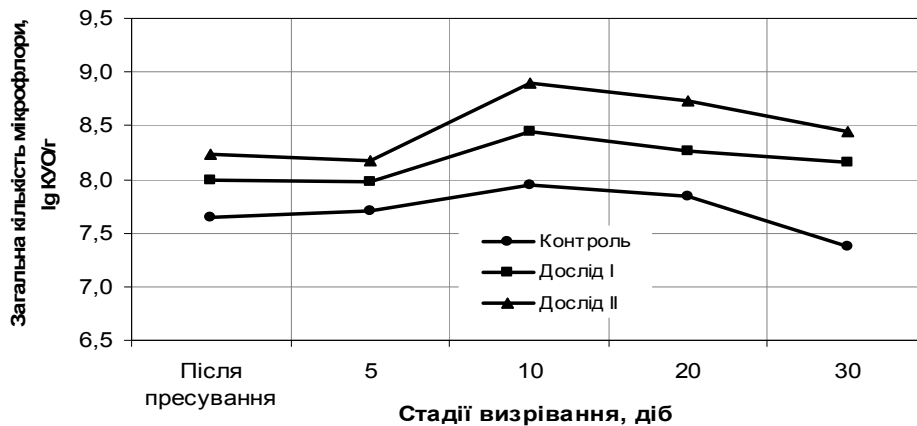
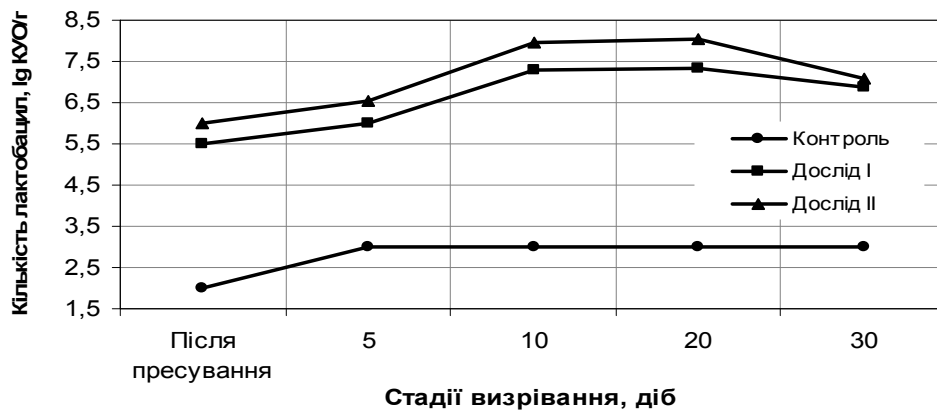


Рис. 1. Схема проведення досліджень



а)



б)

Рис. 2. Зміна кількості мікроорганізмів у сирах під час визрівання:

а) загальна чисельність молочнокислої мікрофлори; б) лактобацили.

При цьому в дослідних сирах слід відмітити низький рівень сторонньої мікрофлори. Так у цих варіантах після пресування БГКП були відсутні в 0,1 г, а на прикінці визрівання вони не визначались повністю, тоді як у контрольному сирі їх кількість була в 100 і 10 разів вищою, відповідно після пресування та у кінці визрівання. Чисельність спороутворювальних бактерій для контрольного, першого та другого дослідних зразків після пресування сиру становила $6,3 \cdot 10^3$ КУО/г; $7,5 \cdot 10^2$ КУО/г та $5,2 \cdot 10^2$ КУО/г відповідно, а на кінець визрівання їх чисельність зменшилась до $3,8 \cdot 10^2$ КУО/г; $1,2 \cdot 10^2$ КУО/г та 93 КУО/г відповідно.

Головним критерієм, який характеризує процес визрівання сирів, є рівень накопичення продуктів гідролізу білків. Аналіз кількості азотовмісних речовин та ароматичних сполук відобразив різницю протеолітичної активності заквашувальних культур (табл. 1). Зокрема, у дослідних варіантах сирів, вироблених із залученням термофільних лактобацил вміст небілкового азоту був на 7 % та 9 % вищим, ніж у контролі, що свідчить про інтенсивніший в них протеоліз.

Дослідні варіанти також характеризувалися вищим рівнем ароматичних сполук – летких органічних кислот та діацетилю.

Таблиця 1

Біохімічні показники сирів після 30 діб визрівання

Показник	Величина показника за варіантами		
	Контроль	Дослід І	Дослід ІІ
Фракції азотовмісних сполук			
Вміст загального розчинного азоту, % від загального	18,31±0,01	19,17±0,01	20,03±0,01
Вміст розчинного небілкового азоту, % від загального	12,50±0,03	13,40±0,03	13,70±0,03
Вміст амінного азоту, % від загального	7,10±0,05	8,70±0,06	9,50±0,06
Ароматичні сполуки			
Леткі органічні кислоти, мкекв/ 100 г сиру	390±10	480±10	510±10
Діацетил, мг/100 г сиру	1,95±0,02	2,07±0,02	2,08±0,02

Підвищення рівня протеолізу в дослідних сирах характеризує також накопичення вільних амінокислот (табл. 2). Їх вміст у сирах з додаванням лактобацил перевищував відповідний показник контрольного сиру (598,5 мг%) – на 46,6 % і 57,5 % відповідно для дослідних зразків І та ІІ. Слід зазначити, що частка незамінних амінокислот від загальної кількості вільних амінокислот у сирах першого варіанту становить 46,5 %, у сирах другого варіанту – 50,7 % тоді як у сирах контрольного варіанту – 44,8 %.

Таблиця 2

Вміст вільних амінокислот в сирах після 30 діб визрівання

Найменування	% від загальної суми АМК за варіантами		
	Контроль	Дослід І	Дослід ІІ
Валін	2,15	7,81	8,32
Лейцин	8,29	9,35	12,67
Лізин	9,42	6,13	7,63
Метіонін	1,69	0,82	1,11
Тирозин	-	0,32	0,62
Треонін	0,03	0,74	0,06
Фенілаланін	5,17	9,90	10,97
Аспарагінова кислота	2,93	2,63	4,16
Серин	0,18	-	-
Глутамінова кислота	38,65	36,50	34,46
Пролін	13,99	15,57	11,04
Аланін	4,12	4,24	3,33
Гістидин	8,64	3,05	2,32
Гліцин	-	1,32	1,26

Аргінін	1,64	0,73	0,43
Ізолейцин	3,10	0,89	1,62

Особливості мікробіологічних процесів у сирах й інтенсифікація перетворення основних компонентів сирної маси вплинуло на формування органолептичних показників продукту. Контрольні сири після 30 діб визрівання мали сирний кислуватий смак, гіркий і нечистий присмак. Дослідні сири мали виражений сирний смак, помірно кислуватий, часто з пряним присмаком. Окрім того, у дослідному сирі не спостерігали раннього спучування, тоді як ця вада була присутня у декількох виробках контрольного сиру. Всі сири мали рисунок типовий для сирів формованих із пласта під шаром сироватки.

Отже, в результаті проведених досліджень було встановлено, що використання термофільних лактобацил виду *L. helveticus* та *L. acidophilus* як додаткових заквасок у виробництві твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання інтенсифікує процес кислотоутворення, інгібує розвиток сторонньої мікрофлори, підвищує ступінь протеолізу, що у результаті забезпечує формування високих органолептичних показників сиру.

На підставі експериментальних досліджень активної кислотності, вмісту азотовмісних сполук та органолептичної оцінки визначено, що використання бактеріальних заквасок у кількості 0,7-1,5 % основної мезофільної закваски для виробництва сирів з низькою температурою другого нагрівання та 0,1-0,3 % заквасок термофільних лактобацил виду *L. helveticus* та *L. acidophilus* кожної (за їх оптимального співвідношення як 5:1:1) забезпечує одержання готового продукту з високими показниками якості.

Використання заквашувальної мікрофлори з різними температурними оптимумами розвитку вимагало встановлення параметрів режимів обробки сирного зерна та визрівання сиру.

Для того, щоб отримати повнішу інформацію про перебіг ферментативних процесів проведено повний факторний експеримент, що враховує взаємний вплив температури другого нагрівання сирного зерна в інтервалі від 37 °C до 43 °C, кількості доданої до сироватки води – від 5 % до 15% та ступеню соління сиру в інтервалі від 0,8 % до 2,4 % на кінцеві показники продукту. Вибір даних факторів пояснюється їх найбільшим впливом на процес молочнокислого бродіння і, відповідно, на формування якості сиру.

Результати експерименту дозволили визначити вплив вищеназваних факторів на зміни фізико-хімічних і біохімічних показників сиру в процесі визрівання та на якість готового продукту.

У результаті математичної обробки результатів експерименту одержано рівняння регресії, які виражають залежність вмісту вологи в сирі (Y_1), активної кислотності (Y_2) та вмісту загального розчинного азоту (Y_3) від температури другого нагрівання (x_1), кількості доданої води (x_2) та концентрації солі у продукті (x_3):

$$Y_1 = 348,4 - 13,96x_1 - 2,16x_2 - 14,68x_3 + 0,16x_1^2 + 0,053x_1x_2 + 0,33x_1x_3 + 0,97x_2x_3 - 0,024x_1x_2x_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 8,99 - 0,18x_1 + 0,07x_2 + 0,83x_3 + 0,002x_1^2 - 0,017x_3^2 - 0,002x_1x_2 - 0,018x_1x_3 - 0,051x_2x_3 + 0,00156x_1x_2x_3 \quad (2)$$

$$Y_3 = -51,29 + 3,13x_1 - 2,49x_3 - 0,034x_1^2 + 0,257x_2x_3 - 0,00583x_1x_2x_3 \quad (3)$$

На основі аналізу одержаних рівнянь встановлено, що температура другого нагрівання сирного зерна та концентрація солі в сирі істотніше впливає на показники якості сиру, тоді як кількість доданої води не чинила на них суттєвого впливу. Також, слід зауважити, що вплив даних факторів тісно взаємопов'язаний, а раціональними режимами виробництва сиру з високими показниками якості є: температура другого нагрівання сирного зерна – 43 °С; внесення води на рівні 5-10 % від кількості молока, що переробляється; концентрація солі кухонної в дозрілому сирі 1,6-2,4 %. Обрані режими дозволили отримати сир з високими органолептичними показниками.

Передбачається, що при використанні бактеріальних культур з різними температурними оптимумами розвитку доцільно проводити друге нагрівання у дві стадії. Встановлено, що проведення другого нагрівання у дві стадії (за температури 36-38 °С на першій стадії і підвищення до 43-45 °С на другій стадії за 10-15 хв. до кінця обробки сирного зерна) активізувало молочнокисле бродіння та покращувало якість сиру.

Під час обробки сирного зерна у варіанті зі стадійним другим нагріванням спостерігали швидше зростання титровної кислотності, ніж у варіанті, де температура другого нагрівання становила 43-45 °С. На першій стадії обробки сирного зерна нижча температура другого нагрівання 36-38 °С сприяла доволі інтенсивному кислотоутворенню, що й обумовило ріст титровної кислотності сироватки після підвищення температури до 43-45 °С.

Інтенсивніше молочнокисле бродіння та збільшення температурного впливу на зерно у сирах зі стадійним другим нагріванням призвело до посилення синерезису сироватки та, відповідно, до зменшення масової частки вологи у кінці визрівання. Активна кислотність у цих сирах після пресування та під час визрівання була вищою (табл. 3).

Таблиця 3

Основні показники сирів за різних температурних режимів другого нагрівання

Показник	Температурний режим другого нагрівання, °С	
	43	36/43
Активна кислотність, од. рН		
після пресування;	5,44	5,35
дозрілого	5,36	5,25
Масова частка вологи, %		
після пресування;	45,05	45,73
дозрілого	43,46	42,34

Варіанти сирів, вироблених із використанням стадійного другого нагрівання, характеризувалися кращими органолептичними показниками.

Задля інтенсифікації ферментативних процесів було досліджено вплив різних температурних режимів визрівання на показники якості сирів. Встановлено, що визрівання сирів упродовж перших 10-12 діб за температури 10-12 °С з наступним підвищенням до 18-20 °С є найбільш сприятливим режимом для формування кращих органолептичних показників, ніж визрівання за температури 10-12 °С протягом усього періоду.

Підвищення температури визрівання активізувало розвиток молочнокислої мікрофлори, зокрема лактобацил, чисельність яких у сирах зі стадійним режимом визрівання була більшою на 47%, ніж у сирах, які визрівали за температури 10 °С. На розвиток сторонньої мікрофлори в сирах підвищення температури визрівання суттєво не вплинуло – їх вміст був незначним (рис. 3).

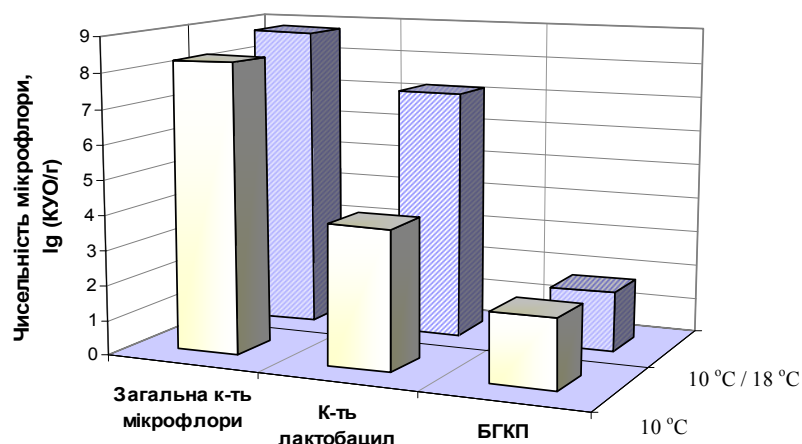


Рис. 3. Мікробіологічні показники сирів за різних температур визрівання

Прискорення визрівання сирів варіанту II підтверджують й результати біохімічних досліджень (табл. 4).

Таблиця 4

Біохімічні показники сирів за різних температур визрівання

Показник	Температурний режим визрівання, °С	
	10	10/18
Загальний розчинний азот, % від загального	19,15±0,04	18,27±0,05
Розчинний небілковий азот, % від загального	7,79±0,04	8,36±0,04
Вільні амінокислоти, мг/100 г сиру	1739±80	2007±100
Леткі органічні кислоти, млекв/100 г сиру	370±10	450±10
Діацетил, мг/100 г сиру	1,62±0,02	2,09±0,02

Зокрема, вміст загального розчинного азоту в цих сирах був нижчим, що пояснюється прискоренням подальшого перетворення їх до небілкових речовин, а вміст вільних амінокислот – вищим.

Визрівання сирів за температури 10-12 °С гальмувало нагромадження летких органічних кислот та діацетилу, що формують смако-ароматичний фон сирів. Як

наслідок, органолептичні показники таких сирів були гіршими, смак і запах був задовільний, слабо виражений, консистенція твердіша.

У четвертому розділі «Дослідження показників якості сиру, виробленого з використанням мезофільних і термофільних лактобактерій» наведено результати дослідження основних фізико-хімічних, мікробіологічних, біохімічних та органолептичних показників сиру «Зоряний».

Для повнішої характеристики нового виду сиру його основні показники було порівняно з показниками сиру «Буковинський», що відноситься до сирів з низькою температурою другого нагрівання. Дослідні та контрольні сири виробляли за аналогічних умов із використанням нормалізованого пастеризованого молока.

Перебіг молочнокислого бродіння характеризували за швидкістю зброджування лактози та зміною рівня активної кислотності (рис. 4). Активна утилізація лактози у досліджуваних сирах починалася з моменту оброблення сирного зерна і тривала до початку визрівання, однак, слід відмітити, різну її інтенсивність. Так, уже на кінець обробки сирного зерна вміст лактози у сирі «Зоряний» був нижчим на 31 %, ніж у сирі «Буковинський», а після пресування вона була майже повністю зброджена, натомість як в сирі «Буковинський» лактоза повністю зброджувалась лише на перший день визрівання.

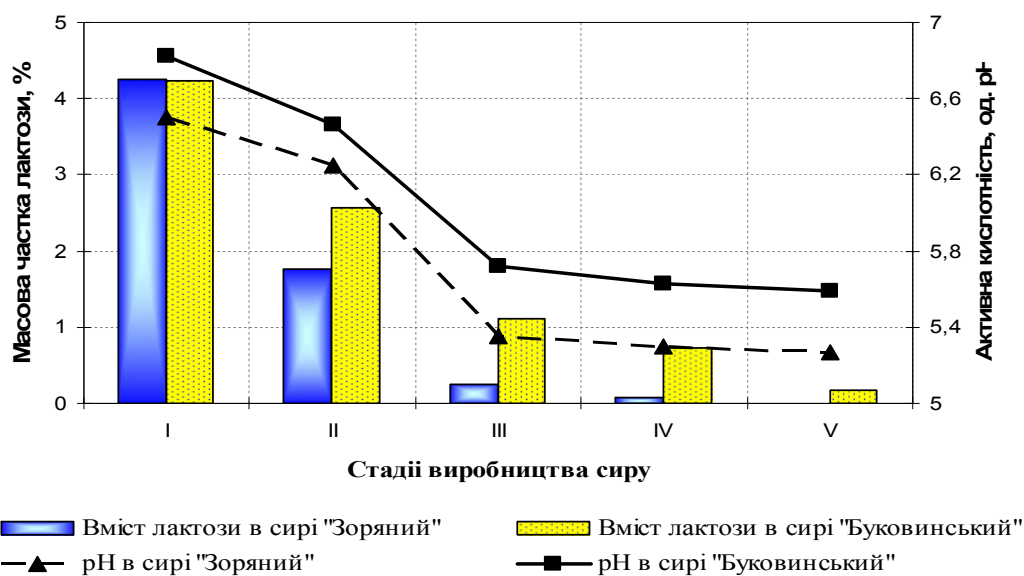


Рис. 4. Зміна масової частки лактози та рівня активної кислотності в сирах на різних стадіях їх виробництва:

I – розрізання сирного згустку; II – кінець обробки сирного зерна; III – після пресування сирної маси; IV – сир після соління; V – сир після обсушування

Завдяки інтенсивному молочнокислому бродінню розвиток бактерій групи кишкової палички був пригнічений на початку виробництва сиру «Зоряний» і після пресування вони були відсутні. На основі узагальнення даних про чисельність БГКП у досліджуваних сирах та їх математичного опрацювання отримано гістограми розподілу кількості зразків сиру «Зоряний» та «Буковинський» за бродильним титром (рис. 5). Бактерії групи кишкових паличок були присутні в 0,01 г продукту лише у 8 % досліджуваних зразках сиру «Зоряний», тоді як у 17 % зразках сиру

«Буковинський» ці мікроорганізми були ідентифіковані в 0,1 г продукту. За ДСТУ 6003:2008 «Сири тверді. Загальні технічні умови» бактерії групи кишкових паличок повинні бути відсутні в 0,01 г сиру.

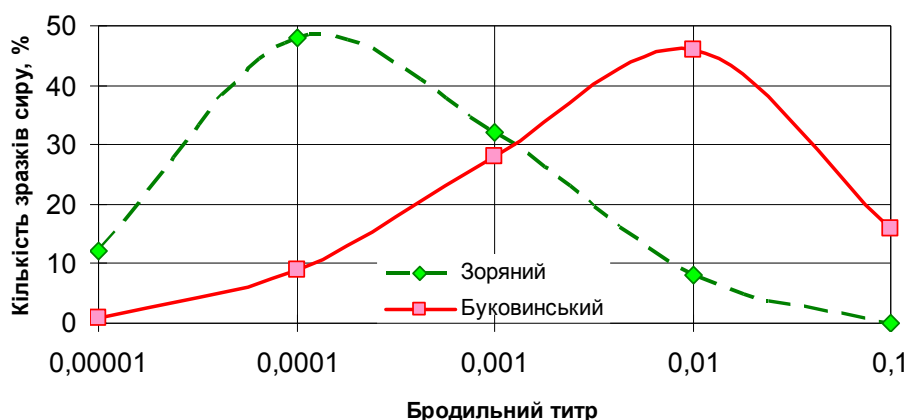


Рис. 5. Зміна якості сиру за бродильним титром

Дослідження білкових фракцій сиру «Зоряний» та «Буковинський» виявило значну різницю в їх складі як після пресування, так і в кінці визрівання (табл. 5).

Таблиця 5

Вміст білкових фракцій сиру впродовж визрівання

Зразок сиру	Фракційний склад білків, %					
	Пептиди 120-70 кДа	α -казеїн	в-казеїн	Пептиди 28-26 кДа	Пептиди 20-18 кДа	Пептиди 16-12 кДа
«Буковинський»						
Після пресування	4,56	41,48	38,93	7,45	7,58	0
Зрілий сир	6,49	27,79	34,99	11,71	15,25	3,77
«Зоряний»						
Після пресування	4,59	39,85	39,73	6,90	7,44	1,49
Зрілий сир	11,11	22,85	32,88	11,98	15,62	5,56

Аналізуючи фракційний склад білків, встановлено, що у зрілому сирі «Зоряний» ступінь розщеплення б-казеїну становив 42,7 %, а в-казеїну – 17,2 %, тоді як у сирі «Буковинський» тільки 33,0 % і 14,6 % відповідно. (табл. 4). У процесі гідролітичного розщеплення білків впродовж визрівання сиру активно накопичувалися мінорні фракції казеїну. Поліпептиди з молекулярною масою 120-70 кДа, 28-26 кДа і 20-18 кДа в сирі «Зоряний» впродовж визрівання збільшилися у 2,4; 1,7 та 2,1 рази відповідно. Натомість у сирі «Буковинський» вміст цих фракцій впродовж визрівання збільшився у 1,4; 1,6 та 2,0 рази відповідно.

Пептиди з молекулярною масою 16-12 кДа були відсутні в сирі «Буковинський» після пресування, однак, на кінець визрівання їх вміст становив 3,8 %. У сирі «Зоряний» за той самий період дана фракція збільшилась у 3,7 рази.

Результати фракціонування казеїну свідчать про інтенсивний протеоліз сиру «Зоряний».

Кількість загального розчинного азоту в сирі «Зоряний» після пресування була дещо вищою ніж у сирі «Буковинський», однак у подальшому визріванні ця різниця збільшувалась і на кінець визрівання становила 12,8%. Протеолітичну активність заквашувальної мікрофлори підтверджує і вміст розчинного небілкового азоту. Так накопичення останнього в сирі «Зоряний» за період визрівання склало 63,4%, тоді як у сирі «Буковинський» лише 55,3%.

Загальний вміст вільних амінокислот у сирі «Зоряний» був на 63% вищим порівняно з сиром «Буковинський», що, очевидно, було наслідком високої протеолітичної активності термофільних лактобацил, які залучено до складу закваски сиру «Зоряний». Слід відмітити й ширший спектр накопичених амінокислот.

Виразність смаку сиру є результатом тісної взаємодії не лише продуктів протеолізу, а й продуктів ліполізу. Накопичення вільних жирних кислот упродовж визрівання сиру тісно корелювало з підвищенням виразності та гостроти сирного смаку. Серед летких жирних кислот у сирах виявлено лише оцтову та масляну, при чому вміст останньої в сирі «Зоряний» був незначним – $(2,03 \pm 0,15)$ мг/100г сиру, тоді як у сирі «Буковинський» – $(4,87 \pm 0,50)$ мкг/100 г сиру. Вміст оцтової кислоти складав $(25,50 \pm 1,5)$ мкг/100 г та $(37,12 \pm 1,5)$ мкг/100 г сирів відповідно. Вміст летких органічних кислот у сирах «Зоряний» та «Буковинський» становив 420 мкекв та 350 мкекв у 100 г сиру відповідно.

Вищенаведені результати досліджень підтверджує органолептична оцінка вироблених сирів. Виражений сирний смак та запах, з легким пряним присмаком був відмічений у сирі «Зоряний». Сири мали хорошу консистенцію і рисунок характерний для сирів, які формуються з пласта.

Ефективність режимів зберігання сиру визначається тим, наскільки активно вони призупиняють фізико-хімічні та біохімічні процеси, кінетика яких залежить від температури зберігання та виду сиру. Було досліджено ефективність зберігання сиру «Зоряний» за різних температурних режимів – від мінус 4°C до 0°C та від 0°C до 6°C протягом 90 діб.

Встановлено, що фізико-хімічні показники сиру, досліджені через 45 та 90 діб зберігання, істотно не змінилися за обраних температурних режимів. З підвищенням температури зберігання дещо знижувалась активна кислотність, що, очевидно, пов'язано з накопиченням лужних продуктів протеолізу. Вміст вологи та жиру в сирі практично не змінювався.

Температурні режими зберігання сиру відобразилися на продуктах біохімічних процесів (табл. 6). Найбільш суттєво підвищення температури зберігання вплинуло на накопичення розчинного азоту, а також на збільшення вмісту вільних амінокислот й летких органічних кислот. Це, в кінцевому результаті, сприяло збагаченню «смакового букету» сиру.

Протеолітичний процес, що продовжується під час зберігання сиру вплинув на зміну просторової структури параказеїнового комплексу в результаті чого знизилась твердість і підвищилась пластичність сиру. Це підтверджує аналіз абсолютних величин пружно-еластичних показників сиру.

Таблиця 6

Вплив температури зберігання на біохімічні показники сиру «Зоряний»

Показник	Температурний режим	Дозрілий сир	Сир в процесі зберігання	
			45 діб	90 діб
Вміст розчинного азоту, % від загального	-4°C	18,12	18,16	18,23
	0°C	18,12	18,85	19,03
	6°C	18,12	19,10	19,47
Вміст вільних амінокислот, мг/ 100 г сиру	-4°C	1599	1785	1891
	0°C	1599	1936	2033
	6°C	1599	2239	2519
Вміст летких органічних кислот, мкекв/100 г сиру	-4°C	420	430	430
	0°C	420	440	450
	6°C	420	460	480

Зі збільшенням температури зберігання зменшувався опір сиру дії деформуючих навантажень (напруження зрізу). При чому в сирі, який зберігався за температури -3 °C, ця зміна склала 10,1 %, а в сирі, який зберігався за температури 6 °C – 36,3 %.

Процеси перетворення основних складових сиру, що продовжуються під час зберігання відобразилися на органолептичних показниках. Після 45 діб зберігання смак та запах усіх зразків був виражений сирний, чистий. Зразки, що зберігалися за температури 6 °C, мали найбільш виражений смако-ароматичний букет, однак, подальше зберігання за вказаної температури істотно знижувало оцінку за даним показником, в результаті появи смакових відтінків, які характеризують перезрілість сиру.

Зберігання сирів у меншій мірі впливало на зміну їх консистенції. Проте слід зауважити, що з часом консистенція стає більш м'якою.

Отже, визначено, що сир «Зоряний» раціонально зберігати за температури від -4 °C до 0 °C не більше 90 діб та від 0 °C до 6 °C не більше 45 діб.

За результатами досліджень та промислової апробації розроблено нормативну документацію для промислового виробництва твердого сиру «Зоряний» (ТУ У 15.5-00419880-084:2006 «Сир твердий «Зоряний»), який має виражений сирний смак, злегка кислуватий, без сторонніх присмаків і запахів, дозволено наявність пряного присмаку.

Розроблену технологію сиру «Зоряний» апробовано та впроваджено на ТОВ «Миргородський сиркомбінат» (м. Миргород, Полтавської обл.) та ВАТ «Рожищенський сир завод» (м. Рожище, Волинської обл.). Вироблено 10100 кг сиру «Зоряний».

ВИСНОВКИ

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано технологічні рішення щодо розроблення інтенсивної технології сиру, який одержав назву «Зоряний», з терміном визрівання 25-30 діб, на основі використання комбінації заквасок мезофільної молочнокислої мікрофлори та термофільних лактобацил видів *L. helveticus* та *L. acidophilus*.

1. Досліджено вплив спільного розвитку мезофільних і термофільних лактобактерій на процес визрівання та якість сиру. Встановлено, що додавання термофільних молочнокислих паличок, до основної мезофільної закваски, активізує молочнокисле бродіння під час вироблення сиру і протеоліз під час визрівання. При цьому вміст загального азоту збільшується на 3,5 %, розчинного небілкового – на 10 %, а амінного азоту – на 34 %.

2. Визначено дози внесення бактеріальних заквасок, які застосовуються при виробництві сиру «Зоряний» та їх оптимальне співвідношення. Показано, що використання основної мезофільної закваски для сирів з низькою температурою другого нагрівання і заквасок на основі термофільних молочнокислих паличок видів *L. helveticus* та *L. acidophilus* у співвідношенні 5:1:1 дозволяє одержати сир з високими показниками якості.

3. Одержано залежності масової частки вологи, рівня активної кислотності та глибини протеолізу від температури другого нагрівання сирного зерна, кількості доданої води для розкислення сироватки та концентрації солі в сирі. Науково обґрунтовано оптимальні параметри виробництва сиру, які забезпечують високу якість готового продукту: температура другого нагрівання сирного серна 43 °С, кількість води для розкислення сироватки – 10 % від кількості молока, що переробляється; концентрації солі кухонної в сирі – від 1,6 % до 2,4 %.

4. Підтверджено доцільність проведення другого нагрівання сирного зерна у дві стадії. На I стадії нагрівання проводять за температури 36-38 °С протягом 20-30 хв., а на II стадії – за температури 43-45 °С протягом 15-20 хв. Такий режим сприяє покращенню синергетичних властивостей сирного зерна та інтенсифікації ферментативних процесів.

5. Встановлено стадійний температурний режим визрівання сиру, за якого сир перші 10-12 діб витримують за температури 10-12 °С і відносній вологості 85-90 %, а далі, до кінця визрівання – за температури 18-20 °С і відносної вологості 90-95 %.

6. За результатами аналізу мікрофлори доведено, що обрані параметри технології сиру «Зоряний» створюють сприятливі умови для розвитку заквашувальних лактобактерій, що забезпечує необхідний перебіг молочнокислого бродіння, пригнічення сторонньої мікрофлори, у тому числі санітарно-показової, та дозволяє отримати готовий продукт із високими показниками якості та безпеки.

7. Визначено на підставі фізико-хімічних, реологічних та біохімічних досліджень, що якість сиру «Зоряний» та його придатність до споживання гарантовані протягом 90 діб за температури зберігання мінус 4-0 °С та протягом 45 діб за температури зберігання 0-6 °С. Зберігання сиру за вказаних умов не спричиняє зміну показників якості продукту.

8. Розроблено та затверджено нормативну документацію на виробництво «Сиру твердого Зоряний» ТУ У 15.5-00419880-084:2006. Новизну розробленої технології підтверджено патентом України №82082 «Спосіб виробництва твердого сиру». Технологію сиру «Зоряний» апробовано та впроваджено на ТОВ «Миргородський сиркомбінат» Полтавської обл. та ВАТ «Рожищенський сирзавод» Волинської обл. Економічний ефект від реалізації 1 т сиру «Зоряний» становить 217 грн./т за рахунок скорочення тривалості визрівання та покращення якості сиру.

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бондарчук З.В. Шляхи прискорення дозрівання твердих сичужних сирів / З.В. Бондарчук, Ф.А. Федін, Ю.Т. Орлюк // Вісник СНАУ. – 2005. – №9-10 (9-10). – С. 190-193.
Особистий внесок здобувача полягає в аналізі літературних даних, проведенні експериментальних досліджень з встановлення перспективних шляхів прискорення визрівання сирів, визначення принципової можливості виробництва сиру за обраними шляхами та підготовці матеріалів до друку.
2. Бондарчук З.В. Вплив факторів видоутворення на швидкість дозрівання сирів / З.В. Бондарчук // Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького. – 2006. – Том 8, №2 (29). – С. 8-11.
3. Бондарчук З.В. Влияние посолки на качество сычужных сыров / З.В. Бондарчук, Ф.А. Федін, Ю.Т. Орлюк // Вісник СНАУ. – 2006. – №10(11). – С. 121-122.
Особистий внесок здобувача полягає в проведенні літературного огляду, виконанні експериментальних досліджень з встановлення впливу соління на якість твердого сиру та підготовці матеріалів до друку.
4. Бондарчук З.В. Застосування лактобацил як додаткової закваски для виробництва сирів з низькою температурою другого нагрівання / З.В. Бондарчук // Вісник аграрної науки. – 2008. - №9. – С. 70-72.
5. Бондарчук З.В. Вплив технологічних факторів на процес визрівання та якість сиру / З.В. Бондарчук // Вісник СНАУ. – 2009. – №1(20). – С. 57-60.
6. Пат. 82082 України, МПК С12N 1/20, А23С 19/032. Спосіб виробництва твердого сиру / Бондарчук З.В., Орлюк Ю.Т., Федін Ф.А., Орлюк І.Ю.; заявник і власник Технологічний ін-т молока та м'яса УААН. – № 03480; заявл. 17.08.2005; опубл. 11.03.08, Бюл. №1.
Особистий внесок здобувача полягає в проведенні літературного та патентного пошуку, узагальненні та систематизації одержаних експериментальних даних, оформленні заявки на винахід
7. Бондарчук З.В. Виробництво сиру на основі застосування комбінованих бактеріальних заквасок / З.В. Бондарчук // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 74-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 21-22 квітня 2008р.: тези допов. – Київ, 2008. – С.210.
8. Бондарчук З.В. Особенности технологии сыра «Зоряний» / З.В. Бондарчук // Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров:

расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования: междунар. науч.-практич. конф., 16-20 июня 2008 г.: тезисы докл. – Ставрополь, 2008. – С. 44-45.

9. Бондарчук З.В. Влияние режима созревания на формирование показателей качества твердого сыра / З.В. Бондарчук // Молодежь и аграрная наука XXI века: проблемы и перспективы: междунар. науч.-практич. конф., 13-14 мая 2009 г. – Курск, 2009. – С. 105.

АНОТАЦІЯ

Бондарчук З.В. Розробка технології твердого сиру з застосуванням заквасок мезофільних і термофільних лактобактерій. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія продуктів харчування. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти та науки України, Київ, 2010.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню та розробці технологічних режимів виробництва твердого сиру з застосуванням заквасок мезофільних і термофільних лактобактерій.

Проведено дослідження щодо використання термофільних лактобацил як додаткової закваски для виробництва твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання. Встановлено, що молочнокислі палички видів *Lactobacillus helveticus* і *Lactobacillus acidophilus* інтенсифікують перебіг молочнокислого бродіння під час вироблення та протеолізу упродовж визрівання сиру, що сприяє формуванню високим показникам якості. Визначено дози внесення бактеріальних заквасок. Обґрунтовано режими технологічних параметрів виробництва сиру з використанням комбінованої бактеріальної закваски. Встановлено зміну масової частки вологи, активної кислотності та вмісту розчинного азоту залежно від впливу температурного режиму другого нагрівання, кількості доданої води та концентрації солі в сирі. Доведено, що ефективним є проведення другого нагрівання у дві стадії (I – 36-38 °C; II – 43-45 °C). Встановлено режими визрівання сиру: перші 10-12 діб за температури 10-12 °C, потім до кінця визрівання – 18-20 °C. Досліджено основні органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні показники нового виду сиру упродовж. Визначено здатність до зберігання сирів.

Ключові слова: технологія, сир твердий, термін визрівання, сирна маса, бактеріальні закваски.

АННОТАЦИЯ

Бондарчук З.В. Разработка технологии твердого сыра с использованием заквасок мезофильных и термофильных лактобактерий. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.16 – технология продуктов питания. – Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Киев, 2010.

Диссертационная работа посвящена научному обоснованию и разработке технологических режимов производства твердого сыра с использованием заквасок мезофильных и термофильных лактобактерий.

Проведены исследования возможности использования термофильных лактобацилл как дополнительной закваски при производстве твердых сыров с низкой температурой второго нагревания. Установлено, что молочнокислые палочки вида *Lactobacillus helveticus* и *Lactobacillus acidophilus* интенсифицируют протекание молочнокислого брожения при выработке и протеолиз во время созревания сыра, что способствует формированию высоких показателей качества. Определены дозы внесения бактериальных заквасок.

Использование термофильных молочнокислых палочек предусматривает повышение температуры второго нагревания до 43-45 °С с целью создания оптимальных условий для их развития. Однако для жизнедеятельности мезофильных видов микрофлоры закваски необходимы более низкие температуры. В связи с этим доказана целесообразность проведения второго нагревания в две стадии. На первой стадии температуру устанавливают на уровне 36-38 °С, что создает благоприятные условия для развития мезофильных лактобактерий закваски, а на второй стадии повышают до 43-45 °С, что способствует достижению необходимой степени обсушивания сырного зерна и создает оптимальные условия для жизнедеятельности термофильных лактобацилл.

Установлены оптимальные технологические параметры температуры второго нагревания сырного зерна, количества добавленной воды для раскисления сыворотки, концентрации соли в сыре и исследовано их влияние на динамику изменения массовой доли влаги, уровня активной кислотности и глубины протеолиза в сыре. В результате обработки данных эксперимента получена математическую модель в виде уравнений регрессии. Наилучшие результирующие параметры были получены при температуре второго нагревания 43 °С, внесении воды на уровне 10 % от количества перерабатываемого молока, концентрации поваренной соли в зрелом сыре от 1,6 % до 2,4 %.

Созревание сыров, в первые 10-12 суток при температуре 10-12 °С, с последующим повышением температуры созревания до 18-20 °С, сопровождалось активизацией биохимических процессов, что способствовало ускорению автолиза бактериальных клеток и более высокой степени созревания этих сыров, а также дальнейшее превращение азотистых веществ и более активному накоплению веществ формирующих их вкусо-ароматический фон. В результате сыры имели высокие показатели качества и безопасности в срок не более 30 суток созревания.

Исследованы основные органолептические, физико-химические, биохимические и микробиологические показатели нового вида сыра во время выработки и созревания. Изучена хранимоспособность сыров.

Разработана и утверждена нормативная документация на промышленное производство сыра «Зоряний» ТУ У 15.5-00419880-084:2006. Техническая новизна разработанной технологии подтверждено патентом Украины №82082 «Спосіб виробництва твердого сиру».

Разработанная интенсивная технология производства твердого сыра «Зоряний» апробирована и внедрена на сыродельных предприятиях Украины ООО «Миргородский сыркомбинат» Полтавской обл. и ОАО «Рожищенский сырзавод» Волынской обл.

Ключевые слова: технология, сыр твердый, срок созревания, сырная масса, бактериальные закваски.

THE SUMMARY

Bondarchuk Z. Development the technology of hard cheese by using starters of mesophilic and thermophilic lactobacteria.- Manuscript.

The thesis is subjected for the granting of a scientific degree of the p.h.d. in engineering science on a specialty 05.18.6 - technology of food products. – Nationality University of Food Technologies, Kiev, 2009.

The thesis is devoted to the scientific substantiation and development of technological processes for the production of hard cheese by using starters of mesophilic and thermophilic lactobacteria.

Research was carried out into the use of thermophilic lactic bacteria as a supplementary culture in the production of hard cheeses requiring low temperatures during the second heating. It was established that lactic bacteria of the strains *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus acidophilus* intensified the milk fermentation process during the cheese production and maturation stages and promoted the formation of high quality indices. The necessary dose level of the bacterial culture was determined. The necessary technological parameters in the production of cheese made with a composite bacterial ferment were substantiated. The dynamics of change in the mass component of the moisture were established, as well as the level of activity of the acidity and the proteolysis dependent on temperature during the second heating, together with the amount of added water and salt concentration in the cheese. It was proven that it was more effective to carry out the second heating in two stages (1st stage: 36-38 °C; 2nd stage: 43-45 °C). The ideal temperature conditions for cheese maturation were established: the first 10-12 days at a temperature of 10-12 °C, and at 18-20 °C until the end of the maturation period. The principal organoleptic, physical-chemical, biochemical and microbiological indices of the new cheese type were studied during the production and maturation stages. Investigations were also undertaken as to the keeping properties of short-time maturation cheeses.

Key words: technology, cheese hard, ripening, cheese mass, starters.