

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Аналіз стану вітчизняного ринку сичужних сирів голландської групи показав тенденцію до підвищення рівня споживання даного продукту, обмежений сучасний асортимент та незадовільну якість сирів. Отож, сироробна галузь потребує розширення гами продукції та новітніх технологій як у виробництві сирів, так і заквасок для їхнього виготовлення.

Застосування заквашувальних культур має вирішальне значення для одержання високоякісного продукту, оскільки ефективність виробництва сиру визначається рівнем біологічної активності мікрофлори заквасок. Попередження псування сирів внаслідок вад бактеріального та технологічного походження можливо уникнути завдяки використанню бактеріальних препаратів, що містять спеціально підібрані штами молочнокислих мікроорганізмів з високою активністю, фагостійкістю та антагоністичною дією до технічно шкідливої мікрофлори. Прогресивним напрямком у сироробній галузі є застосування бактеріальних препаратів прямого внесення, що має ряд переваг порівняно з традиційними заквасками та бактеріальними концентратами з попередньою активізацією. Використання культур нового типу спрощує технологічний процес, а саме, ліквідує необхідність приготування виробничих заквасок на підприємствах та знижує ймовірність вторинної контамінації. Доцільність застосування заквашувальних препаратів прямого внесення у сироробстві також обумовлена можливістю точнішого контролю за утворенням сичужного згустку, рівня рН, формування рівномірного рисунка та вмісту вологи у сирі, економічною ефективністю.

Таким чином, необхідність проведення даної розробки обумовлена виробничими потребами сироробної галузі, поліпшенням якості та розширенням асортименту твердих сичужних сирів, підвищенням ефективності технологічного процесу його виробництва.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась у межах 2 науково-технічних програм УААН: на 1996-2000 рр. “Переробка молока і м'яса” (розділ 01 “Розробити теоретичні основи створення сучасних технологій та оптимізацій конструкцій обладнання для переробки м'ясної й молочної сировини”) та на 2001-2005 рр. “Переробка молока та м'яса” (розділ 01 “Розробити технології, що забезпечать збереження сировини і виробництво молочних продуктів високої біологічної цінності”, державний реєстраційний номер 0198U000534).

**Мета і завдання досліджень.** *Метою* роботи було розроблення технологічних режимів виробництва твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання із використанням спеціально створених бактеріальних препаратів прямого внесення.

Визначена мета роботи обумовила необхідність вирішення таких основних *задач*:

- дослідити фізіолого-біохімічні, мікробіологічні та технологічні властивості штамів мезофільних молочнокислих культур та створити ефективні заквашувальні композиції для виробництва сиру з низькою температурою другого нагрівання;
- визначити технологічні режими виробництва бактеріальних препаратів прямого внесення для твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання та дослідити їх властивості;
- встановити технологічні параметри виробництва твердих сичужних сирів з використанням нових бактеріальних препаратів;
- дослідити основні біохімічні, фізико-хімічні і мікробіологічні процеси протягом виробництва та зберігання сиру;
- розробити нормативну документацію на виробництво твердих сичужних сирів та здійснити апробацію технологій у промислових умовах.

**Об'єктами** досліджень були молоко, сирне зерно, сирна маса та тверді сичужні сири з низькою температурою другого нагрівання, культури мезофільних молочнокислих бактерій та їх заквашувальні комбінації, закваски, бактеріальні препарати прямого внесення.

**Предмети** досліджень – мікробіологічні, фізико-хімічні, біохімічні та органолептичні показники молока, сирного зерна, сирної маси та твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання, технологічні, мікробіологічні та біохімічні властивості заквашувальних штамів, заквасок і бактеріальних препаратів прямого внесення.

**Методами** досліджень основних показників якості сирів, властивостей штамів, бактеріальних препаратів були традиційні та сучасні методи досліджень. Визначення мікробіологічних характеристик проводили згідно з рекомендаціями Л.А.Баннікової, Є.І.Квасникова, протеолітичну активність заквашувальних культур – колориметричними методами (Лоурі, Бредфорда, Хулла та нінгідриновим); рівень утворення діацетила, летких органічних кислот, ефірів - після дистиляції з водяною парою. Кількість  $\text{Ca}^{2+}$  у молоці визначали за комплексонометричним методом, вуглеводний склад ферментованого молока, ростових середовищ та сирів - за методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі LC-5 ("Shumadzu"); вміст летких органічних кислот у продуктах – за методом газо-рідинної хроматографії на приладі "Pye Unicum" мод.104; кількість вільних амінокислот та амінокислотний склад білків продуктів – на аналізаторі LC-2000 (Біотронік); вміст білку та продуктів протеолізу – за методом К'ельдаля. Якісну та кількісну оцінку ступеня розщеплення білків сирної маси здійснювали методом денатуруючого електрофорезу у поліакриламідному гелі (метод Лемлі); визначення складу ліпідів продуктів - за методом тонкошарової хроматографії (метод Фолча).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше в Україні розроблено нові бактеріальні композиції із залученням штамів *Lactobacillus casei ssp. casei* та *Leuconostoc mesenteroides* для виробництва твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання. Обґрунтовано та експериментально підтверджено взаємозв'язок між складом заквашувальних композицій та технологічними режимами препаратів прямого внесення та твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання з їхнім застосуванням. Встановлено залежність якості вироблених сирів від способу теплової обробки молочної сировини. Вперше досліджено зміну вмісту речовин, що обумовлюють смако-ароматичну композицію продукту, розщеплення білкових та жирових сполук сирів, вироблених із використанням бакпрепаратів прямого внесення, під час перебігу технологічного процесу їхнього виробництва та зберігання.

**Практичне значення одержаних результатів.** Вилучено з природних джерел 6 промислово цінних штамів мікроорганізмів та створено на їхній основі нові заквашувальні композиції для твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання “Актив” та “Актив-ЛН”. Опрацьовано технологічні режими виробництва сирів з їхнім використанням. На основі запропонованих технологічних рішень розроблено два пакети нормативних документів – технічні умови ТУ У 15.5-00419880-028-2002 “Препарат бактеріальний “Актив” (сухий та рідкий)”, технологічну інструкцію; технічні умови ТУ У 15.5-00419880-038-2002 „Сир твердий сичужний „Русанівський”, технологічну інструкцію. Новизну технології заквашувальних культур, створених під час виконання роботи, та способу теплової обробки молочної сировини у виробництві твердих сичужних сирів захищено 2 патентами.

Технології бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” та “Актив-ЛН” за розробленими документаціями впроваджено на Державному дослідному підприємстві бактеріальних заквасок ТІММ. Перевірку заквашувальних препаратів у виробництві сирів голландської групи проведено на сироробних підприємствах України (ВАТ “Рожищенський сирзавод” Волинської області, КП “Пирятинський сирзавод” Полтавської області). Промислова апробація бактеріальних препаратів підтвердила придатність їх до використання у виробництві твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання як препаратів прямого внесення. Визначено економічний ефект від впровадження у виробництво нових заквашувальних культур, який склав 220 грн/т.

**Особистий внесок здобувача** полягає в теоретичному аналізі проблеми, визначенні напрямку досліджень, організації та виконанні експериментальних досліджень, обробці та узагальненні одержаних результатів, обґрунтуванні окремих етапів технологічного процесу виробництва бактеріальних препаратів та твердих

сичужних сирів голландської групи. За безпосередньою участю здобувача розроблено нормативні документації, підготовлено до публікації статті та оформлено патенти на винаходи. Окремі фрагменти роботи виконано у співавторстві зі співробітниками ТІММ УААН: к.б.н. Г.Ф.Насировою і к.т.н. Я.Ф.Жуковою (біохімічні властивості заквашувальних культур та продуктів), к.т.н. О.А.Савченком, к.т.н. Ю.Т.Орлюком, Л.М.Головань і В.В.Гужвою (технологічні параметри виробництва твердих сичужних сирів). Автор висловлює подяку всім, хто допомагав у виконанні цієї дисертаційної роботи.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 1-й Науковій конференції молодих вчених-аграріїв «Роль молодих вчених в реформуванні аграрного сектору економіки України» (Київ, НАУ, 2001), 7-й Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективні напрями впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, обладнання і нових видів продуктів оздоровчого та спеціального призначення” (Київ, УДУХТ, 2001), 2-й Всеукраїнській конференції молодих вчених-аграріїв “Досягнення і перспективи розвитку агробіотехнології в Україні” (Київ, НАУ, 2002), 67-й, 68-й, 69-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, УДУХТ, 2001-2003) та Міжнародній конференції „Харчування як фактор здоров’я населення” (Київ, Інститут гігієни та медичної екології, 2003).

**Публікації** результатів дисертаційної роботи включають п'ять статей у фахових наукових журналах, 2 патенти на винахід, матеріали чотирьох конференцій, навчальний посібник.

**Структура та обсяг роботи.** Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 144 сторінок і складається із вступу, огляду літератури, експериментальної частини, висновків, списку використаних джерел (173 найменування) та додатків. Робота містить 41 таблицю, 25 рисунків, 10 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проведення досліджень, що стали темою дисертаційної роботи, визначено її мету та основні задачі, показано наукову новизну та практичне застосування одержаних результатів, наведено відомості про особистий внесок автора, апробацію результатів дисертації, обсяг роботи.

У **першому розділі “Огляд літератури”** узагальнено дані сучасної наукової та патентної інформації з таких питань як: роль молочнокислих мікроорганізмів у виробництві твердих сичужних сирів; принципи підбору молочнокислих культур до бактеріальних композицій для сироробної галузі; аналіз основних фізико-хімічних та біохімічних процесів, що відбуваються протягом визрівання твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання; вплив технологічних факторів на

формування основних характеристик сирів та шляхи підвищення якості готового продукту.

**Другий розділ “Експериментальна частина”** відображує методологічні аспекти роботи – містить схему проведення досліджень, характеристику використаних мікробіологічних, технологічних, біохімічних та статистичних методів досліджень.

У **третьому розділі “Результати досліджень та їх обговорення”** наведено результати експериментальних досліджень фізіолого-біохімічних властивостей мезофільних культур молочнокислих бактерій, перспективних до залучення до заквашувальних комбінацій для сирів голландської групи. Основними критеріями відбору культур до складу заквашувальної комбінації були показники, що є важливими у виробництві сиру: помірна енергія кислотоутворення у молоці, активність  $\beta$ -галактозидази, синерезис утвореного згустку, ступінь протеолізу та специфічність дії протеолітичних ферментів бактерій на білки молока, нагромадження смакоутворюючих та ароматичних речовин і утворення вуглекислого газу, фагостійкість, солестійкість, антагоністичні властивості по відношенню до сторонньої мікрофлори.

На підставі отриманих результатів було відібрано 6 штамів лактобактерій та створено дві заквашувальні композиції „Актив” та „Актив-ЛН”. Обидві культури містять штами лактококів видів *L. lactis ssp. diacetylactis* B-7061 і B-7062, *L. lactis ssp. lactis* B-7063 та *L. lactis ssp. cremoris* B-7064. Крім того, до складу “Актив” було залучено штам молочнокислих паличок *L. casei ssp. casei* B-7017, який характеризувався високою здатністю до нагромадження вільних амінокислот та утворення значної кількості ароматичних речовин. До складу “Актив ЛН” введено штам виду *L. mesenteroides* B-7065, особливістю якого є підвищений рівень газоутворення, продукування летких органічних кислот та здатність до протеолізу  $\alpha$ <sub>S</sub>-казеїну з відщепленням високомолекулярних пептидів. Придатність створених заквашувальних комбінацій для виробництва твердих сичужних сирів було підтверджено під час апробації заквасок „Актив” (сир №1) та „Актив-ЛН” (сир №2). За контроль було використано закваску для сиру “Буковинський”, що є одним з найпопулярніших видів сирів голландської групи на ринку України.

Проведений аналіз твердих сичужних сирів (масова частка жиру (м.ч.ж.) у сухій речовині 45%, вміст солі 2%), вироблених із застосуванням вказаних заквасок у кількості 1,5% від маси молочної суміші, у віці 30 діб показав вищу якість нових продуктів (табл. 1).

Виявлено, що вміст речовин, які обумовлюють аромат сиру, а саме, діацетилу та летких органічних кислот, у дослідних продуктах був вищим, ніж у сирі “Буковинський”. Вільні амінокислоти вимірювалися у більшій кількості у дослідних сирах, ніж у контрольному варіанті, особливо, у сирі №1 (в 1,4 рази), при цьому

незамінних амінокислот у сирах №1 та № 2 утворювалося більше на 53,4% та 14,5% відповідно. За результатами органолептичної оцінки сири, дослідні продукти отримали вищі бали за смак та запах, консистенцію і колір порівняно із контролем.

Таблиця 1

## Характеристика вироблених сирів у віці 30 діб

| <i>Найменування</i>                         | <i>Буковинський</i> | <i>Сир №1</i> | <i>Сир №2</i> |
|---------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|
| Активна кислотність, од. рН                 | 5,40±0,05           | 5,30±0,05     | 5,35±0,05     |
| Вміст діацетилу, мг/ 100 г                  | 1,18±0,14           | 1,43±0,16     | 1,38±0,18     |
| Вміст летких органічних кислот, мкекв/100 г | 270,0±18,2          | 360,0±14,4    | 430,0±11,8    |
| Вміст вільних амінокислот, мг%              | 947±140             | 1337±69       | 1097±58       |

Під час розробки технології сухих бактеріальних концентратів прямого внесення приділялася увага питанням забезпечення високої урожайності мікроорганізмів у разі їх культивуванні у ростовому середовищі, збереження співвідношення між складовими композиції та біохімічної активності культур, одержання бакпрепаратів з високими показниками реактивації та розчинності.

Отримані бакпрепарати “Актив” і “Актив-ЛН” характеризувалися такими показниками, відповідно: загальна кількість молочнокислих мікроорганізмів -  $5,8 \cdot 10^{11}$  і  $4,6 \cdot 10^{11}$  КУО/г, в тому числі ароматоутворюючих -  $9,6 \cdot 10^{10}$  і  $4,3 \cdot 10^{10}$  КУО/г; активність (тривалість сквашування молока при внесенні 1 г/дм<sup>3</sup>) – 7,0 і 7,5 год; індекс розчинності – 0,6 см<sup>3</sup> сирого осаду.

Було визначено, що необхідна кількість бакпрепаратів „Актив” та „Актив-ЛН” становить 10г/т молочної суміші, а культури слід вносити у вигляді розчину одночасно з наповненням сироробної ванни та витримувати 30-40 хв за температури 30 °С до внесення молокозгортального ферменту.

Враховуючи низьку вихідної сировини, особливо рівень бактеріального забруднення, було проведено пошук додаткових заходів знешкодження сторонньої мікрофлори молока у сироробстві. Для встановлення впливу способів теплової обробки молочної сировини на якість сирів голландської групи за основними мікробіологічними та санітарно-гігієнічними показниками було проведено порівняння традиційного режиму пастеризації молочної суміші (72-74 °С з витримкою 20 с) зі способом подвійної теплової обробки сировини (охолодження після першої пастеризації до 12±1 °С, визрівання протягом 10-12 годин, повторну пастеризація аналогічно першій) – рис. 1.

Проведення одноразової теплової обробки сировини негативно вплинуло на мікробіологічні характеристики продуктів. Рівень сторонньої мікрофлори на обох досліджуваних стадіях технологічного процесу в цьому сирі був істотно вищим, ніж у продукті із подвійно пастеризованого молока. Особливо це стосується

спороутворюючих бактерій та, зокрема, маслянокислих, кількість яких у сирі другого варіанту скоротилася на порядок.

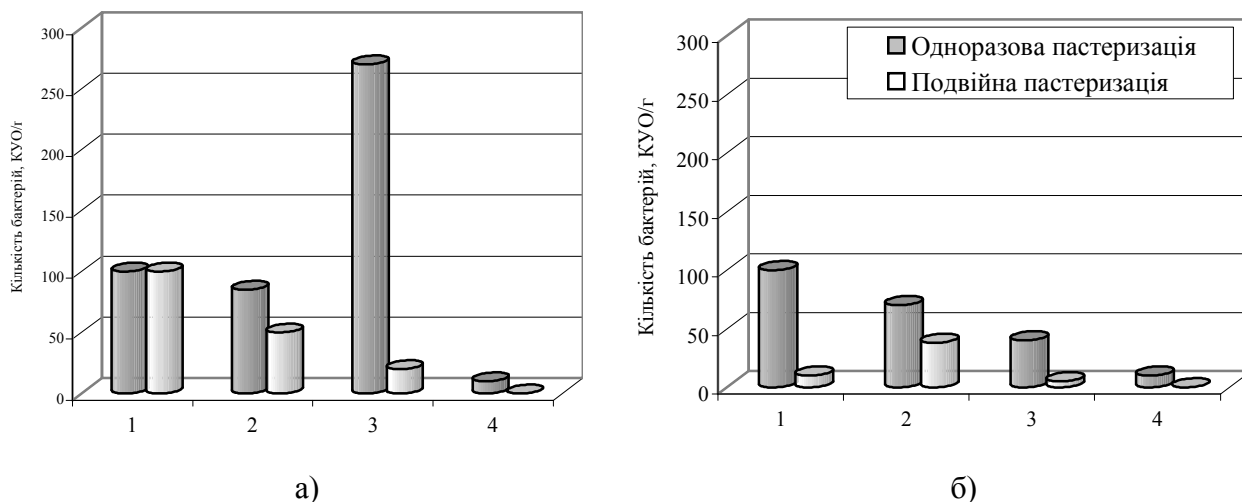


Рис. 1. Зміна сторонньої мікрофлори твердого сичужного сиру, виробленого на основі одноразово та повторно пастеризованого молока після пресування (а) та на 14 добу визрівання (б):

1 – бактерій групи кишкової палички; 2- дріжджів та плісняв;  
3 – спороутворюючих бактерій; 4 – маслянокислих бактерій

Також визначено вплив такої постадійної пастеризації на хімічні і технологічні властивості молока. При цьому спостерігали осадження іонів кальцію та зменшення вмісту розчинних білкових сполук порівняно з одноразово пастеризованим молоком в середньому на 2,3% і 4,0% відповідно. Однак технологією твердих сичужних сирів передбачено внесення у пастеризовану молочну суміш хлориду кальцію із розрахунку 4 мг/100см<sup>3</sup>, тому такий захід повністю ліквідує дефіцит іонів Ca<sup>2+</sup> при виробництві продуктів як з традиційно пастеризованого молока, так і того, що пройшло подвійну теплову обробку. Отож, запропонований спосіб підготовки молочної сировини у сироробстві є рекомендованим у випадку надходження на підприємство молока з високим вмістом спороутворюючих мікроорганізмів.

За результатами виробничих виробок твердих сичужних сирів було визначено технологічні параметри виробництва цільових продуктів. Встановлено, що при застосуванні бакпрепаратів „Актив” та „Актив-ЛН” у виробництві сирів з м.ч.ж. у сухій речовині 45% тривалість сичужного згортання молока становила 30 хв. (приріст титрованої кислотності сироватки - 2°Т). Тривалість вимішування сирного зерна перед другим нагріванням до температури 40±1 °С складала 20±5 хв., після другого нагрівання – 35±5 хв. При цьому масова частка сухих речовин сироватки після розрізання згустку становила 6,7-6,8%, вміст розчинних азотовмісних сполук – 229,0 та 251,5 мкг/см<sup>3</sup> при застосуванні „Актив” та „Актив-ЛН” відповідно.

Було вивчено вплив різних температур визрівання на показники якості твердих сичужних сирів, вироблених на попередньому етапі з застосуванням нових бакпрепаратів (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-хімічні та біохімічні показники сирів віком 30 діб  
за різних режимів визрівання

| Сир                             | Активна<br>кислотність,<br>од. рН | Масова<br>частка<br>вологи, % | Вміст             |                                       |                                |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
|                                 |                                   |                               | діацетилу,<br>мг% | летких орг.<br>кислот,<br>мкекв/100 г | вільних<br>амінокислот,<br>мг% |
| Сир з „Актив” за температур:    |                                   |                               |                   |                                       |                                |
| 8-9 °С                          | 5,34±0,03                         | 45,6±0,2                      | 1,18±0,08         | 210±5                                 | 936±108                        |
| 12-13 °С                        | 5,30±0,03                         | 45,3±0,1                      | 1,36±0,10         | 425±6                                 | 1498±165                       |
| 17-18 °С                        | 5,15±0,04                         | 44,7±0,1                      | 1,28±0,07         | 540±8                                 | 1722±188                       |
| Сир з „Актив-ЛН” за температур: |                                   |                               |                   |                                       |                                |
| 8-9 °С                          | 5,36±0,02                         | 46,0±0,2                      | 1,12±0,06         | 290±10                                | 833±88                         |
| 12-13 °С                        | 5,33±0,03                         | 45,5±0,1                      | 1,40±0,12         | 495±6                                 | 1122±128                       |
| 17-18 °С                        | 5,20±0,03                         | 44,6±0,2                      | 1,26±0,08         | 585±5                                 | 1502±176                       |

Загальною тенденцією для обох видів сирів, було зниження рівня активної кислотності, усихання сиру та підвищення продукування речовин, що обумовлюють смако-ароматичну композицію сирів, за високих температур.

Аналіз динаміки молочнокислої мікрофлори при визріванні сирів за різних температурних режимів також підтвердив доцільність режиму визрівання за 12-13 °С при відносній вологості повітря 75-86% протягом 30 діб, оскільки за низьких температур визрівання (8-9°С) було відмічено повільний розвиток лактобактерій, особливо, ароматоутворюючих. Визрівання за підвищеної температури стало причиною надмірного розвитку сторонньої мікрофлори у сполученні з нагромадженням великої кількості органічних кислот (ймовірно, продуктів ліполізу), що обумовлювало незадовільну якість продуктів, хоча й інтенсифікувало протеоліз.

На підставі проведених мікробіологічного аналізу сирів було визначено режим визрівання продуктів: за температури 4-6 °С та відносній вологості повітря 86% протягом 60 діб.

В результаті здійснених досліджень було розроблено пакет нормативної документації для промислового виробництва твердого сичужного сиру з низькою температурою другого нагрівання „Русанівський”, що передбачає застосування бактеріальних препаратів прямого внесення (ТУ У 15.5-00419880-038-2002 “Сир твердий сичужний “Русанівський”).

Було досліджено основні закономірності зміни мікробіологічних, біохімічних і фізико-хімічних показників під час визрівання та зберігання твердих сичужних сирів

з низькою температурою другого нагрівання Русанівський №1 та Русанівський №2, вироблених з використанням бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” та “Актив-ЛН” відповідно. Аналізуючи рівень зброджування вуглеводів протягом початкових стадій технологічного процесу виробництва сирів встановлено, що на 5-ту добу визрівання сирних мас молочний цукор був майже повністю утилізованим (залишковий вміст –  $0,33 \pm 0,43$  г/100 г сиру).

Аналіз нагромадження азотовмісних речовин у сирній масі показав, що різниця у здатності до розщеплення білка у сирах Русанівський №1 та Русанівський №2 спостерігалася вже у свіжому сирі та збільшувалась з віком (табл. 3).

Таблиця 3

## Зміна азотовмісних сполук сирної маси

| Показник                                           | Сир | Стадії технологічного процесу |                   |                   |
|----------------------------------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                    |     | після пресування              | 14 діб визрівання | 30 діб визрівання |
| Вміст загального азоту,<br>% від маси сиру         | №1  | $7,01 \pm 0,04$               | $6,96 \pm 0,05$   | $6,81 \pm 0,06$   |
|                                                    | №2  | $7,07 \pm 0,06$               | $6,98 \pm 0,07$   | $6,85 \pm 0,03$   |
| Вміст розчинного азоту,<br>% від загального азоту  | №1  | $7,05 \pm 0,09$               | $14,87 \pm 0,11$  | $18,37 \pm 0,07$  |
|                                                    | №2  | $7,62 \pm 0,10$               | $14,09 \pm 0,06$  | $17,69 \pm 0,12$  |
| Вміст небілкового азоту,<br>% від загального азоту | №1  | $3,62 \pm 0,07$               | $5,97 \pm 0,06$   | $7,83 \pm 0,08$   |
|                                                    | №2  | $3,63 \pm 0,03$               | $6,18 \pm 0,05$   | $8,07 \pm 0,04$   |

Розчинні азотовмісні сполуки активніше нагромаджувалися на початку визрівання сирів. У дослідних сирах, особливо, із застосуванням препарату “Актив”, процес утворення продуктів глибокого розщеплення білка відбувався доволі інтенсивно: на 30 добу кількісне співвідношення фракцій небілкового до розчинного азоту становило 0,426 і 0,455 для варіантів № 1 та №2 відповідно. Дослідження якісного та кількісного складу вільних амінокислот обох сирів показало, що вже після пресування було помічено значний вміст вільних амінокислот (від 320,33 до 331,57 мг%), а в процесі визрівання їхня сумарна кількість збільшилася майже у 6 разів.

Дослідження білкового складу сирів Русанівський №1 та Русанівський №2 протягом визрівання та зберігання показали, що для обох видів сирів характерним було домінування фракцій  $\alpha_s$ - та  $\beta$ -казеїнів, а їхній протеоліз призводив до появи продуктів розщеплення з нижчою молекулярною масою ( $\alpha_{s2}$ - і  $\beta_1$ -казеїни). Ступінь гідролізу цих білків оцінювали за співвідношенням інтенсивності смуг  $\beta_1$ - і  $\beta$ -казеїну та  $\alpha_{s2}$ - і  $\alpha_s$ -казеїну (табл. 4).

На 30 добу у сирі із застосуванням препарату “Актив” швидше відбувався протеоліз  $\beta$ -казеїну на відміну від сиру з “Актив-ЛН”, в якому інтенсивніше розщеплювався  $\alpha_{s1}$ -казеїн (в сирі Русанівський №1 - на 21,9 %, а у сирі Русанівський №2 - на 14,5%). Показник співвідношення  $\beta_1$ - до  $\beta$ -казеїну для обох сирів становив

близько 1,0. Під час зберігання загальна тенденція процесу не змінювалася і розщеплення цього білка досягало 50,2% та 28% відповідно.

Таблиця 4

## Динаміка розщеплення казеїнів у сирах

| Вид сиру        | Кількість білка, відносні % |                    | Співвідношення фракцій казеїну |                             |
|-----------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                 | $\beta$ -казеїн             | $\alpha_S$ -казеїн | $\beta_1$ до $\beta$           | $\alpha_{S2}$ до $\alpha_S$ |
| Русанівський 1: |                             |                    |                                |                             |
| свіжий          | 100,0                       | 100,0              | -                              | -                           |
| 30 діб          | 64,5                        | 85,5               | 0,575                          | 0,320                       |
| 60 діб          | 46,4                        | 72,0               | 1,009                          | 0,380                       |
| Русанівський 2: |                             |                    |                                |                             |
| свіжий          | 100,0                       | 100,0              | -                              | -                           |
| 30 діб          | 72,9                        | 78,1               | 0,483                          | 0,349                       |
| 60 діб          | 48,5                        | 49,8               | 0,972                          | 0,497                       |

На підставі проведеного аналізу амінокислотного складу білків обох дослідних продуктів у віці 30 діб визначено їх біологічну цінність: інтегральний амінокислотний скор сирів Русанівський №1 та Русанівський №2 становив 137,5 та 137,8 відповідно, а лімітуючими амінокислотами були сірковмісні (метіонін та цистеїн).

В ході технологічного процесу виробництва сирів було проаналізовано зміну деяких речовин, які обумовлюють аромат сиру. Нагромадження діацетилу було інтенсивнішим на початкових етапах виробництва (рис.2).

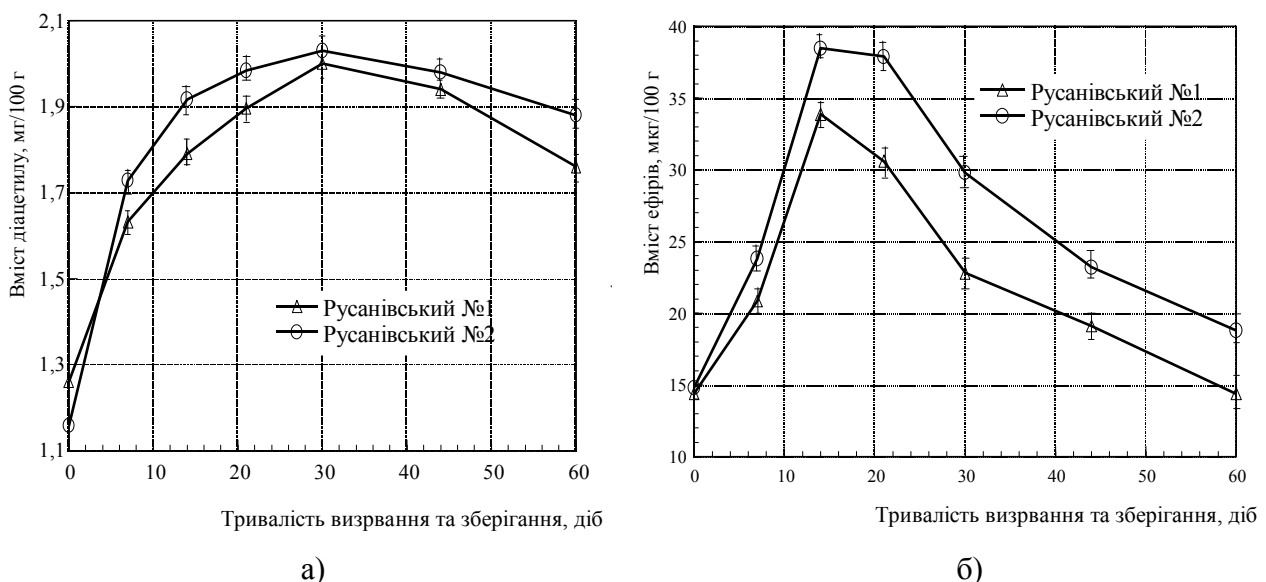


Рис.2. Нагромадження діацетилу (а) та ефірів (б) у сирах протягом визрівання та зберігання

Максимальну кількість цієї сполуки спостерігали на 30 добу визрівання, а протягом зберігання вміст діацетилу зменшувався, очевидно, внаслідок його подальшого перетворення. Кількість ефірів після 14 діб визрівання зменшувалася, досягаючи на 30-ту добу значень 22,8 мкг/100 г у сирі Русанівський №1 та 29,8

мкг/100 г у сирі Русанівський №2, а через місяць зберігання – 14,4 мкг/100 г та 18,8 мкг/100 г відповідно. Рівень нагромадження цих сполук був вищим у сирі Русанівський №2 (на 3,8 мкг/100 г через 7 діб визрівання та на 7,1 мкг/100 г у зрілому продукті).

Загальний вміст летких органічних кислот був вищим у сирі з „Актив-ЛН” і становив 560 мкекв/100 г сиру на 30 добу визрівання, тоді як у сирі з „Актив” цей показник дорівнював 440 мкекв/100 г сиру (рис.3).

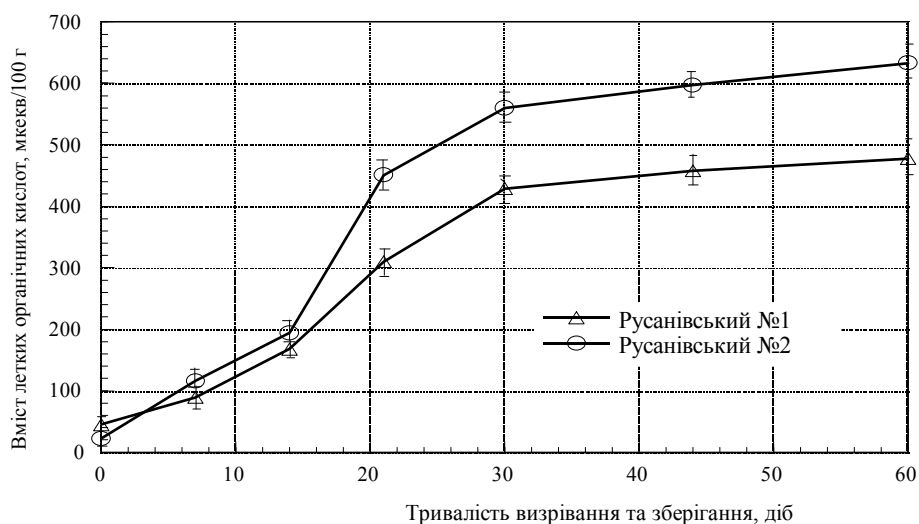


Рис. 3. Нагромадження летких органічних кислот у сирах протягом визрівання та зберігання

З віком приріст вказаних кислот збільшувався, що може бути наслідком як гідролітичного розщеплення жиру, так і інших біохімічних перетворень. Проведені дослідження якісного та кількісного складу летких органічних кислот у сирах віком 30 діб показали, що формування притаманної кожному сиру смако-ароматичної композиції було обумовлено різним співвідношенням цих речовин (табл. 5).

Таблиця 5

Якісний та кількісний склад летких органічних кислот у сирах віком 30 діб

| Назва кислоти | Вміст кислот в сирах    |            |                         |            |
|---------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|               | Русанівський №1         |            | Русанівський №2         |            |
|               | % від загального вмісту | мг%        | % від загального вмісту | мг%        |
| Оцтова        | 45,69±1,83              | 15,13±0,88 | 77,02±3,08              | 28,09±1,33 |
| Пропіонова    | 25,75±1,03              | 8,45±0,50  | 11,37±0,45              | 4,13±0,26  |
| Масляна       | 5,53±0,22               | 1,82±0,12  | 4,50±0,18               | 1,64±0,10  |
| Капронова     | 0,06±0,01               | 0,01±0,00  | 0,01±0,01               | 0,01±0,00  |
| Капрілова     | 22,57±0,90              | 7,46±0,44  | 6,73±0,27               | 2,45±0,17  |
| Капринова     | 0,39±0,02               | 0,12±0,02  | 0,36±0,01               | 0,01±0,00  |
| Сума          | 100,00                  | 32,99±2,07 | 100,00                  | 36,33±2,12 |

Так, утворення специфічного гострого присмаку у сирі з “Актив-ЛН” очевидно відбувалося завдяки підвищеному вмісту оцтової кислоти, продукту гетероферментативного зброджування лактози *L. mesenteroides*. Вміст цієї сполуки у сирі Русанівський №2 в 1,7 рази переважав аналогічний показник сиру Русанівський №1. Слід відмітити значну різницю у співвідношеннях між оцтовою та пропіоновою кислотами для обох сирів: у продукті з “Актив-ЛН” воно становило 1,77, що майже у 4 рази вище за сир з “Актив”.

Було визначено ліпідний склад сирів Русанівський №1 та Русанівський №2 на етапі пресування та у зрілих сирах. Ступені гідролізу тригліцеридів в обох сирах були близькими, але дещо більший помічено у сирі з „Актив-ЛН” (на 0,2%). Загалом, у досліджуваних сирах ліполізу зазнало близько 0,5% жиру від маси сиру.

Порівняння продуктів існуючого асортименту з новоствореними за основними фізико-хімічними, біохімічними та органолептичними властивостями показало вищу якість сирів, вироблених із використанням заквашувальних культур прямого внесення “Актив” і “Актив-ЛН”. В результаті органолептичної оцінки досліджуваних продуктів розроблені сири отримали на 4-5 балів вище за продукти існуючого асортименту (табл.6).

Таблиця 6

Бальна оцінка твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання

| Показник               | Вид сиру       |              |              |                |      | Максимальна кількість балів |
|------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|------|-----------------------------|
|                        | Русанівський-1 | Буковинський | Голландський | Русанівський-2 | Едам |                             |
| Смак та запах          | 43             | 41           | 42           | 43             | 41   | 45                          |
| Консистенція           | 23             | 22           | 21           | 24             | 23   | 25                          |
| Колір                  | 5              | 5            | 4            | 5              | 5    | 5                           |
| Рисунок                | 9              | 7            | 8            | 10             | 9    | 10                          |
| Зовнішній вигляд       | 10             | 10           | 10           | 10             | 10   | 10                          |
| Упаковка               | 5              | 5            | 5            | 5              | 5    | 5                           |
| Загальна бальна оцінка | 95             | 90           | 90           | 97             | 93   | 100                         |

Слід відзначити, що збільшення вмісту вільних амінокислот та діацетилу у сирі Русанівський 1 порівняно з сирами Буковинський та Голландський відбилося на бальній оцінці за смак та запах (досліджуваний продукт отримав на 1-2 бали вище, а саме, 43 бали з 45 можливих). Сир Русанівський №2 відрізнявся від сиру Едам більш вираженими смаком та запахом завдяки утворенню вищої кількості летких органічних кислот, діацетилу та продуктів протеолізу. Сир Русанівський №2 характеризувався наявністю рисунку з вічками більшого розміру (8-10 мм), порівняно з сиром Едам, та в результаті отримав загальну оцінку на 4 бали вище.

## ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано доцільність створення вітчизняних бактеріальних препаратів прямого внесення для виробництва твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання. Проведено селекційні дослідження штамів мезофільних лактобактерій за ознаками, які є важливими у сироробстві, та визначено основні властивості культур, перспективних для залучення до складу заквашувальних композицій для виробництва сирів. Створено нові для України, оригінальні за композиційним складом мікроорганізмів, заквашувальні культури на основі мезофільних лактококів (*L. lactis ssp. diacetylactis* IMB B-7061, *L. lactis ssp. diacetylactis* IMB B-7062, *L. lactis ssp. lactis* IMB B-7063, *L. lactis ssp. cremoris* IMB B-7064): “Актив” з підвищеним рівнем протеолітичної активності із залученням лактобацил *L. casei ssp. casei* IMB B-7017, та “Актив-ЛН” з високою газоутворюючою здатністю і активним утворенням летких органічних кислот із залученням *L. mesenteroides* IMB B-7065.
2. Опрацьовано режими та параметри технологічного процесу одержання бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” і “Актив-ЛН”. Визначено склад ростових середовищ для нагромадження біомаси обох заквашувальних композицій та встановлено, що підживлення середовищ азотовмісними компонентами через 5-6 годин культивування забезпечує високу чисельність мікроорганізмів – не менше  $10^{11}$  КУО/г, в тому числі ароматоутворюючих – не менше  $10^{10}$  КУО/г. Досліджено вплив компонентів захисного середовища на розчинність сухих бакпрепаратів та ступінь виживання лактобактерій під час ліофілізації.
3. Експериментально встановлено спосіб та дозу внесення бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” і “Актив-ЛН” у виробництві твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання. Раціональна кількість сухих бакпрепаратів під час виробництва сирів становить 10 г на 1 т молочної суміші з витримкою перед внесенням молокозсідального ферменту протягом 30-40 хв.
4. Визначено вплив способу повторної пастеризації молочної сировини на її технологічні властивості і санітарно-гігієнічні показники сичужних сирів голландської групи. Встановлено, що здійснення теплової обробки молока за температури  $(74\pm 2)^\circ\text{C}$  у сполученні з витримкою пастеризованого молока при  $(11\pm 1)^\circ\text{C}$  протягом 10-12 год знижує вміст спороутворюючих мікроорганізмів, в тому числі, маслянокислих, та поліпшує якість готового продукту.
5. Визначено технологічні режими виробництва твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання із застосуванням бакпрепаратів прямого внесення “Актив” та “Актив-ЛН”. Встановлено, що тривалість сичужного зсідання молока становить  $30\pm 5$  хв., тривалість вимішування сирного зерна перед другим нагріванням –  $20\pm 5$  хв., температура другого нагрівання –  $39-41^\circ\text{C}$ , тривалість вимішування після

другого нагрівання –  $35 \pm 5$  хв. Обґрунтовано вибір умов визрівання сирів: за температури  $12-13^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості повітря 85-86% протягом 30 діб.

6. Вперше досліджено зміни фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних показників якості у твердих сичужних сирах, вироблених із застосуванням бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” та “Актив-ЛН”, під час технологічного процесу виробництва сирів і їх зберігання. Встановлено, що новостворені продукти характеризуються високим вмістом вільних амінокислот та смако-ароматичних компонентів.

7. На основі проведених досліджень розроблено дві нормативні документації: на виробництво сиру твердого сичужного “Русанівського” та на виробництво бактеріального препарату прямого внесення (види “Актив” та “Актив-ЛН”). Розробки захищено патентами. Технології заквашувальних препаратів впроваджено у виробництво на ДДПБЗ УААН, а технологію твердого сичужного сиру – на кількох сироробних підприємствах України. За новими технологіями вироблено 335 т сиру твердого сичужного „Русанівський” та 15 кг сухих бакпрепаратів „Актив” і „Актив-ЛН”. Середній економічний ефект від виготовлення сиру з використанням нових заквашувальних культур становить 220 грн/т.

### **Перелік публікацій за темою дисертаційної роботи**

1. Чередник Н.М., Насирова Г.Ф., Кігель Н.Ф. Особливості відбору штамів лактобактерій для виробництва сирів // Науковий вісник Національного аграрного університету. - 2001.- №37.- С.162-166.

*Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень, узагальненні одержаних результатів та підготовці матеріалів до друку.*

2. Чередник Н.М., Насирова Г.Ф., Романчук І.О., Кігель Н.Ф. Вплив заквашувальних композицій на показники якості сирів з низькою температурою другого нагрівання // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. - 2001.- Ч.2, №10. -С.43-44.

*Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень, аналізі одержаних результатів.*

3. Чередник Н.М., Кігель Н.Ф., Савченко О.А. Визрівання сирів, вироблених із застосуванням бактеріальних препаратів прямого внесення // Вісник аграрної науки.- 2003.-№1. –С. 69-73.

*Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень та аналізі одержаних даних, підготовці матеріалів до друку.*

4. Чередник Н.М. Вплив способу теплової обробки на якість твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання // Вісник аграрної науки.-2003.- №2. –С. 82-84.

5. Чередник Н.М., Жукова Я.Ф., Насирова Г.Ф. Протеоліз та ліполітичні процеси у сирах, вироблених із застосуванням бактеріальних препаратів прямого внесення // Вісник аграрної науки.- 2003.- №5.-С.66-68.

*Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень, аналізі одержаних результатів та опрацюванні літературних даних.*

6. Пат. 51288 А Україна, МКИ А23С3/02, А23С19/02. Спосіб теплової обробки молочної сировини у виробництві сирів / Чередник Н.М., Насирова Г.Ф., Кігель Н.Ф., Савченко О.А. – Опуб. 15.11.2002, Бюл. №11.

*Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та систематизації одержаних результатів, проведенні патентного пошуку та оформленні заявки на винахід.*

7. Пат. 55091 А Україна, МКИ С12Н1/20, А23С19/068. Спосіб одержання бактеріального препарату прямого внесення “Актив” для твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання / Чередник Н.М., Тарадій Г.К., Кігель Н.Ф. – Опуб. 17.03.2003, Бюл. №3.

*Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень, патентному пошуку за темою винаходу.*

8. Заквашувальні препарати для твердих сичужних сирів. Навчальний посібник / Л.А.Млечко, М.І.Мазур, Н.М.Чередник, О.Г.Годовіченко- К.: ІПДО НУХТ, 2003.-34 с. *Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та систематизації літературних даних, підготовці матеріалу до друку.*

9. Чередник Н.М. Відбір штамів молочнокислих мікроорганізмів для сиру за протеолітичною активністю // Матеріали конф. “67-а наук. конференція студентів, аспірантів і молодих вчених”.- Ч. 2 - К.: УДУХТ.- 2001. – С. 36.

10. Чередник Н.М. Вивчення властивостей твердих сичужних сирів, вироблених з використанням бактеріального препарату прямого внесення // Матеріали Міжнародної наук. конф. “Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості”.- Ч.2. - К.: НУХТ.- 2002. - С. 32.

11. Чередник Н.М., Жукова Я.Ф. Динаміка протеолізу казеїну у сирах голландської групи // Матеріали конф. “69-а наук. конференція студентів, аспірантів і молодих вчених”.- Ч. 2 - К.: НУХТ.-2003.-С.38-39.

*Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень, аналізі одержаних результатів.*

12. Шульга Н.М., Кігель Н.Ф. Підвищення якості сирів голландської групи завдяки застосуванню бактеріальних препаратів прямого внесення // Збірка тез доповідей Міжнар. наук.-практичної конф. “Харчування як фактор формування здоров'я населення”.- К.: ІГМЕ АМН.- 2003.- С.92-93.

*Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні одержаних результатів і підготовці матеріалів до друку.*

## АНОТАЦІЯ

**ШУЛЬГА Н.М. Розроблення технології твердих сичужних сирів з використанням бактеріальних препаратів прямого внесення. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти та науки України, Київ, 2004.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню технологічних режимів виробництва твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання з застосуванням бактеріальних препаратів прямого внесення.

Проведено селекційні дослідження штамів мезофільних лактобактерій за ознаками, які є важливими у сироробстві, та визначено основні властивості культур, перспективних для залучення до складу заквашувальних композицій для виробництва сирів. Опрацьовано режими та параметри технологічного процесу одержання нових для України бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” і “Актив-ЛН”. Експериментально встановлено спосіб та дозу внесення новостворених бакпрепаратів у виробництві твердих сичужних сирів голландської групи.

Визначено технологічні режими виробництва сирів з застосуванням заквашувальних культур “Актив” і “Актив-ЛН”. Встановлено, що тривалість сичужного зсідання молока становить  $30 \pm 5$  хв., тривалість вимішування сирного зерна перед другим нагріванням –  $20 \pm 5$  хв., температура другого нагрівання –  $39-41^\circ\text{C}$ , тривалість вимішування після другого нагрівання –  $35 \pm 5$  хв. Обґрунтовано вибір умов визрівання сирів: за температури  $12-13^\circ\text{C}$  та відносній вологості повітря 85-86% протягом 30 діб. Визначено вплив способів теплової обробки молочної сировини на її технологічні властивості та санітарно-гігієнічні показники сичужних сирів даної групи. Запропоновано проведення повторної пастеризації молока за температури  $(74 \pm 2)^\circ\text{C}$  у сполученні з витримкою пастеризованого молока за температури  $(11 \pm 1)^\circ\text{C}$  протягом 10-12 год. Досліджено зміни фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних показників якості у твердих сичужних сирах, вироблених із застосуванням бактеріальних препаратів прямого внесення “Актив” та “Актив-ЛН”, під час технологічного процесу виробництва сирів і їх зберігання.

**Ключові слова:** технологія, сир твердий сичужний, бактеріальний препарат прямого внесення, сирна маса, заквашувальні композиції.

## АННОТАЦИЯ

**ШУЛЬГА Н.М. Разработка технологии твёрдых сычужных сыров с использованием бактериальных препаратов прямого внесения. – Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов. –

Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Киев, 2004.

Диссертация посвящена научному обоснованию технологических режимов производства бактериальных препаратов прямого внесения и твёрдых сычужных сыров с низкой температурой второго нагревания с их использованием.

Проведены селекционные исследования штаммов мезофильных лактобактерий на основе показателей, важных в сыроделии, и определены основные свойства культур, перспективных для их включения в состав заквасочных композиций для производства сыров. Созданы новые для Украины оригинальные по композиционному составу микроорганизмов, заквасочные препараты на основе мезофильных лактококков (*Lactococcus lactis* ssp. *diacetilactis* IMB B-7061, *L. lactis* ssp. *diacetilactis* IMB B-7062, *L. lactis* ssp. *lactis* IMB B-7063, *L. lactis* ssp. *cremoris* IMB B-7064): «Актив» с повышенным уровнем протеолитической активности с использованием лактобацилл *Lactobacillus casei* ssp. *casei* IMB B-7017, и «Актив-ЛН» с высокой газообразующей способностью и активным образованием летучих органических кислот с привлечением *Leuconostoc mesenteroides* IMB B-7065. Отработаны режимы и параметры технологического процесса получения бактериальных препаратов прямого внесения «Актив» и «Актив-ЛН». Экспериментально установлен способ и доза внесения новых бакпрепаратов в производстве сыров голландской группы.

Определены технологические режимы производства сыров с использованием заквасочных культур «Актив» и «Актив-ЛН». Установлено, что продолжительность сычужного свёртывания молока составляет  $30 \pm 5$  мин, вымешивания сырного зерна перед вторым нагреванием до температуры  $40 \pm 1$  °C –  $20 \pm 5$  мин, вымешивания после второго нагревания –  $35 \pm 5$  мин. Обоснован выбор условий созревания сыров: при температуре 12-13 °C и относительной влажности воздуха 85-86% в течение 30 суток.

Исследовано влияние способов тепловой обработки молочного сырья на его технологические свойства, а также микробиологические и санитарно-гигиенические показатели сыров данной группы. Установлено, что проведение повторной тепловой обработки молока при температуре  $(74 \pm 2)$  °C в сочетании с предварительным созреванием при температуре  $(11 \pm 1)$  °C в течение 10-12 часов пастеризованного молока уменьшает содержание спорообразующих бактерий, в том числе, маслянокислых, и даёт возможность получить сгусток с хорошими физико-химическими и реологическими свойствами.

Исследованы изменения физико-химических, биохимических, микробиологических и органолептических показателей качества твердых сычужных сыров, выработанных с использованием бактериальных препаратов прямого внесения «Актив» и «Актив-ЛН», во время технологического процесса производства сыров и

их хранения. Установлено, что созданные продукты характеризуются высоким содержанием свободных аминокислот и веществ, обуславливающих вкус и аромат сыров. Проведено сравнительную оценку новых сыров с продуктами существующего на рынке Украины ассортимента по основным показателям качества. Производство твердого сычужного сыра «Русановский» внедрено на нескольких сыродельных предприятиях Украины.

**Ключевые слова:** технология, сыр твёрдый сычужный, бактериальный препарат прямого внесения, сырная масса, заквасочные композиции.

## SUMMARY

**Shulga N.M. Development of rennet cheeses technology with using dairy starters for direct vat inoculation.** - Manuscript.

The dissertation is subjected for the granting of a scientific degree of p.h.d. in engineering science, speciality 05.18.04 - technology of meat, dairy and fish products. - National University of Food Technologies, Kyiv, 2004.

The thesis is devoted to a scientific substantiation of technological regimens of manufacture of rennet cheeses with low cook temperature with using of dairy starters for direct vat inoculation production starters.

The selection of mesophilic lactic acid bacteria on the basis of important indexes for cheesemaking is carried out, and the composition of cultures are determined. The regimens and parameters of technological process of dairy starters for direct vat inoculation "Active" and "Active-LN" production are studied. The way and dose of addition new dairy starters during manufacture of cheeses of Dutch origin is experimentally determined.

The technological regimens of cheeses production with using cultures "Activ" and "Activ-LN" are studied. The duration of milk coagulation is  $30 \pm 5$  min, the time of cheese grain mixing before the second warming to temperature  $40 \pm 1$  °C is  $20 \pm 5$  min, the time of mixing after the second warming is  $35 \pm 5$  min. The condition of cheeses ripening is proved. Ripening time at temperature 12-13 °C and relative humidity of air 85-86 % is 30 day.

The influence of ways of thermal processing of milk on microbiological and sanitary - hygienic indexes of cheeses are fixed. The change of physico-chemical, biochemical, microbiological and organoleptic properties of rennet cheeses produced during technological process of production of cheeses and their storage is investigated.

**Key words:** technology, rennet cheese, starter for direct inoculation, cheese mass, bacterial compositions.