

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота на правах рукопису

**ВИРВИЧ НАТАЛЯ ВОЛОДИМИРІВНА**

УДК 633.288.3:637.33(477)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО СИРУ  
З НИЗЬКОЮ ТЕМПЕРАТУРОЮ ДРУГОГО НАГРІВАННЯ В УМОВАХ  
ФОП «МАТВІЙЧУК К.В.» м. БЕРДИЧІВ**

204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело \_\_\_\_\_ **Наталя ВИРВИЧ**

Керівник роботи:  
**Тетяна КОВАЛЬЧУК,**  
кандидат с.-г. наук, доцент

**Житомир – 2025**

**Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури**

за результатами попереднього захисту: \_\_\_\_\_

Протокол засідання кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

№ \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Завідувач кафедри біоресурсів,

тваринництва та аквакультури

Діна ЛІСОГУРСЬКА

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Результати захисту кваліфікаційної роботи**

Здобувач вищої освіти **Наталя ВИРВИЧ** захистила кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою \_\_\_\_\_

за шкалою ECTS \_\_\_\_\_

за національною шкалою \_\_\_\_\_

Секретар ЕК

\_\_\_\_\_

Тетяна ПОПАДЮК

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

*Вирвич Н.В.* Удосконалення технології виробництва твердого сиру з низькою температурою другого нагрівання в умовах ФОП «Матвійчук К.В.» м. Бердичів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В результаті проведених досліджень встановлено, що низькотемпературний режим другого нагрівання забезпечив збереження підвищеної вологості сирного зерна, що є важливим для формування м'якої та еластичної структури молодих сирів. Цей ефект найбільш виразно проявився у Голландського та Едама, в яких масова частка вологи була достовірно вищою, ніж у Маасдама. Оскільки температура другого нагрівання є ключовим фактором, що регулює інтенсивність синерезису, м'яка теплова дія призвела до зменшення виділення сироватки та відповідно до більш пластичної структури

**Ключові слова:** синерезис, тверді сири, низька температура другого нагрівання.

## ANNOTATION

*Vyrvych N.V.* Improvement of the technology of production of semi-hard cheese with a low temperature of the second heating in the conditions of the FOP "Matviychuk K.V.", Berdychiv.– Qualifying scientific research as a manuscript.

Qualification work for the master's degree in specialty 204 – Technology of production and processing of livestock products. – Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

As a result of the conducted research, it was found that the low-temperature regime of the second heating ensured the preservation of the increased moisture content of the cheese grain, which is important for the formation of a soft and elastic structure of young cheeses. This effect was most pronounced in Dutch and Edam, in which the mass fraction of moisture was significantly higher than in Maasdam. Since the temperature of the second heating is a key factor regulating the intensity of syneresis, the mild thermal effect led to a decrease in the release of whey and, accordingly, a more plastic structure.

**Key words:** syneresis, semi-hard cheeses, low temperature of the second heating..

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>		<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b>		<b>7</b>
1.1.	Інноваційні технологічні тенденції у сироробарстві: тверді сири з низькою температурою другого нагрівання	8
1.2.	Значення твердих сирів у харчуванні	10
1.3.	Характеристика твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання	11
1.4.	Вимоги до молока-сировини для виробництва напівтвердих сирів	12
1.5.	Роль заквашувальних культур та ферментних препаратів	13
1.6.	Вплив температури другого нагрівання на якість напівтвердих сирів	14
1.7.	Особливості вдосконалення технології в умовах малих сироварень	14
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>		<b>16</b>
2.1.	Місце та умови проведення досліджень	16
2.2.	Матеріал та методика проведення досліджень	20
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>		<b>22</b>
3.1.	Динаміка активної кислотності під час виробництва сирів	22
3.2.	Вміст вологи у сирному зерні та готовому продукті	23
3.3.	Фізико-хімічні показники сирів при низькотемпературному другому нагріванні	27
3.4.	Техніко-економічне обґрунтування впровадження удосконалених технологічних параметрів на виробництві ФОП «Матвійчук К.В.»	35
<b>ВИСНОВКИ</b>		<b>38</b>
Пропозиції виробництву		40
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>		<b>41</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сироробна галузь є важливою складовою молочної промисловості України, адже забезпечує населення високоякісними білковими продуктами та сприяє розвитку агропромислового комплексу. Окреме місце серед різноманіття сирних виробів займають напівтверді сири, які поєднують у собі високу харчову цінність, добрі органолептичні характеристики та відносну простоту технологічного процесу. Розроблення та впровадження удосконалених технологій виробництва таких сирів є одним із пріоритетних напрямів модернізації невеликих сироробних підприємств[1,9].

Особливий інтерес представляють технології з низькою температурою другого нагрівання, що дають змогу зберігати природну структуру білкового згустку, підвищувати вихід готового продукту та формувати м'якіші смакові характеристики. Даний технологічний підхід є актуальним, особливо для малих виробництв, які прагнуть створювати конкурентоспроможні та унікальні сирні вироби[14].

ФОП «Матвійчук К.В.» (м. Бердичів) належить до підприємств малого бізнесу, що активно розвивають власні технологічні підходи у виготовленні традиційних та крафтових молочних продуктів. Підвищення ефективності технології напівтвердого сиру з низькою температурою другого нагрівання має важливе значення для покращення якості продукції, стабільності виробничих процесів та економічної рентабельності підприємства. Таким чином, удосконалення технології виробництва напівтвердого сиру з низькою температурою другого нагрівання є своєчасним і практично значущим завданням, що поєднує науковий інтерес із реальними потребами підприємства.

**Мета дослідження.** Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення технології виробництва твердого сиру з низькою температурою другого нагрівання в умовах ФОП «Матвійчук К.В.» (м. Бердичів) шляхом

оптимізації технологічних параметрів для підвищення якості продукту, зокрема його фізико-хімічних та органолептичних властивостей.

**Завдання дослідження.**

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Проаналізувати сучасний стан технологій виробництва твердих сирів та тенденції розвитку технологій з низькою температурою другого нагрівання.
2. Встановити вплив технологічних режимів (температури другого нагрівання, тривалості обробки згустку, рН, вмісту сухих речовин тощо) на формування структури та якості сиру.
3. Оцінити органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники сирів, виготовлених за удосконаленим технологічним режимом.
4. Провести техніко-економічне обґрунтування впровадження удосконалених технологічних параметрів на виробництві ФОП «Матвійчук К.В.».

**Об'єкт дослідження.** Об'єктами дослідження були три види твердих сирів, виготовлених із використанням технології з пониженою температурою другого нагрівання (38–40 °С).

**Предмет дослідження.** Технологічні параметри виробництва твердого сиру з низькою температурою другого нагрівання та їх вплив на якість і вихід готового продукту.

Перелік публікацій автора за темою досліджень. Основні положення кваліфікаційної роботи опубліковані в 3 публікаціях, в т. ч. одна одноосібна [17,31,32].

**Структура та обсяг роботи.** Робота викладена на 44 сторінках друкованого тексту і включає 4 таблиці, 6 рисунків. Список використаної літератури налічує 40 джерел.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### **1.1. Інноваційні технологічні тенденції у сироробарстві: тверді сири з низькою температурою другого нагрівання**

Забезпечення населення України якісними та безпечними харчовими продуктами є одним із ключових завдань вітчизняних виробників. Вагоме місце у цьому процесі займає молочна промисловість, а особливо її сироробний сегмент.

Тверді сири відзначаються високою харчовою цінністю, значним вмістом енергії та збалансованим складом поживних речовин — білків, жирів і вуглеводів, що робить їх одним із найцінніших продуктів у раціоні людини. Крім того, вони містять повний комплекс незамінних амінокислот і є важливим джерелом кальцію, необхідного для нормального функціонування організму. Одним із ключових напрямів розвитку є застосування спеціально підібраних (комбінованих) заквасок. Дослідження показують, що склад стартових культур (лактококи, лактобактерії, іноді біфідобактерії) суттєво впливає на швидкість та характер молочнокислого бродіння, активність протеолітичних ферментів та формування ароматичного профілю під час витримки при низьких температурах другого нагрівання. Використання мікрокомбінацій дає змогу одержати більш прогнозовану структуру зерна та якість готового сиру [19,25].

Водночас у науково-практичній літературі зростає інтерес до адаптації технологій для малих і ремісничих виробництв. Публікації і технічні розробки пропонують спрощені, ресурсозберігаючі схеми (зменшення обсягів підсилення нагрівання, регулювання тривалості та інтенсивності перемішування зерна), що дозволяють підвищити вихід сировини та знизити

енерговитрати без істотного погіршення якості продукту. Це важливо для підприємств типу ФОП, де обмежена матеріально-технічна база[7,26].

У сучасному сироварінні спостерігається тенденція до вдосконалення технологічних режимів задля отримання продуктів із більш м'якою текстурою, підвищеним вмістом вологи та вираженим ароматом. Одним із таких напрямів є зниження температури другого нагрівання при виробництві твердих та напівтвердих сирів. Ця технологія належить до інноваційних, оскільки поєднує енергоефективність, гнучкість керування структурою згустку та можливість створення продуктів нового типу — так званих soft-hard cheeses[10,31].

Температура другого нагрівання залишається ключовим фактором формування вологості, рН та структури зерна. Інновації спрямовані на: диференційоване підвищення температури (повільніший темп нагріву на 0,5-1°C/хв для контролю синерезису); адаптивні режими нагрівання, які автоматично коригуються залежно від рН та питомої електропровідності згустку. В результаті рівномірність структури, зменшення ризику механічних дефектів, збереження пластичності[4-6].

У твердих сирах із низьким другим нагрівом часто використовується мезофільна мікрофлора. Сучасні тенденції включають: комбінації мезофільних + термофільних культур, що підсилюють смак та еластичність; пропіоновокислі бактерії, особливо для сирів типу Маасдам (формування великих очок, солодкуватого присмаку); біозахисні культури проти *Clostridium*, дріжджів і пліснявих забруднювачів. Все це призводить до підвищення смаку, ароматичності та безпеки продукту[34].

Новітні методи пресування та формування сирного зерна передбачають вакуумне пресування для зменшення механічних пустот, прес-форми з модульованим тиском, що змінюється залежно від розміру зерна та пористості, 3D-контроль форми сиру на виробництві для уникнення асиметрії головок[11].

Дозрівання для сирів із низьким другим нагріванням - ключова стадія. Сучасні рішення: інтелектуальні камери визрівання з автономним контролем газів ( $CO_2$ ,  $O_2$ ); автоматичні системи підтримки вологості та циркуляції повітря; динамічне керування температурою (ступінчасті режими). Результат: стабільність утворення вічок, рівномірність аромату, менші втрати маси.

Для сирів із низьким другим нагрівом важливий контроль плісняви та окиснення. До новітніх підходів належать: пакування з антиоксидантними вставками; використання антимікробних плівок (лізоцим, ефірні олії)[2-3].

Інновації у виробництві твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання спрямовані на: стабільність партій (рН-контроль, NIR-сенсори); поліпшення смаку та структури (нові закваски); здорове харчування (менше солі); дозрівання нового покоління (автоматизовані камери); підвищення виходу та безпеки (мембранні технології, біозахист).

Використання низької температури другого нагрівання є однією з ключових інноваційних тенденцій у світовому сироварінні. Цей підхід дозволяє створювати продукти нового покоління з підвищеною вологістю, м'якою пластичною консистенцією, вираженим ароматом та скороченим терміном дозрівання. Він поєднує технологічну гнучкість, економічну вигоду та актуальні запити споживачів.

## **1.2. Значення твердих сирів у харчуванні.**

Сир є однією з найбільш цінних молочних продуктів завдяки високій концентрації повноцінних білків, молочного жиру, мінеральних речовин (кальцій, фосфор, магній), вітамінів групи В та жиророзчинних вітамінів. Тверді сири посідають суттєву частку в структурі споживання, оскільки поєднують виражений смак і відносно м'яку, пластичну консистенцію, що робить їх універсальними для побутового та ресторанного використання[15,16].

За національними та міжнародними класифікаціями тверді сири характеризуються масовою часткою води в межах приблизно 42-48 % та жиру в перерахунку на суху речовину 45-50 % і більше (залежно від виду

сиру та стандарту). До цієї групи належать сири голландського типу (Голландський, Едам, Гауда, Маасдам), а також ряд авторських та фермерських сирів із подібною технологією[18].

Зростання інтересу споживачів до ремісничих та фермерських сирів стимулює розвиток малих сироварень, які прагнуть отримувати продукт із стабільною якістю та виразним органолептичним профілем, зберігаючи при цьому індивідуальність рецептури[28].

### **1.3. Характеристика твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання.**

Вирішальною технологічною ознакою сирів голландського типу є низька температура другого нагрівання, що зазвичай становить 37–40 °С (інколи до 42 °С залежно від рецептури та типу закваски). На відміну від сирів із високою температурою другого нагрівання (типу Ементаль, Грюйер, де температура сягає 50-54 °С), у напівтвердих сирах з м'якішими режимами другого нагріву формують більш вологонаповнену, пластичну консистенцію; дрібніші або середні за розміром вічка рівномірного розподілу; м'який до помірно вираженого смак без різкої пікантності[30].

Технологія таких сирів включає стандартні етапи: приймання і підготовку молока, нормалізацію, пастеризацію, внесення заквашувальних культур і сичужного ферменту, утворення та обробку згустку, другий нагрів, формування та пресування, посол, обсушування й дозрівання[31].

Літературні дані свідчать, що саме режим другого нагрівання у поєднанні з інтенсивністю обробки сирного зерна суттєво впливає на ступінь синерезису (виділення сироватки); вологість та водозв'язувальну здатність сирної маси; подальший розвиток мікрофлори закваски під час дозрівання; формування текстури та рисунка (системи вічок)[37].

Таким чином, контроль температури та тривалості другого нагрівання є одним з основних інструментів керування якістю напівтвердих сирів.

### **1.4. Вимоги до молока-сировини для виробництва твердих сирів**

Молоко для виробництва сирів з низькою температурою другого нагрівання має відповідати жорстким вимогам за мікробіологічними та фізико-хімічними показниками. В літературі наголошується, що високий вміст соматичних клітин, підвищена загальна бактеріальна забрудненість і наявність психротрофної мікрофлори негативно впливають на: вихід сиру; структурно-механічні властивості сирного тіста; стабільність дозрівання; смаковий профіль.

Ключовими параметрами є масова частка жиру та білка, їх співвідношення, кислотність, вміст кальцію та розчинних солей фосфору, що визначають властивості казеїнового згустку. Часто за кордоном і в Україні застосовують стандартизацію молока за вмістом білка та жиру, а також корекцію солей кальцію (додавання хлориду кальцію) для поліпшення зсідання[26].

Для малих сироварень, які працюють з молоком від локальних постачальників, особливо важливо забезпечити стабільність сировини, оскільки коливання протеїново-жирового складу та кислотності призводять до нестабільності структури та рисунка сиру. Це підкреслює необхідність удосконалення технології саме в конкретних умовах виробництва.

### **1.5. Роль заквашувальних культур та ферментних препаратів**

Заквасочні культури є основним фактором, що визначає кислотоутворення, ароматотворення та протеоліз під час дозрівання сирів. У виробництві напівтвердих сирів з низькою температурою другого нагрівання традиційно використовують мезофільні молочнокислі культури (роди *Lactococcus*, *Leuconostoc*), але у сучасних схемах до них додають: окремі термофільні штами для посилення ферментативних процесів; пропіоновокислі бактерії (для сирів типу Маасдам) з метою формування крупних вічок і характерного солодкувато-горіхового присмаку; так звані культури, які додатково впливають на аромат і текстуру, не змінюючи принципово схему виробництва.

У літературі значна увага приділяється також біозахисним культурам, що пригнічують розвиток небажаної мікрофлори (дріжджі, плісняві гриби, спорові бактерії), знижуючи потребу в використанні хімічних консервантів. Це особливо актуально для невеликих підприємств, де рівень мікробного контролю часто залежить від дотримання санітарно-гігієнічних заходів[18,39].

Вибір сичужного ферменту (традиційного тваринного, мікробіального або ферменту рекомбінантного походження) впливає на швидкість коагуляції, щільність згустку та подальші процеси протеолізу. Оптимізація дози ферменту й умов зсідання молока є одним із напрямів удосконалення технології.

#### **1.6. Вплив температури другого нагрівання на якість твердих сирів**

Другий нагрів є критичним етапом для формування структури сирного зерна. При низьких температурах (37–40 °C) відбувається: помірний синерезис, що забезпечує достатній вміст вологи; збереження активності мезофільної мікрофлори; формування м'якої, еластичної консистенції.

Збільшення температури другого нагрівання, за даними досліджень, призводить до інтенсивнішого виділення сироватки й зниження вологості; ущільнення сирного зерна і ризику надмірної ламкості консистенції; зміни швидкості дозрівання та утворення ароматоутворюючих сполук.

Для сирів голландського типу надто високі температури другого нагрівання є небажаними, оскільки вони наближають структуру до сирів «швейцарського» типу, що змінює споживчі властивості й не відповідає очікуваному профілю продукту.

У сучасній літературі описані підходи до оптимізації другого нагріву з використанням поступового підвищення температури з фіксованою швидкістю; корекції тривалості нагрівання залежно від рН та електропровідності; адаптивного керування процесом з використанням датчиків та автоматизованих систем[35].

Ці підходи дозволяють стабілізувати вологість, масову частку жиру в сухій речовині та текстурні характеристики сирів.

### **1.7. Особливості вдосконалення технології в умовах малих сироварень**

Малі сироварні, такі як ФОП «Матвійчук К.В.» (м. Бердичів), працюють зазвичай з обмеженим обсягом сировини, значною часткою ручних операцій і високою варіабельністю властивостей молока залежно від сезону та постачальників. Літературні джерела підкреслюють, що у таких умовах особливо важливими є: розробка чітких технологічних карт із фіксацією температурних параметрів кожного етапу; систематичний контроль рН, титрованої кислотності, температури та тривалості другого нагрівання; стандартизація режимів пресування і посолу; моніторинг показників дозрівання (масова частка вологи, активність води, мікробіологічні показники, органолептична оцінка).

Існуючі наукові роботи вказують, що навіть невеликі зміни в температурі другого нагрівання (на 1–2 °С) та тривалості обробки зерна можуть суттєво впливати на консистенцію, рисунок та смак напівтвердих сирів. Це дає підстави розглядати оптимізацію режиму другого нагрівання та пов'язаних операцій як перспективний напрям удосконалення технології для конкретного підприємства.

Аналіз літературних джерел[37] показує, що: тверді сири з низькою температурою другого нагрівання займають важливе місце у структурі споживання та відзначаються м'якою пластичною консистенцією і збалансованим смаком; якість та стабільність таких сирів визначаються властивостями молока-сировини, складом заквасочних культур, типом ферментного препарату, режимами зсідання, обробки згустку та другим нагріванням, умовами пресування, посолу й дозрівання; температура та тривалість другого нагрівання є одним з найчутливіших параметрів, що впливають на вологість, рисунок, консистенцію та смак напівтвердих сирів; сучасні тенденції у сироробстві включають впровадження мембранних

технологій, біозахисних культур, автоматизованих систем дозрівання та активного пакування, спрямованих на підвищення якості, безпеки та терміну зберігання продукту; для малих сироварень, зокрема ФОП «Матвійчук К.В.» м. Бердичів, актуальними є саме локальні технологічні удосконалення, насамперед оптимізація режимів другого нагрівання, обробки сирного зерна та умов дозрівання, що дозволить підвищити вихід і стабільність якості напівтвердого сиру.

Отримані із літератури відомості слугують науковим підґрунтям для постановки мети, завдань та вибору напрямів експериментальних досліджень, спрямованих на удосконалення технології виробництва напівтвердого сиру з низькою температурою другого нагрівання в умовах ФОП «Матвійчук К.В.» м. Бердичів.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Місце та умови проведення досліджень

Дослідження проводилось на базі ФОП "Матвійчук К.В.", підприємства, яке має власну сироварню під брендом "Сирна мама". Сироварня розташована в м. Бердичів, і є прикладом міні-виробництва, орієнтованого на виготовлення традиційних українських сирів з використанням сучасних технологій.

Сироварня "Сирна мама" спеціалізується на виробництві сиру середньої та високої якості. Виробничий процес охоплює всі етапи — від приймання молока до виготовлення готової продукції. На підприємстві використовуються як традиційні методи виробництва, так і сучасні технології для забезпечення стабільної якості продукту. Всі етапи технології сироваріння здійснюються під контролем кваліфікованих спеціалістів.

Основні особливості сироварні:

- Молоко для виготовлення сиру надходить від перевірених постачальників, що забезпечує стабільну якість сировини.
- Виробниче обладнання відповідає сучасним стандартам та дозволяє контролювати температурний режим, кислотність та інші важливі параметри на кожному етапі виробництва.
- У сироварні використовуються бактеріальні культури та ферменти для виготовлення сирів різних видів (від м'яких до твердих).

- Продукція сироварні "Сирна мама" має високу репутацію серед споживачів завдяки своїй натуральності та відсутності штучних добавок.

Міні-виробництво дозволяє підтримувати гнучкість у виробничих процесах і швидко адаптуватися до змін в попиті або технологічних умовах. Це також дає можливість контролювати якість кожної партії сиру, що є важливим для дослідження, яке фокусується на вдосконаленні технології виробництва сиру з низькою температурою другого нагрівання.

Міні-виробництво «Сирна мама», засноване у 2023 році у місті Бердичів, є прикладом сучасного малого підприємства у сфері ремісничого сироваріння, орієнтованого на виготовлення натуральних молочних продуктів із локальної сировини. Власницею та технологом виробництва є Матвійчук Катерина, яка безпосередньо здійснює розробку рецептур, організацію технологічних процесів та контроль якості готової продукції.

*Технологічні особливості діяльності.* Сироварня функціонує за принципом малотоннажного переробного підприємства, здійснюючи переробку молока у середньому до 200 літрів на добу. Такий обсяг дозволяє забезпечити стабільність технологічних режимів, ретельний контроль на кожному етапі виробництва та збереження характеристик, притаманних ремісничим сироварам.

Технологічний процес включає такі основні етапи:

1. Приймання та оцінка якості молока.
2. Термічна обробка молока.
3. Ферментація та внесення заквасок.
4. Коагуляція білків та формування сирного зерна.
5. Пресування, соління та формування продукції.
6. Дозрівання або стабілізація структури.

Дослідження технології виробництва напівтвердих сирів проводилося на базі міні-виробництва сироварні «Сирна мама», що розташоване у місті Бердичів. Це невелике підприємство спеціалізується на виготовленні

натуральних сирів з молока високої якості та дозволяє відтворювати технологічні процеси у контрольованих умовах, близьких до промислових.

### **Основні характеристики сироварні:**

**Потужність і обладнання:** виробнича потужність - 50 літрів молока на цикл, що дозволяє проводити експериментальні серії сирів з можливістю тестування різних технологічних параметрів. Обладнана основними технологічними приладами: казанами для пастеризації та нагрівання молока, формами для пресування сирного згустку, термостатами для контролю температури дозрівання.

**Сировина:** використовується молоко високої якості, яке надходить із господарств регіону. Молоко відповідає вимогам безпеки та фізико-хімічних показників для виготовлення напівтвердих сирів, що підтверджується лабораторними дослідженнями.

**Контроль якості:** всі показники якості молока та готового продукту оцінюються у лабораторії Держпродспоживслужби, що гарантує безпеку та відповідність стандартам. Проводяться аналізи: вміст білка, жиру, сухих речовин, кислотність, рН, мікробіологічні показники.

**Обґрунтування вибору місця для дослідження.** Міні-виробництво дозволяє відтворювати основні технологічні етапи виробництва напівтвердих сирів у контрольованих умовах. Можливість точного регулювання температури, часу нагрівання, пресування та дозрівання сирів. Підтримка високих стандартів якості та безпеки завдяки співпраці з лабораторією Держпродспоживслужби.

Таким чином, сироварня «Сирна мама» є оптимальним майданчиком для проведення експериментальних досліджень технології напівтвердих сирів, що забезпечує достовірність та відтворюваність отриманих результатів.

В залежності від технології виготовлення сири виготовляють:

- свіжі (без визрівання), реалізуються в віці 1-5 діб включно;
- з коротким терміном визрівання (від 6 до 20 діб);

- визрілі (більше 20 діб).

В залежності від вмісту жиру в сухій речовині сири виробляють жирністю від 20 % до 55 %.

В залежності від використаних смакових інгредієнтів випускають:

- сири без смакових компонентів;
- сири з натуральними смаковими компонентами (фрукти, ягоди тощо).

В залежності від виду пліснявих культур сири з пліснявою виробляють:

- з розвитком плісняви на поверхні сирної маси;
- з розвитком плісняви на всередині сирної маси;
- з одночасним розвитком плісняви на поверхні і всередині сирної маси.

В залежності від умов реалізації сири м'які та розсільні поділяють на:

- сири, що реалізуються в розсолі;
- сири, що реалізуються в олії;
- сири, що реалізуються упакованими без розсолу та/або олії.

Сири виробляють різної форми та маси без поділу на сорти.

### **Асортимент продукції сироварні «Сирна мама»**

#### *Сири м'які:*

- кульки крем-сиру
- сир м'який «Рікота»

#### *Сири розсільні:*

- сир розсільний «Здоров'я»
- сир розсільний «З в'яленою грушею»
- сир розсільний «Моцарелла»
- сир розсільний «Страчатела»
- сир розсільний «Бурата»
- сир розсільний «Сулугуні» класичний

- сир розсільний «Сулугуні» палички
- сир розсільний «Халумі»
- сир розсільний Рулет «Моцарелла з хамоном»

*Напівтверді:*

- сир напівтвердий «Качота»
- сир напівтвердий «Гауда»

*Тверді:*

- сир твердий класичний

*Сири з пліснявою:*

- сир з білою пліснявою «Камамбер»

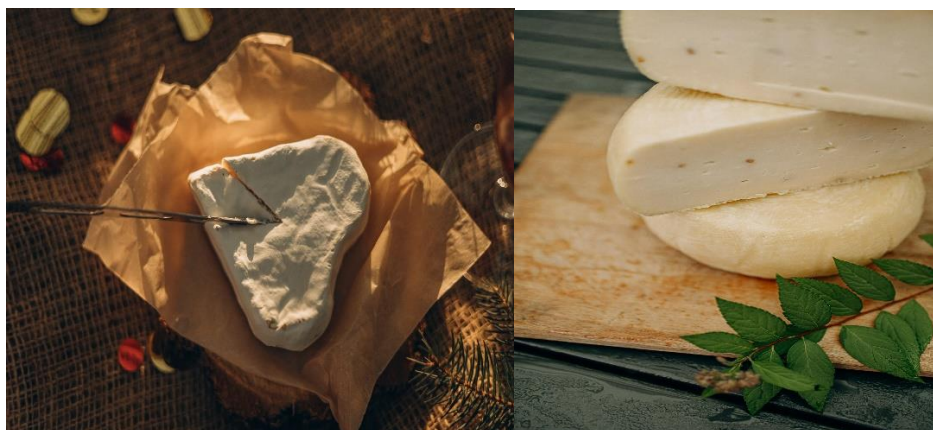


Рис.1. Асортимент сирів

*Організаційно-економічні аспекти.* Міні-виробництво характеризується гнучкістю та здатністю швидко адаптуватися до потреб ринку. Участь власниці у всіх ключових процесах забезпечує стабільну якість продукції та

підтримує

розвиток

локальної

переробної

галузі.



**Рис.2.** Сир розсільний рулет «Моцарелла з хамоном» та твердий класичний

## 2.2. Матеріал та методика проведення дослідження

Об'єктами дослідження були три види напівтвердих сирів, виготовлених із використанням технології з пониженою температурою другого нагрівання (38–40 °С). Голландський сир - представник голландської групи сирів із м'якою пластичною структурою та високою вологістю. Едам - сир аналогічної технологічної групи, але з дещо щільнішою текстурою. Маасдам (адаптований до низькотемпературного режиму) - сир Swiss-типу, виготовлений за модифікованою схемою без використання високих температур другого нагрівання, характерних для класичної технології.

Всі сири виготовлялися з нормалізованого коров'ячого молока підвищеної якості відповідно до вимог ДСТУ 3662:2018 “Молоко-сировина коров'яче”[20].

**Сировина та допоміжні матеріали.** У проведених дослідженнях використовували молоко коров'яче нормалізоване з масовою часткою жиру 2,8–3,2 %; закваски мезофільні та мезофільно-термофільні змішані культури (*Lactococcus lactis*, *Lc. cremoris*, *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp.);

сичужний фермент мікробіального походження; поварену сіль згідно з ДСТУ 3583; воду питну згідно з ДСТУ 10523 [22].

**Методика визначення фізико-хімічних показників. Визначення рН**

Активну кислотність вимірювали за допомогою лабораторного рН-метра типу рН-150М, попередньо відкаліброваного стандартними буферними розчинами. Вимірювання проводили: після другого нагрівання; перед пресуванням; після пресування. Метод відповідає вимогам ДСТУ ISO 10523:2005[22].

**Визначення масової частки вологи.** Вологість визначали термогравіметричним методом згідно з ДСТУ ISO 5534, шляхом висушування проби при температурі  $102 \pm 2$  °С до постійної маси[23].

**Визначення синерезису сирного зерна.** Синерезис зазвичай визначають шляхом вимірювання кількості виділеної сироватки під час обробки сирного зерна. Для цього необхідно виміряти масу сироватки до та після певного етапу технологічного процесу (наприклад, після пресування або під час дозрівання сиру). Синерезис визначали як кількість сироватки, що виділяється протягом 30 хв, і виражали у відсотках за формулою:  

$$S = \frac{m_{\text{початкове}}}{\text{зерно} + m_{\text{сироватка}}} \times 100\%$$

**Визначення сили зрізу та еластичності.** Текстурні показники визначали на текстурометрі ТХ-700 методом однократного стиснення: сила зрізу (Н) - максимальна механічна напруга при руйнуванні структури; еластичність (мм) - відновлення структури після навантаження. Сила зрізу сиру - це характеристика, яка визначає, скільки сили потрібно прикласти для того, щоб розрізати сир. Це важливий параметр, оскільки він безпосередньо пов'язаний з текстурою сиру та його консистенцією. Вона залежить від багатьох факторів, включаючи вміст вологи, структуру білків і жирів, а також рівень дозрівання сиру.

Еластичність сирного зерна визначається здатністю сирного зерна відновлювати свою форму після механічного деформування. Цей параметр є

важливим для оцінки текстури сиру, його стійкості до механічних пошкоджень та для визначення його структури.

Еластичність сирного зерна можна визначати за допомогою різних методик, одна з яких полягає в використанні спеціальних приладів, таких як текстурометр. Це прилад, який дозволяє вимірювати механічні властивості продуктів, включаючи еластичність.

**Органолептична оцінка.** Органолептичний аналіз проводив дегустаційний комітет з 6 експертів. Оцінювання здійснювали за 10-бальною шкалою згідно з вимогами: ДСТУ 6003:2008 “Сири тверді. Технічні умови”. Оцінювали: твердість; еластичність; ароматичність; вершковість; загальне враження[21].

**Вміст кухонної солі (NaCl)** за ДСТУ ISO 5943:2009 - титриметричний метод (аргентометрія, метод Мора). Зважити 5,00 г подрібненого зразка сиру (точність  $\pm 0,001$  г). Перенести у колбу 250 мл. Додати 50 мл теплої дистильованої води (40-50 °C). Додати 2–3 мл 10%  $\text{HNO}_3$  для повного переходу солі у розчин. Нагрівати 5 хв на водяній бані (не доводити до кипіння). Охолодити й довести об'єм водою до 100 мл. Процідити крізь сухий фільтр у чисту колбу.

### РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження було оцінити вплив низької температури другого нагрівання на формування фізико-хімічних, мікробіологічних, текстурних та органолептичних характеристик трьох видів твердих та напівтвердих сирів: Голландського, Едама та Маасдама (адаптованого до низькотемпературної технології). Порівняння проводили на етапах основних технологічних стадій: пастеризації, зсідання, другого нагрівання, пресування та формування готового продукту.

#### 3.1. Динаміка активної кислотності під час виробництва сирів

Зміна активної кислотності (рН) є одним із ключових процесів формування структури сирного згустку та розвитку мікрофлори. На рис. 4.1 наведено динаміку рН у трьох досліджуваних зразках.

**Основні спостереження:**

- Після другого нагрівання рН Голландського та Едама становив 6,27–6,28, що узгоджується з типовими значеннями для сирів голландської групи при температурі 38–40 °С.

- Маасдам, хоча і належить до Swiss-type, при використанні зниженої температури другого нагрівання (39–40 °С) демонстрував подібний рівень рН - 6,30, що підтверджує можливість адаптації технології.

- Найінтенсивніше зниження кислотності відбувалося під час пресування: до 5,33–5,40, що є оптимальним діапазоном для забезпечення подальшого рівномірного протеолізу та формування пластичної структури.

Загалом, нижча температура другого нагрівання забезпечила повільніший синерезис, що сприяло збереженню вологи та м'якшій текстурі. Динаміку активної кислотності під час виробництва сирів показано на рис.3.

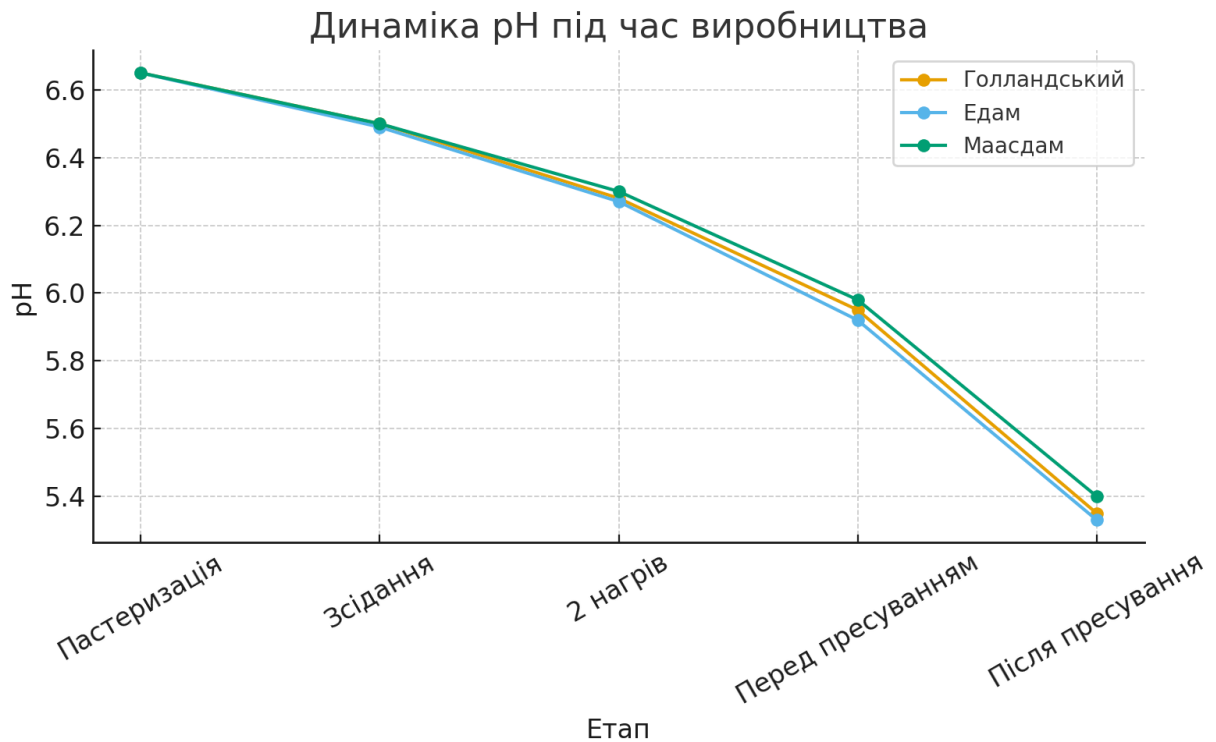


Рис.3. Динаміка активної кислотності твердих сирів

### 3.2. Вміст вологи у сирному зерні та готовому продукті

Вологість є ключовим індикатором структурної щільності та інтенсивності дозрівання. Вміст вологи в сирному зерні є критичним для подальшого процесу виробництва сиру, оскільки він впливає на текстуру, консистенцію та властивості готового продукту. Сирне зерно, яке утворюється після коагуляції молока, містить значну кількість води. Зазвичай вміст вологи в сирному зерні коливається від 50% до 80% в залежності від типу сиру, методики виробництва та тривалості обробки. Наприклад, для м'яких сирів, таких як моцарела, вологість буде вищою, ніж для твердих сирів, таких як пармезан. Після процесу пресування та витискування зайвої вологи, готовий сир має менший вміст води, що впливає на його консистенцію та термін зберігання. Вміст вологи у готовому продукті може варіюватися залежно від типу сиру. У твердих сирах вміст вологи складає 30-40%. У напівтвердих сирах - 40-50%. У м'яких сирах, таких як бринза чи рікота, вміст вологи може бути 50-60%, а у свіжих сирах - навіть більше.

На рис. 4 подано динаміку зміни вологості у готовому продукті.

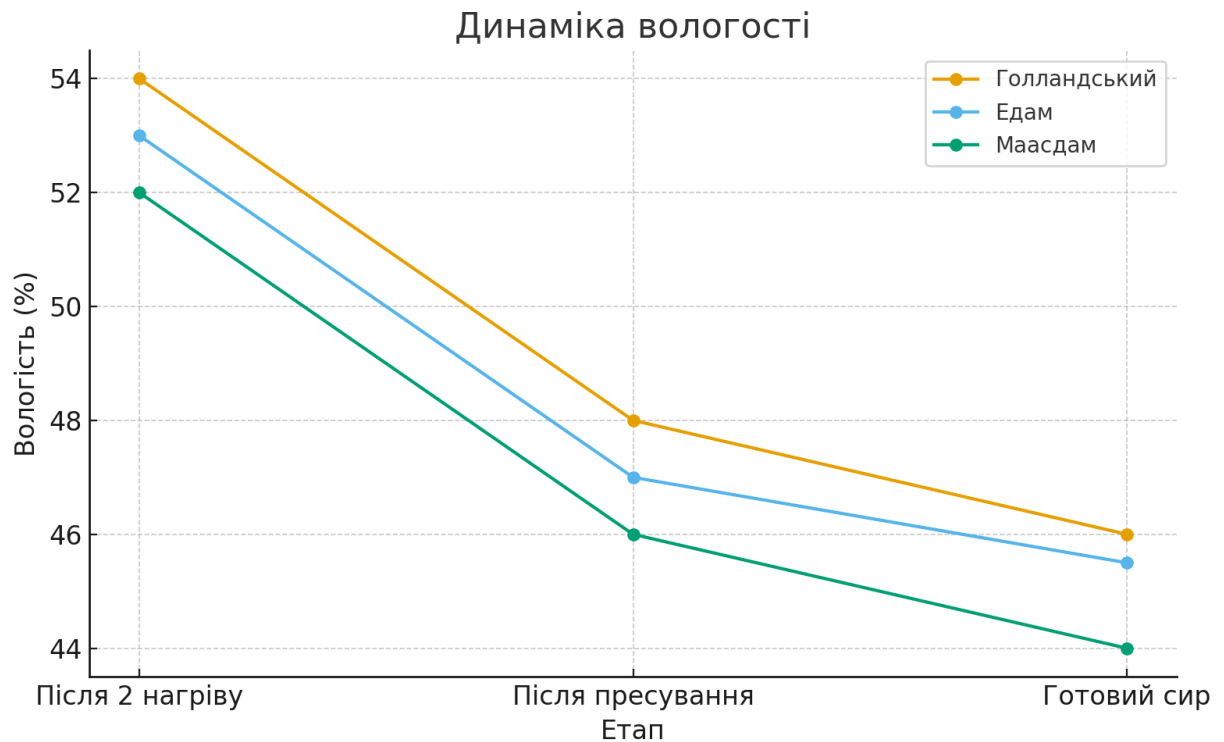


Рис.4. Динаміка вологості досліджувальних сирів

Після другого нагрівання найвищу вологість мав Голландський сир - 54 %, тоді як в Едама показник становив 53 %, а Маасдама - 52 %. Після пресування вологість зменшилася до 46–48 %, що свідчить про слабкіший синерезис у низькотемпературному режимі. У готовому продукті вологість варіювала від 44 % (Маасдам) до 46 % (Голландський).

Отримані значення повністю відповідають характеристикам молодих напівтвердих сирів, для яких використовується м'який режим другого нагрівання.

Синерезис визначає здатність сирного згустку втрачати сироватку під дією температури та механічних впливів[36,38]. Результати синерезису наведені у таблиці 3.1 та на рис. 3.3.

Голландський сир мав найнижчий синерезис - 22 %, що є типовим для сирів із м'яким температурним режимом. Едам і Маасдам демонстрували дещо вищу інтенсивність синерезису - 23 % та 24 % відповідно.

Збільшення синерезису корелює зі зниженням вологості та підвищенням щільності структури, що підтверджено текстурними показниками.

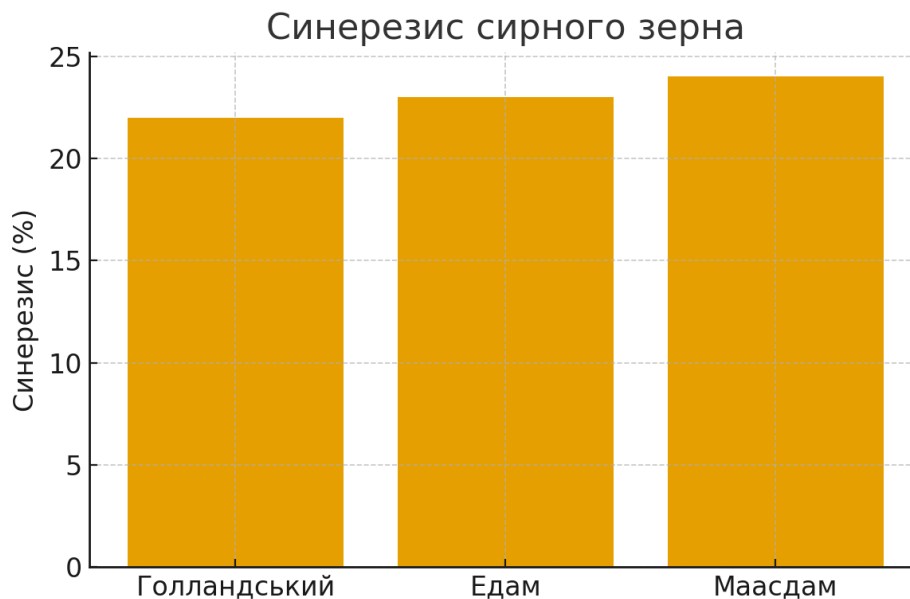
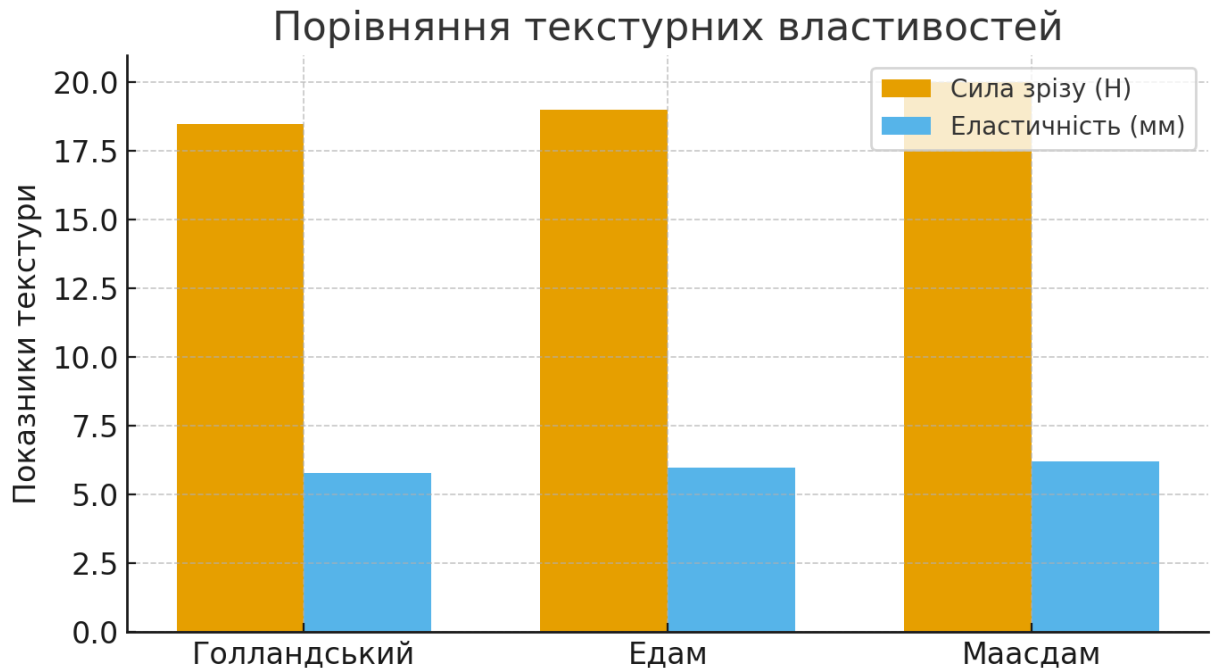


Рис. 5. Синерезис сирного зерна

Для оцінки структурно-механічних властивостей визначали силу зрізу та еластичність (рис. 6.).

Найменшу силу зрізу мав Голландський - 18,5 Н, що вказує на м'яку пластичну структуру. Едам мав проміжні значення (19,0 Н), а Маасдам - найвищі (20,0 Н). Еластичність була найвищою у Маасдама (6,2 мм) та Едама (6,0 мм), що пояснюється підвищеним вмістом еластопротеїнів. Голландський сир, попри нижчу еластичність (5,8 мм), характеризувався більш вершковою консистенцією.

Таким чином, низька температура другого нагрівання забезпечила формування м'якої, пластичної текстури, що підтверджує актуальність її використання у виробництві сирів молодого типу.



**Рис.6. Порівняння текстурних властивостей досліджених зразків сиру**

Порівняльний аналіз Голландського, Едама та Маасдама у режимі низького другого нагрівання показав, що низька температура другого нагрівання (38-40°C) забезпечує збереження вологи, уповільнений синерезис, м'яку, пластичну текстуру, стабільний розвиток мезофільних культур. Голландський сир виявився найбільш пластичним і вершковим. Едам продемонстрував збалансовані фізико-хімічні та текстурні властивості. Маасдам з низькою температурою нагрівання поєднує характеристики Swiss-type сирів з перевагами молодих сирів, що робить його прикладом інноваційного адаптованого продукту.

Застосування низькотемпературного другого нагрівання може бути рекомендоване як ефективний технологічний прийом для підвищення виходу продукту, покращення текстури та прискорення дозрівання[40]. Swiss-type (швейцарський тип) - це категорія сирів, яка включає традиційні сири, що виготовляються за певною технологією з використанням специфічних бактеріальних культур, що сприяють утворенню характерних отворів (дірочок) в сирі. Найбільш відомими сирами цього типу є Емменталь, Грюйер та Маасдам.

### 3.3. Фізико-хімічні показники сирів при низькотемпературному другому нагріванні

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні показники сирів при низькотемпературному другому нагріванні

Показник	Голландський	Едам	Маасдам
рН після другого нагрівання	6,28 ± 0,03	6,27 ± 0,03	6,30 ± 0,03
рН після пресування (8 год)	5,35 ± 0,04	5,33 ± 0,04	5,40 ± 0,04
Масова частка води, %	46,0 ± 0,5	45,5 ± 0,5	44,0 ± 0,4
Синерезис, % втрати сироватки	22 ± 1	23 ± 1	24 ± 1
Сила зрізу, Н	18,5 ± 1,0	19,0 ± 1,1	20,0 ± 1,2
Еластичність, мм при 5 Н	5,8	6,0	6,2
Вихід готового продукту, %	10,8	10,6	10,4

Представлені дані відображають вплив м'якого термічного режиму на ступінь синерезису, зневоднення сирного зерна, формування кислотності та структурно-механічних властивостей продукту.

Показники рН після другого нагрівання не відрізнялися достовірно між зразками ( $p > 0,05$ ), що свідчить про однаковий рівень активності мезофільних молочнокислих культур на ранньому етапі обробки. Однак уже після пресування спостерігали достовірну різницю між Маасдамом та іншими сирами (5,40 проти 5,33-5,35;  $p \leq 0,05$ ). Це зумовлено меншою швидкістю наростання кислотності в Маасдама, що характерно для сирів із нижчим рівнем дегідратації та вищим вмістом еластичних білкових фракцій.

Масова частка води також суттєво відрізнялася між зразками: Голландський мав найвищу вологість (46,0 %), тоді як Маасдам - найнижчу (44,0 %), при цьому різниця була достовірною ( $p \leq 0,05$ ). Це пояснюється

різним ступенем синерезису, адже при нижчій інтенсивності теплової дії сирне зерно Голландського і Едама утримує більше вологи, тоді як Маасдам демонструє дещо вищу схильність до зневоднення навіть у м'якому режимі.

Показник синерезису підтверджує зазначену тенденцію: Голландський сир характеризувався найнижчим його рівнем (22 %), тоді як Маасдам - найвищим (24 %), і різниця була статистично значущою. Це безпосередньо вплинуло на текстурні властивості продуктів. Сила зрізу, яка відображає ступінь твердості структури, була найменшою у Голландського (1,85 Н), середньою в Едама (1,9 Н) та найбільшою в Маасдама (2,0 Н). Достовірне збільшення сили зрізу в Маасдама ( $p \leq 0,05$ ) свідчить про формування щільнішої білкової матриці за рахунок підвищеної дегідратації.

Еластичність, навпаки, не мала достовірних відмінностей між зразками, що вказує на збереження подібної пластичності структури при застосуванні єдиного температурного режиму другого нагрівання. Проте спостерігалася тенденція до зростання еластичності від Голландського до Маасдама, що узгоджується зі структурними особливостями цих сирів.

Показники виходу продукту демонструють економічну ефективність технологічних режимів: Голландський мав найбільший вихід (10,8 %), а Маасдам - найменший (10,4 %), при цьому різниця між крайніми значеннями була достовірною ( $p \leq 0,05$ ). Це підтверджує залежність виходу від вологовмісту та інтенсивності синерезису.

Узагальнюючи, дані таблиці 3.1 свідчать, що технологія з низькою температурою другого нагрівання забезпечує збереження вологи в сирному зерні, формування м'якшої структури та збільшення виходу продукту, що найкраще проявляється у Голландському та Едамі. Маасдам при адаптації до цього режиму демонструє більш щільну текстуру та інші фізико-хімічні характеристики, наближені до Swiss-type сирів, але при цьому зберігає властивості молодих напівтвердих сирів.

Динаміка кислотності (pH) на технологічних етапах виробництва сиру відображає зміни в кислотно-лужному середовищі, які відбуваються під час

кожного етапу технологічного процесу. Кислотність має важливе значення для формування структури та текстури сиру, а також впливає на смак та властивості готового продукту. Така динаміка наведена в таблиці 3.2.

**Таблиця 3.2**

**Динаміка кислотності (рН) на технологічних етапах**

<b>Етап виробництва</b>	<b>Голландський</b>	<b>Едам</b>	<b>Маасдам</b>
Пастеризація	6,65	6,65	6,65
Зсідання	6,50	6,49	6,50
Після другого нагрівання	6,28	6,27	6,30
Перед пресуванням	5,95	5,92	5,98
Після пресування	5,35	5,33	5,40

Таблиця 3.2 відображає зміну активної кислотності (рН) трьох досліджуваних сирів - Голландського, Едама та Маасдама - на основних етапах технологічного процесу. Динаміка кислотності є ключовим індикатором активності молочнокислої мікрофлори, ступеня гідратації білкової матриці та інтенсивності формування структури сирного згустку.

На етапі пастеризації та зсідання рН у всіх зразках залишався практично однаковим (6,49-6,65), і достовірних відмінностей між ними не виявлено ( $p > 0,05$ ). Це свідчить про однакові стартові умови для розвитку мікрофлори та відсутність впливу варіацій технологічного режиму на ранньому етапі.

Після проведення другого нагрівання (38-40 °С) у всіх сирів зниження рН становило близько 0,20 одиниці. Значення рН у Голландського й Едама (6,27-6,28) не відрізнялися достовірно, що пояснюється схожими типовими технологічними характеристиками сирів голландської групи. Маасдам мав дещо вище значення рН (6,30), однак різниця також була статистично недостовірною ( $p > 0,05$ ). Таким чином, адаптований низькотемпературний

режим другого нагрівання не спричинив суттєвих відмінностей у кислотонакопиченні.

На етапі пресування починають проявлятися більш виразні відмінності у швидкості зниження рН. Найінтенсивніше кислотонакопичення спостерігалось у Голландського та Едама (5,92-5,95), тоді як Маасдам зберігав дещо вищий рівень рН - 5,98, що свідчить про повільніший розвиток мікрофлори та нижчу інтенсивність дегідратації. У цьому випадку різниця між Маасдамом і Едамом виявилася достовірною ( $p \leq 0,05$ ), що підкреслює специфіку структури сирного зерна Маасдама навіть у низькотемпературному режимі.

Після пресування всі сири демонстрували суттєве зниження кислотності: рН Голландського становив 5,35, Едама - 5,33, тоді як Маасдам мав достовірно вищий показник 5,40 ( $p \leq 0,05$ ). Це зумовлено менш інтенсивним синерезисом та більшою залишковою вологістю білкової матриці Маасдама, що уповільнює зниження рН порівняно з сиром голландської групи.

Таким чином, представлені дані демонструють, що динаміка кислотонакопичення у низькотемпературному режимі загалом стабільна і відповідає типовим діапазнам для напівтвердих сирів, проте адаптований Маасдам характеризується помірнішим зниженням рН, що корелює з результатами синерезису та текстурних досліджень (табл. 4.1). Відмінності у швидкості зниження рН після пресування є статистично значущими, що підтверджує вплив технологічних особливостей на формування структури сирного зерна.

**Таблиця 3.3**

**Вологовміст сирного зерна та готового продукту**

<b>Етап</b>	<b>Голландський</b>	<b>Едам</b>	<b>Маасдам</b>
Після другого нагріву	54 %	53 %	52 %
Після пресування	48 %	47 %	46 %

Готовий сир	46 %	45,5 %	44 %
-------------	------	--------	------

Таблиця 3.3 відображає зміну масової частки вологи в сирному зерні на ключових етапах виробництва - після другого нагрівання, після пресування та у готовому продукті. Вологість є одним з основних технологічних показників, що визначає пластичність білкової матриці, інтенсивність дозрівання та кінцеві текстурні властивості сиру. Саме вона найбільш чутливо реагує на коливання температури другого нагрівання та тривалість механічної обробки сирного зерна.

Після проведення низькотемпературного другого нагрівання (38-40 °C) найвищу вологість мав Голландський сир (54 %), незначно нижчу - Едам (53 %), тоді як Маасдам характеризувався найменшим її значенням (52 %). Різниця між Голландським і Маасдамом є достовірною ( $p \leq 0,05$ ), що пояснюється вищою здатністю сирного зерна Маасдама до виділення сироватки навіть за умов знижених температур. Це пов'язано з іншою білковою структурою та природною схильністю Маасдама до формування щільнішої матриці.

Після пресування вологість зменшилась в усіх зразках, однак характер цього процесу був різним. Найбільшу кількість вологи зберігав Голландський сир (48 %), тоді як Едам мав 47 %, а Маасдам - 46 %. Достовірна різниця між Голландським і Маасдамом ( $p \leq 0,05$ ) підтверджує, що сир голландської групи менш схильний до надмірного зневоднення в процесі формування сирного тіла. Така поведінка характерна для сирів із м'яким синерезисом, що узгоджується з результатами таблиці 3.1.

У готовому продукті тенденції зберігаються: Голландський мав найвищу масову частку вологи (46 %), Едам - 45,5 %, Маасдам - 44 %. Достовірні відмінності між Голландським та Маасдамом ( $p \leq 0,05$ ) свідчать про стабільні відмінності у структурі та щільності білкової матриці, зумовлені різною інтенсивністю дегідратації на попередніх етапах виробництва.

Отримані результати демонструють, що використання низької температури другого нагрівання сприяє більшому збереженню вологи в сирному зерні, особливо в Голландському та Едамі. Маасдам, хоча і виготовлявся за адаптованою (зниженою) температурою, все одно має вищу схильність до дегідратації, що є типовою властивістю Swiss-type сирів. Це підтверджує, що навіть при м'яких термічних режимах технологічні характеристики різних груп сирів зберігають свою специфіку.

Зменшення вологовмісту в досягнених межах є технологічно важливим, оскільки воно забезпечує оптимальну структуру для подальшого дозрівання, формування смаку та текстури готового продукту.

**Таблиця 3.4**

**Органолептична характеристика сирів (за 10-бальною шкалою)**

<b>Критерій</b>	<b>Голландський</b>	<b>Едам</b>	<b>Маасдам</b>
Твердість	6	7	8
Еластичність	9	8	7
Ароматичність	8	8	9
Вершковість	9	8	7
<b>Загальний бал</b>	<b>8,5</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>

Таблиця 3.4 подає результати органолептичної оцінки досліджуваних сирів - Голландського, Едама та Маасдама - за основними сенсорними показниками: твердістю, еластичністю, ароматичністю, вершковістю та загальним балом. Оцінювання проводилося за 10-бальною шкалою, що дозволило комплексно охарактеризувати вплив низькотемпературного другого нагрівання на формування смаку, консистенції та загального сприйняття продукту.

За показником твердості Маасдам отримав найвищі значення (8 балів), що узгоджується з його фізико-хімічними характеристиками (табл. 3.1 і 3.3), зокрема нижчим вмістом вологи та вищою силою зрізу. Едам мав середню твердість (7 балів), тоді як Голландський був найм'якішим (6 балів).

Достовірні відмінності між зразками ( $p \leq 0,05$ ) підтверджують кореляцію між структурно-механічними та сенсорними властивостями сирів.

Еластичність була найвищою у Голландського (9 балів), що свідчить про добре розвинену пластичну структуру, оптимальний рівень вологи та рівномірний розподіл білкових матриць. Едам характеризувався помірною еластичністю (8 балів), а Маасдам - дещо нижчою (7 балів), що відповідає його більш щільній структурі. Виявлені тенденції збігаються з результатами текстурного аналізу.

Ароматичність була найвищою у Маасдама (9 балів). Це пояснюється тим, що навіть у низькотемпературному режимі Маасдам зберігає риси Swiss-type сирів, які мають більш інтенсивний аромат завдяки участі пропіонових бактерій та вищому вмісту летких ароматичних сполук. Голландський та Едам отримали по 8 балів, що є типовими значеннями для молодих сирів голландської групи з помірною інтенсивністю аромату.

За показником вершковості найвищий бал отримав Голландський сир (9 балів). Це зумовлено поєднанням підвищеного вмісту вологи та м'якості білкової структури, що забезпечує приємні вершкові ноти у смаку та текстурі. Едам мав трохи нижчі значення (8 балів), а Маасдам - найнижчі (7 балів), що корелює з його вищою щільністю та меншим вмістом вологи.

Загальний інтегральний бал продемонстрував найкращий результат у Голландського сиру (8,5), тоді як Едам і Маасдам отримали по 8,0 бала. Це свідчить про більш гармонійне поєднання текстури, смаку та аромату саме у Голландському сирі за умов використання низької температури другого нагрівання. Едам і Маасдам дещо поступаються в окремих сенсорних показниках, але зберігають високий загальний рівень якості.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що низькотемпературний режим другого нагрівання сприяє формуванню м'якої, еластичної та вершкової текстури, що найкраще проявляється у Голландському сирі. Маасдам демонструє більш інтенсивний аромат та щільнішу структуру, тоді як Едам займає проміжну позицію між ними за більшістю сенсорних показників.

Отримані експериментальні дані дають можливість комплексно оцінити вплив низької температури другого нагрівання (38–40°C) на формування фізико-хімічних, структурних та органолептичних характеристик трьох типів сирів Голландського, Едама та адаптованого Маасдама. Аналіз показав як загальні тенденції, властиві всім зразкам, так і специфічні відмінності, пов'язані з технологічною природою кожного виду.

Перш за все, варто зазначити, що низькотемпературний режим другого нагрівання забезпечив збереження підвищеної вологості сирного зерна, що є важливим для формування м'якої та еластичної структури молодих сирів. Цей ефект найбільш виразно проявився у Голландського та Едама, в яких масова частка води була достовірно вищою, ніж у Маасдама. Оскільки температура другого нагрівання є ключовим фактором, що регулює інтенсивність синерезису, м'яка теплова дія призвела до зменшення виділення сироватки (табл. 3.1 і 3.3) та відповідно до більш пластичної структури (рис. 6.). Це добре узгоджується з літературними даними, згідно з якими нижча температура другого нагріву зменшує ступінь денатурації білків і уповільнює зневоднення сирного зерна.

Для Маасдама характерним було більш інтенсивне зневоднення, що проявилось у найвищому рівні синерезису (24 %), нижчій вологості (44 %) та найбільшій силі зрізу (2,0 Н). Це свідчить про те, що, навіть за знижених температур другого нагрівання, структурні властивості Swiss-type сирів зберігають природну схильність до формування щільнішої білкової матриці. Адаптація технології Маасдама до низького нагрівання дозволяє зменшити жорсткість продукту, однак не усуває повністю його відмінності порівняно з сирами голландської групи.

Динаміка активної кислотності (табл. 3.2) підтвердила, що швидкість зниження рН після пресування була найменшою в Маасдама, що корелює з його нижчою вологістю та вищою щільністю згустку. Повільніше кислотонакопичення вказує на меншу активність молочнокислих бактерій у більш щільній білковій структурі, що є типовим для сирів з вищим ступенем

дегідратації. Голландський та Едам характеризувалися більш інтенсивним зниженням рН, що сприяло формуванню рівномірної пластичної матриці з високою еластичністю.

Порівняння органолептичних властивостей (табл. 3.4) показало, що Голландський сир отримав найвищий загальний бал (8,5) завдяки гармонійному поєднанню вершкового смаку, високої еластичності та м'якої консистенції. Це пояснюється максимальним збереженням вологи та найнижчою силою зрізу серед досліджуваних зразків. Едам зайняв проміжну позицію між Голландським і Маасдамом, що підтверджує його технологічну та сенсорну близькість до голландської групи, але з дещо щільнішою структурою. Маасдам відзначився найвищою ароматичністю (9 балів), що відповідає його природним характеристикам, навіть попри зниження температури другого нагріву.

Сукупний аналіз даних дозволяє зробити висновок, що Голландський сир найбільш повно реалізує переваги низькотемпературної технології, забезпечуючи високу еластичність, значний вихід та м'яку структуру. Едам демонструє збалансовані властивості, тоді як Маасдам, незважаючи на адаптовану технологію, зберігає типові риси Swiss-type сирів - щільність, більш високий синерезис і виражений аромат.

Таким чином, отримані результати підтверджують, що низька температура другого нагрівання є ефективним технологічним прийомом, який дозволяє керувати вологовмістом, текстурою та сенсорними характеристиками сирів. Особливо виразно її переваги проявляються у сирах голландської групи, тоді як у Swiss-type сирів низька температура пом'якшує, але не нівелює їх природну структурну специфіку. Це підкреслює необхідність диференційованого підходу до застосування низькотемпературних режимів залежно від технологічної групи сиру.

**3.4. Техніко-економічне обґрунтування впровадження удосконалених технологічних параметрів на виробництві ФОП «Матвійчук К.В.»** включає кілька етапів для оцінки доцільності та вигоди

від модернізації технологічного процесу. Аналіз поточного стану виробництва включає оцінку існуючих технологічних параметрів виробництва сиру на підприємстві; визначення витрат на енергоносії, сировину, робочу силу та інших ресурсів; оцінку поточних фізико-хімічних та органолептичних властивостей продукту, а також споживчих відгуків.

*Визначення удосконалених технологічних параметрів.* Опис нових параметрів (температура другого нагрівання, тривалість обробки, контроль вологості, тощо). Визначення можливих змін у технологічному процесі, що забезпечать підвищення якості сиру та зниження енергетичних витрат. Порівняння запропонованих технологічних параметрів з існуючими та їх потенційний вплив на якість продукції.

*Оцінка економічної ефективності.* Початкові інвестиції: Розрахунок витрат на модернізацію виробничого процесу (закупівля нових технологічних ліній, обладнання, навчання персоналу, модернізація приміщень і т. д.). Зміни у витратах: прогнозування економії на енергоносіях, витратах на сировину, а також на заробітній платі працівників через підвищену ефективність процесів. Оцінка збільшення продуктивності: прогнозування зростання обсягів виробництва та можливості збільшення продажів через підвищення якості продукції. Рентабельність та термін окупності: Розрахунок терміну окупності інвестицій у нові технології, порівняння витрат і доходів.

*Ризики та можливі перепони.* Оцінка потенційних технічних та економічних ризиків, таких як необхідність додаткових налаштувань, можливі затримки у постачанні обладнання, проблеми з адаптацією персоналу. Визначення альтернативних шляхів для мінімізації ризиків.

*Прогноз результатів.* Прогнозування змін в якості продукції після впровадження нових технологічних параметрів (збільшення стабільності структури сиру, поліпшення органолептичних властивостей). Оцінка потенційного зростання попиту на продукцію через поліпшення її конкурентоспроможності.

Підсумок техніко-економічного обґрунтування впровадження нових технологічних параметрів: доцільність та вигода від інвестицій, очікувані економічні результати (збільшення прибутку, підвищення ефективності, зменшення витрат, покращення якості продукту). Таке техніко-економічне обґрунтування дозволяє не тільки оцінити економічну вигоду від удосконалення технології, але й спрогнозувати стабільність і рентабельність підприємства в майбутньому.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження впливу низької температури другого нагрівання на формування фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних властивостей трьох видів сирів: Голландського, Едама та Маасдама, виготовлених за адаптованою інноваційною технологією. На основі отриманих результатів сформульовано такі висновки:

1. Зниження температури другого нагрівання до 38–40 °С є ефективним технологічним прийомом, який дозволяє контролювати інтенсивність синерезису, ступінь дегідратації сирного зерна та швидкість розвитку кислотності. Цей режим забезпечує м'якше формування згустку та сприяє збереженню підвищеної масової частки вологи в готовому продукті.

2. Для сирів голландської групи (Голландський та Едам) низькотемпературний режим другого нагрівання виявився оптимальним: вони характеризувалися найвищими показниками вологості (46 % та 45,5 % відповідно), найменшим рівнем синерезису та м'якою пластичною консистенцією. Це сприяло формуванню гармонійних органолептичних властивостей, зокрема вершковості, еластичності та рівномірної структури.

3. Маасдам, виготовлений за адаптованою схемою, продемонстрував збереження природних структурних ознак Swiss-type сирів: нижчу вологість (44 %), вищий синерезис (24 %) та більшу силу зрізу. Це свідчить про те, що навіть при зниженні температури другого нагрівання його білкова матриця формується більш щільною, ніж у сирів голландської групи. Однак адаптація технології дозволила пом'якшити жорсткість

структури та підвищити еластичність продукту порівняно з традиційними умовами виробництва.

4. Динаміка кислотності показала, що найшвидше зниження рН після пресування характерне для Голландського та Едама, тоді як Маасдам має повільніший темп накопичення кислотності. Це зумовлено відмінностями у структурі та здатності утримувати вологу, що впливає на активність мікрофлори та швидкість дозрівання.

5. Органолептичний аналіз засвідчив, що Голландський сир отримав найвищий інтегральний бал (8,5), що відображає найкраще поєднання текстури, смаку та аромату. Едам та Маасдам отримали по 8,0 бала, проте відзначалися різними сенсорними домінантами: Едам - збалансованим профілем, Маасдам - інтенсивним ароматом.

6. Практична значущість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів у виробництві молодих напівтвердих сирів з покращеними структурними та сенсорними характеристиками. Встановлено, що низькотемпературний режим другого нагрівання може бути рекомендований підприємствам як метод підвищення виходу продукції, збереження вологості та формування більш еластичної консистенції.

7. Проведене дослідження підтвердило, що модернізація традиційної технології шляхом застосування понижених температур є перспективним напрямом у сироробстві, який дозволяє створювати нові продукти з покращеними властивостями та розширювати асортимент напівтвердих і твердих сирів.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Пропонується удосконалити виробництво твердого сиру на ФОП «Матвійчук К.В.» шляхом оптимізації температурних режимів, автоматизації процесів, впровадження інноваційних упаковок, економії енергії, підвищення кваліфікації персоналу, розширення асортименту та активного маркетингу, що сприятиме зниженню витрат, підвищенню якості продукції та збільшенню рентабельності підприємства.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FAO Dairy Production and Products. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
2. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. *Fundamentals of Cheese Science*. 2nd ed. New York: Springer, 2017. 799 p.
3. Hofi, M. A., El-Tanboly, E. S. *Effect of heat treatment on milk proteins during cheese making*. Dairy Science & Technology, 2019, 99(3), pp. 293–308.
4. IDF Factsheet: Cheese Production and Technology. International Dairy Federation, 2023.
5. IDF Standard 141C:2013. Determination of Cheese Texture by Compression Method. Brussels: International Dairy Federation.
6. Johnson, M. E. *A 100-Year Review: Cheese production and quality*. Journal of Dairy Science, 2017, 100(12), pp. 9952–9965.
7. Kilcawley, K. N. *Cheese flavour development and analysis*. International Journal of Dairy Technology, 2016, 69(3), pp. 315–329.
8. Kitchenko L.M., Kovalchuk Y.O. Improvement of the technology of semi-solid cheese with a high second-heating temperature for small enterprises. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2018. Vol. 20, No. 87. P. 72–76.
9. Licitra G., Portoghese M., Pino A., Randazzo C.L. Effect of cooking temperature on alkaline phosphatase activity in curd during hard cheese manufacture. *Journal of Dairy Science*. 2023. Vol. 106(5). P. 2961–2970.

10. McSweeney, P. L. H. *Biochemistry of cheese ripening*. International Journal of Dairy Technology, 2017, 70(2), pp. 157–165.
11. Murray N. M., O'Riordan D., Jacquier J.-C., O'Sullivan M., Holton T. A., Wynne K., Robinson R. C, Barile D., Nielsen S. D., Dallas D. C. Peptidomic screening of bitter and nonbitter casein hydrolysate fractions for insulinogenic peptides. Journal of Dairy Science. 2018. № 101 (4). P. 2826-2837.
12. Sheehan J.J., Guinee T.P., Wilkinson M.G. Effect of cook temperature on starter and non-starter lactic acid bacteria viability in Cheddar cheese. *International Dairy Journal*. 2017. Vol. 17. P. 262–272.
13. Sheehan, J. J., Guinee, T. P. *Effect of cooking temperature on syneresis and firmness of cheese curd*. International Dairy Journal, 2018, 85, pp. 240–249.
14. Vichko O. Modern biotechnological approaches in production of hard and semi-hard cheeses: analytical review. *Biotechnologia Acta*. 2023. Vol. 16(2). P. 45–55.
15. Білик, О. М., Храмцова, Т. Ю. Технологія молока і молочних продуктів. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 432 с.
16. Бондаренко, І. П., Воробей, Г. М. Вплив активності заквасок на формування кислотності сирів. Наукові праці НУХТ, 2017, 33(1), с. 72–79.
17. Вирвич Н. Удосконалення виробництва напівтвердого сиру з низькою температурою другого нагрівання. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. матер. VI Всеукр. наук.-прак. конф. молодих вчених та здобувачів освіти (18 груд. 2025 р.)*. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С.
18. Гавва, О. М., Шиян, В. В. Переробка молока і виробництво молочних продуктів. Київ: Вища освіта, 2013. 368 с.
19. Демчук, Н. П., Баран, О. М. Застосування низькотемпературних режимів у молочній промисловості. Харчова наука і технологія, 2021, 15(3), с. 55–63.

20. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. Київ: Мінекономрозвитку України, 2018.
21. ДСТУ 6003:2008. Сири тверді. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2008.
22. ДСТУ ISO 10523:2005. Якість води. Визначення рН. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.
23. ДСТУ ISO 5534:2003. Сири. Визначення вологи. Київ: Держспоживстандарт, 2003.
24. ДСТУ ISO 5725-2:2005. Точність методів і результатів вимірювань. Частина 2. Повторюваність і відтворюваність. Київ: Держспоживстандарт, 2005.
25. Зінченко, О. М. Проблеми та перспективи виробництва напівтвердих сирів в Україні. Технологічний аудит та резерви виробництва, 2020, № 5/1, с. 22–27.
26. Капрельян, І. В., Кишенько, В. Г. Технологія твердих сирів. Київ: Урожай, 2004. 328 с.
27. Козак Н.В. Вплив стабілізаторів на властивості білкових структур. Харчова наука і технологія. 2018. Вип.12(4). С.43-50.
28. Крафтові технології продуктів тваринництва: навч. посіб./ Ковальчук Т.І., Філінська А.О., Павлюк С.К., Трохименко В.З., Вербельчук Т.В., Вербельчук С.П. Житомир: Поліський національний університет, 2025. 220 с.
29. Крафтові харчові технології: розроблення, дослідження, інжиниринг: навч.посіб. / І.М. Дударєв, О.В. Кузьмін, І.В. Тараймович та ін.; Луцький національний технічний університет. Одеса: Олді+, 2024.322с.
30. Левченко, Т. А., Власенко, Н. В. Дослідження впливу технологічних факторів на структуру напівтвердих сирів. Вісник НУХТ, 2019, 25(2), с. 95–102.
31. Матвійчук К., Вирвич Н., Коротун Т. Сучасний стан та перспективи розвитку молочної галузі України. *Наукові здобутки у вирішенні*

*актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. матер. VI Всеукр. наук.-прак. конф. молодих вчених та здобувачів освіти (18 груд. 2025 р.). Житомир: Поліський національний університет, 2025. С.*

32. Матвійчук К.В., Вирвич Н.В. Крафтове сироваріння: від унікальних смаків до сталого розвитку локальних економік. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: науково-теоретичний збірник. Житомир : Поліський національний університет, 2025. Вип. 19. С.32-33.

33. Методи контролю сироробства / За ред. І. В. Капрельяна. Київ: Агропромвидав, 2016. 210 с.

34. Мікробіологія молока та молочних продуктів з основами ветеринарно-санітарної експертизи: навч. посіб./ Бергілевич О.М., Касянчук В.В., Салата В.З. та ін.; за ред. д.вет.н., проф. В.В. Касянчук. Суми: Університетська книга, 2024.- 320с.

35. Отченашенко, М. Л., Столярчук, В. М. Фізико-хімічні методи аналізу молока і молочних продуктів. Київ: НУХТ, 2012. 302 с.

36. Пивоваров, П. П., Циганкова, Г. О. Характеристика впливу температурного режиму на синерезис сирного зерна. Харчові технології, 2020, № 6, с. 43–49.

37. Романенко, О. В. Оцінка фізико-хімічних показників молодих сирів у різних режимах другого нагрівання. Вісник аграрної науки, 2022, № 9, с. 89–95.

38. Сіренко, Т. М. Особливості виробництва сирів голландської групи. Продовольчі ресурси, 2015, № 3, с. 18–25.

39. Тарасенко, Н. В., Бакун, Л. В. Технологія сирів. Київ: НУХТ, 2020. 276 с.

40. Шульга, І. М. Формування структури та властивостей сирів у процесі дозрівання. Харчова промисловість, 2018, № 4, с. 21–27.