

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРИ БЕЗЛАКТОЗНОГО СИРОВАТКОВОГО СИРУ «CAMEL CHEESE»

Синенко Тетяна Павлівна

доктор філософії

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-5300-5142

tetiana.synenko@snau.edu.ua

Барабанова Любов Павлівна

студент магістратури

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0003-7958-1505

liubov.barabanova@fht.snau.edu.ua

Перспективність виробництва сироваткового сиру, що обумовлено позитивним соціальним, економічним та екологічним впливом, виробництвом доступних, поживних продуктів та безвідходним виробництвом, в роботі обґрунтовано доцільність розробки нових рецептурних композицій сирів на основі сироватки молочної. Для досягнення даної цілі було визначено можливість використання гідролізованої згущеної молочної сироватки в технології сирів по типу «Брюност». Згідно отриманих результатів в сироватці згущеній вміст сухих речовин в 3,3 рази більший ніж в нативній сироватці. Дослідження якісних показників сироватки згущеної дозволяють вважати її перспективною для використання в технології сирів типу «Брюност». В сироватці молочної основну хімічного складу займає лактоза. Відомо, що присутність даного типу цукру в продуктах може мати обмеження до споживання окремими категоріями населення, які мають лактозну непереносимість. Для розширення кола споживачів – виготовлення безлактозного продукту, і скорочення тривалості теплової обробки (уварювання), а саме пришвидшення утворення характерних сенсорних показників «коричневого сиру», нами запропоновано попередній ферментоліз лактози сироватки молочної згущеної. Відповідальним етапом технології «коричневих сирів» є утворення характерного забарвлення, смаку та аромату сиру при теплової обробки (уварювання) – випарювання вологи та згущення суміші. На інтенсивність утворення смако-ароматичних речовин, забарвлення та вмісту сухих речовин в суміші впливають такі технологічні параметри теплової обробки (уварювання), як температура і тривалість. По результатам дослідження, встановлені такі раціональні параметри теплової обробки: температура – (95,0±3,0)°C; тривалість – (240...270) хвилин. Результати визначення виходу сиру показують, що використання сироватки згущеної в рецептурі сиру сприяє збільшенню виходу сиру в 1,87 рази. Згідно сенсорних показників розроблений безлактозний сир «Caramel cheese» характеризується більш привабливими характеристиками для споживача, порівняно з класичним варіантом сиру.

Ключові слова: молочна сироватка, безвідходне виробництво, безлактозні продукти, біологічна цінність, сенсорні показники.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.4.7>

Вступ. Виробництво сироваткового сиру має позитивний соціальний, економічний та екологічний вплив з точки зору підтримки місцевих виробників, виробництва доступних, поживних продуктів та безвідходного виробництва (Barba, 2021).

Виробництво сирів з сироватки сягає коріння самих ранніх етапів сироваріння. До найбільш відомих традиційних сирів з сироватки належать Рікотта (Італія), Анфотирос і Манурі (Греція), Брюност (Норвегія), Месост (Швеція), Вурда (Україна) та інші. Ці сири мають різні назви залежно від країни та регіону, з яких вони походять (Bintsis, 2023, Kazou et al., 2022).

Виробництво сирів з сироватки ґрунтується на денатурації білків сироватки шляхом нагрівання до 88–92°C. Сироватку можна використовувати як в чистому вигляді, так із додаванням невеликої частки молока або вершків (Augustyniak et al., 2023).

Унікальним сироватковим сиром є Брюност (норвезькою «Brunost») – коричневий сироватковий сир, який отримують шляхом теплового випарювання сироватки,

змішаної з молоком і вершками. Кількість молока та вершків зазвичай становить приблизно 40% від загальної кількості використаної сироватки. Завдяки високому вмісту лактози, цей сир зазвичай набуває коричневого кольору під час переробки і має солодкий, варений і карамельний смак (Abrahamsen et al., 2008). Відмінністю коричневого сиру від інших видів сирів є те, що він не проходить жодного процесу дозрівання і зберігається в холодильнику кілька місяців.

Традиційна технологія сиру Брюност є високо затратною через енерговитрати пов'язані із довготривалим нагріванням (уварюванням) молочної суміші (сироватка з додаванням вершків з/без знежиреного молока). Виробництво цього сиру зосереджене переважно в Норвегії та Швеції (Grek et al., 2020).

Унікальною характеристикою «коричневих сирів» (по типу «Брюност») є забарвлення – від світло-коричневого до темно-коричневого і приємний солонувато-карамельний смак і аромат. Дані сенсорні дескриптори виникають під час довготривалої термічної обробки молочної суміші

(уварювання при високих температурах (90...100°C). Під час цього процесу протікає реакція Майяра – молочний цукор (лактоза) вступає в реакцію з сироватковими білками (Laroque et al., 2008). Кінцевими продуктами реакції є речовини, які впливають за смак, аромат і колір. Однак при довготривалій термічній обробці зменшується біологічна цінність продукту.

В дослідженні (Synenko et al., 2022) показано, що лактоза менш реакційний тип цукру порівняно з глюкозою. Гідроліз лактази призводить до утворення цукрів глюкози та галактози, які є більш реакційними цукрами в реакції Майяра.

Відомі технології «коричневого сиру», коли до згущеної молочної суміші з метою прискорення процесу утворення забарвлення та карамельного присмаку додають глюкозу (Abrahamsen et al., 2008, Jelen et al., 2022).

Актуальним є дослідження можливості використання концентрованої солодкої сироватки отриманої мембранним обробленням (нанофільтрацією) із гідролізованою лактозою, як основну сировину для виробництва «коричневих» сирів.

Мета роботи: розробити рецептуру безлактозного сироваткового сиру. Для досягнення даної цілі було визначено можливість використання гідролізованої згущеної молочної сироватки в технології сирів по типу «Брюност».

Матеріали і методи досліджень. В якості основної сировини використовували сироватку молочну та сироватку згущену (виробник ТОВ «Богодухівський молзавод, Україна).

Для гідролізу лактози використовували фермент лактаза NOLA Fit 5500 (Chr. Hansen, Данія).

Зразки сирів виготовляти із суміші сироватки, вершків та молока в лабораторній сироварні. В якості контрольного зразка використано рецептуру класичного сиру «Брюност».

Масову частку сухих речовин у сирі визначали методом висушування до сталого значення показника згідно ДСТУ 8552:2015. Масову частку білка визначали методом К'ельдаля згідно ДСТУ 5038:2008. Масову частку

жиру визначали кислотним методом (методом Гербера) згідно ДСТУ ISO 2446:2019.

Зміну забарвлення контролювали за оптичною щільністю визначену спектрофотометричним методом при довжині променів 420нм (A420).

Органолептичні показники зразків сиру визначали згідно ДСТУ 6003:2008, з рекомендаціями описаними в міжнародному стандарті ISO 22935-2:2023. Експерта комісія описовим методом оцінювала зовнішній вигляд, консистенцію, смак, запах, колір, вигляд на розрізі.

Математично-статистична обробка одержаних результатів здійснена на ЕОМ з використанням програмного забезпечення MS Excel 2016. Визначена величина достовірності відхилення (p) не перевищує 0,05, що свідчить про значення показника точності (P) результатів більше 0,95.

Результати досліджень. В роботі розглядається удосконалення технології сиру типу «Брюност», який виробляють шляхом теплової обробки (уварювання) – випарювання вологи із молочної суміші (сироватки, молоко і вершки) до загального вмісту сухих речовин близько 80%. Під час уварювання відбувається зміна кольору від світло-коричневого до темно-коричневого (карамельного). Після сир охолоджують до температури близько (78±2)°C і розливають у роздрібну упаковку, далі доохлоджують при температурі (4±1)°C.

На першому етапі досліджень обґрунтовано доцільність використання сироватки молочної згущеної (вміст сухих речовин 20%), отриманої шляхом видалення вологи (концентрації та часткової демінералізації) методом мембранного розподілу на установці нанофільтраційного типу АВ (Automatic Basic).

Результати визначення показників якості дослідних зразків молочної сироватки згущеної (вміст сухих речовин 20%) і порівнянні із нативною сироваткою солодкою (до процесу нанофільтрації) представлено в табл. 1.

Згідно отриманих результатів (табл. 1) в сироватці згущеній вміст сухих речовин в 3,3 рази більший ніж в нативній сироватці. Основним компонентом дослідних зразків сироватки є лактоза, вміст якої досягає 4,3% в сироватці нативній, до 16,5% в сироватці згущеній.

Таблиця 1

Якісні показники зразків молочної сироватки

Найменування показника	Значення	
	сироватка молочна солодка	сироватка молочна згущена
Зовнішній вигляд	Однорідна рідина, із незначним білковим осадом	Густа текуча однорідна рідина
Колір	Жовто-зелений	Світло-жовтого, рівномірний по всій масі
Запах	Чистий, притаманний сироватці сирній, без сторонніх запахів	Чистий, притаманний сироватці, без сторонніх запахів
Смак	Кисло-солодкий, без сторонніх присмаків	Солодко-кислуватий, без сторонніх присмаків
Активна кислотність, рН од.	4,95 ±0,01	5,67 ±0,01
Густина, кг/м ³	1020,0 ±0,1	1085,0 ±0,1
Вміст сухих речовин, %	6,68 ±0,15	22,2 ±0,15
Вміст білка, %	1,12 ±0,01	4,01 ±0,02
Вміст жиру, %	0,02 ±0,01	0,05 ±0,01
Вміст вуглеводів, % в тому числі цукри:	4,55 ±0,15	17,01±0,15
Лактоза	4,31 ±0,05	16,50 ±0,05
Вміст золи, %	0,75 ±0,08	1,25 ±0,08

Наступним етапом визначено оптимальні параметри технологічного процесу виробництва сирів на основі вторинної сировини, саме параметрів теплової обробки (уварювання).

В роботі досліджувалися вплив параметрів теплової обробки (уварювання) молочної суміші:

- температура – (90...100)°C;
- тривалість – 1...5 год.

За контрольні параметри оцінювання впливу теплової обробки (уварювання) вибрано: вміст сухих речовин, зміна/поява забарвлення (оптична щільність), зміна/поява дескрипторів смаку і аромату. Результати досліджень представлено на рис. 1–3.

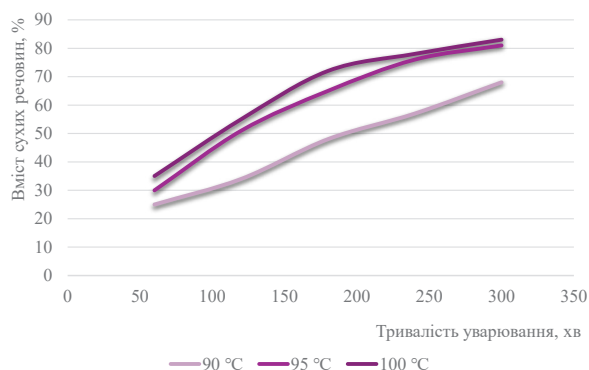


Рис. 1. Динаміка вмісту сухих речовин при тепловій обробці (уварювання) молочної суміші

Дані представлені на рис. 1 показують, що при збільшенні тривалості теплової обробки вміст сухих речовин в молочній суміші зменшуються за всіх дослідних температурних режимах.

Інтенсивність зміни забарвлення досліджували визначенням оптичної щільності зразків при довжині проміння світла 420н (A420). На рис. 2 систематизовано результати досліджень оптичної щільності суміші від тривалості теплової обробки (уварювання) та температурних режимів.

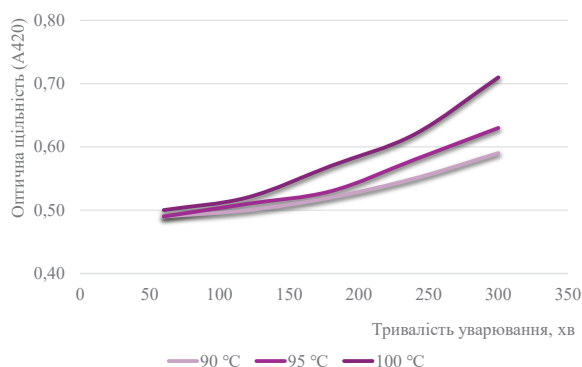


Рис. 2. Динаміка оптичної щільності (A420) при тепловій обробці (уварювання) молочної суміші

Значення оптичної щільності (рис. 2) при температурі 90°C змінюється плавно, більш помітно починає змінюватися із 180 хв теплової обробки за температури 95°C, із 150 хв – при 100°C.

Високі показники оптичної щільності в зразках оброблених протягом 200...250 хв при температурі 100°C, вказують на початок процесу карамелізації (утворення меланоїдинів).

Відповідно до результатів вмісту сухих речовин та оптичної щільності, для подальшого сенсорного аналізу відібрано наступні технологічні параметри уварювання: температура (90...100)°C, тривалість (180...300) хв.

Сенсорним аналізом за обраними дескрипторами встановлювали зміну при тепловій обробці (уварювання) характеристик смаку та аромату від бажаних до неприємних. Оцінку запаху і смаку сирів здійснювали за допомогою сенсорного профільного методу. При проведенні сенсорного аналізу комісією експертів було визначено наступні дескриптори:

- смаку: солодкий, кислий, солоний, гіркий;
- аромату: подібний карамельному, сироватковий, пригорілий.

Побудовані профілі запаху і смаку сирів отриманих за різних параметрів теплової обробки представлено на рис. 3.

Отримані дані (рис. 3) показують, що при тепловій обробці (уварювання) за температури (95...100)°C і тривалості 240...300 хв, сенсорний профіль запаху і смаку сирів максимально наближений до «ідеального» профілю.

Після визначення та прийняття раціональних значень технологічних параметрів теплової обробки (уварювання) молочної суміші при виробництві сиру визначено вихід продукту. Результати представлено у порівнянні із сиром виготовленим за класичною рецептурою на рис. 4.

За проведеними дослідженнями, розроблено рецептуру сирів на основі молочної сироватки (табл. 2).

На рис. 5 представлено зовнішній вигляд сирів на основі вторинної сировини. Розробленому сиру із використанням гідролізованої згущеної сироватки присвоєно назву «Caramel cheese».

Згідно сенсорних показників (рис. 5) розроблений «коричневий сир» характеризується більш щільною структурою після повного охолодження, що робить сир зручнішим для споживання. За кольором дослідні зразки сирів майже не відрізняються, що забезпечує правильно підібрані технологічні параметри теплової обробки (уварювання) і постійних їх контроль в ході виробництва. Однак відзначено, що смак розроблено сиру є більш солодким з приємним карамельним відтінком, що пояснюється попереднім гідролізом лактози до глюкози, яка має більший солодкий індекс.

Обговорення. Згідно отриманих результатів (табл. 1) в сироватці згущеній вміст сухих речовин в 3,3 рази більший ніж в нативній сироватці. Дослідження якісних показників сироватки згущеної дозволяють вважати її перспективною для використання в технології сирів типу «Брюност». При цьому можна припустити, що тривалість термічної обробки (уварювання) скоротиться, а отже, дозволить зберегти максимальну кількість корисних компонентів (білкових речовин, вітамінів тощо).

В сироватці молочній (табл. 1) основну хімічного складу займає лактоза. Відомо, що присутність даного

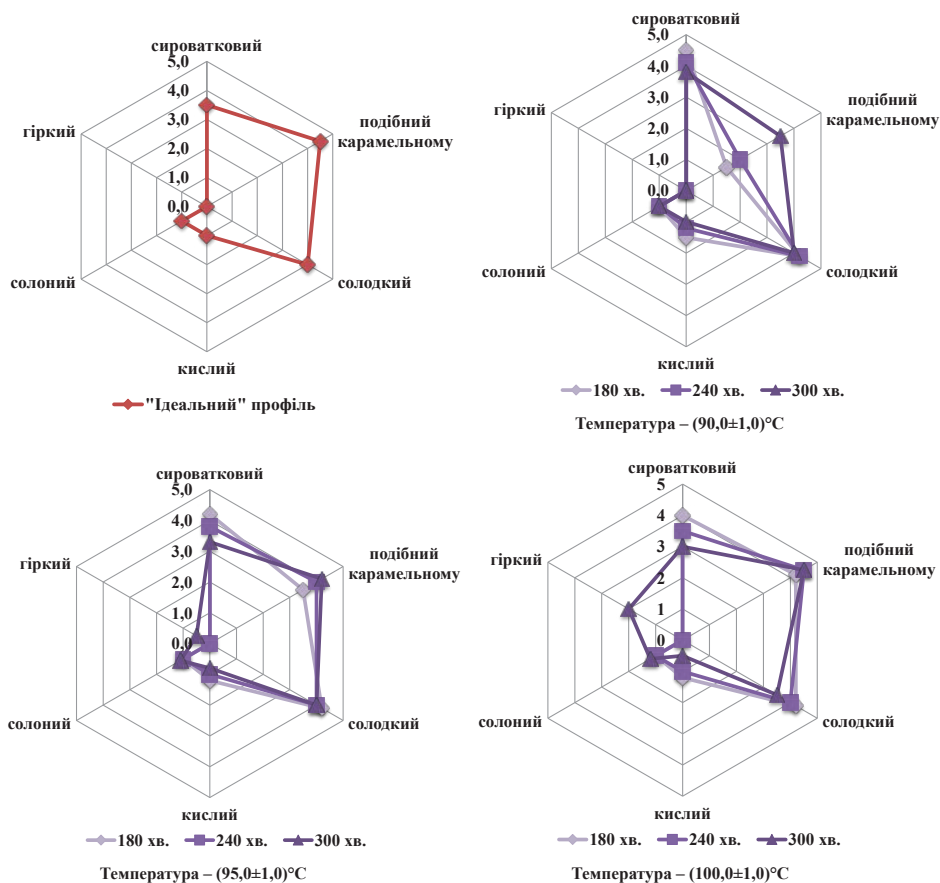


Рис. 3. Сенсорні профілі запаху і смаку сирів при різних параметрах теплової обробки (уварювання)

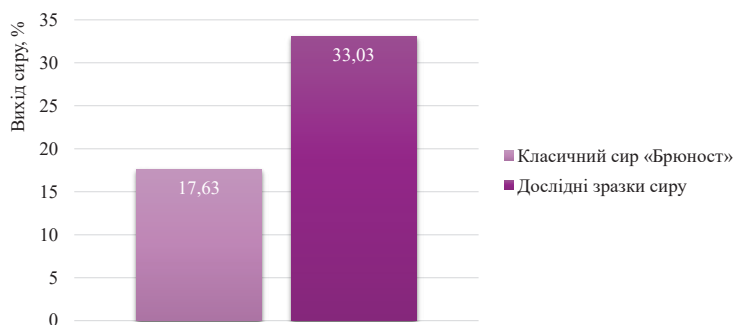


Рис. 4. Вихід сиру

Таблиця 2

Рецептурна композиція сирів на основі молочної сироватки

Сировина	Класичний сир «Брюност»		Розроблений сир «Caramel cheese»	
	%	кг	%	кг
Сироватка молочна	71,43	1000,0	-	-
Сироватка молочна згущена	-	-	71,43	1000,0
Знежирене молоко	19,29	270,0	19,29	270,0
Вершки	9,29	130,0	9,29	130,0
Ферментний препарат НА-Lactase 2100	1,0	10,0	1,0	10,0
Всього	100,00	1400,0	100,00	1400,0

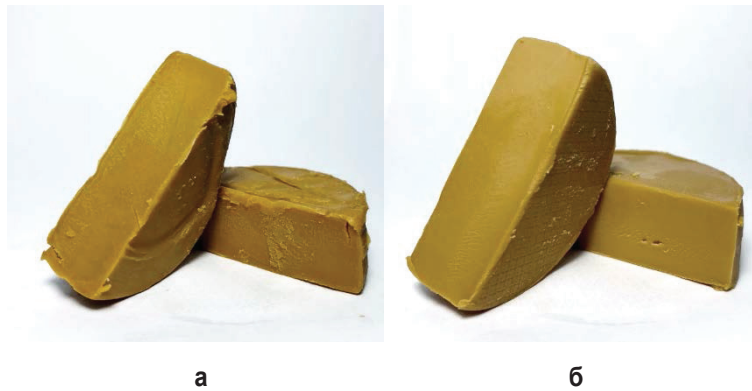


Рис. 5. Зовнішній вигляд сирів: а – класичний «Брюност»; б – розроблений безлактозний сир «Caramel cheese»

типу цукру в продуктах може мати обмеження до споживання окремими категоріями населення, які мають лактозну непереносимість.

Для розширення кола споживачів – виготовлення безлактозного продукту, і скорочення тривалості теплової обробки (уварювання), а саме пришвидшення утворення характерних сенсорних показників «коричневого сиру», нами запропоновано попередній ферментоліз лактози сироватки молочної згущеної. Гідроліз лактази призведе до утворення цукрів глюкози та галактози, які відповідно є більш реакційними цукрами в реакції Майяра [16].

Задля досягнення цілі – зменшення вмісту лактози в сироватці згущеній, підібрано ферментний препарат лактаза NOLA Fit 5500 (Chr. Hansen (Данія)). В сироватку згущену при температурі $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ вносили лактазу в кількості 1,0%. Ферментативний гідроліз проводили при температурі $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом 90 хв.

Відповідальним етапом технології «коричневих сирів» є утворення характерного забарвлення, смаку та аромату сиру при теплової обробки (уварювання) – випарювання вологи та згущення суміші.

На інтенсивність утворення смако-ароматичних речовин, забарвлення та вмісту сухих речовин в суміші впливають такі технологічні параметри теплової обробки (уварювання), як температура і тривалість. Зазначені параметри дозволяють контролювати вихід та якість кінцевого продукту.

Представлені дані (рис. 1) показують, що при збільшенні тривалості теплової обробки вміст сухих речовин в молочній суміші зменшуються за всіх дослідних температурних режимів.

Дослідження зміни інтенсивності забарвлення дозволяє визначити на якій стадії знаходиться реакція Майяра, адже потемніння суміші говорить про утворення кінцевих продуктів реакції (меланоїдинів). Останні в свою чергу є не бажаними, оскільки втрачається біологічна і харчова цінність.

Значення оптичної щільності (рис. 2) при температурі 90°C змінюється плавно, більш помітно починає змінюватися із 180 хв теплової обробки за температури 95°C , із 150 хв – при 100°C .

Високі показники оптичної щільності в зразках оброблених протягом 200...250 хв при температурі 100°C ,

вказують на початок процесу карамелізації (утворення меланоїдинів).

Відповідно до результатів вмісту сухих речовин та оптичної щільності, для подальшого сенсорного аналізу відібрано наступні технологічні параметри уварювання: температура $(90...100)^\circ\text{C}$, тривалість $(180...300)$ хв.

Отримані дані (рис. 3) показують, що при теплової обробці (уварювання) за температури $(95...100)^\circ\text{C}$ і тривалості 240...300 хв, сенсорний профіль запаху і смаку сиру максимально наближений до «ідеального» профілю.

Таким чином, по результатам дослідження утворення характерних особливостей сиру по типу «Брюност» встановлені такі раціональні параметри теплової обробки: температура – $(95,0 \pm 3,0)^\circ\text{C}$; тривалість – $(240...270)$ хвилин.

Результати визначення виходу сиру (рис. 4) показують, що використання тієї ж кількості сироватки згущеної в рецептурі сиру по типу «Брюност» за класичною рецептурою сприяє збільшенню виходу сиру в 1,87 рази. Це пояснюється більшим значенням вмісту сухих речовин в сироватці згущеній порівняно з нативною сироваткою (табл. 1).

Згідно сенсорних показників розроблений безлактозний сир «Caramel cheese» характеризується більш привабливими характеристиками для споживача, порівняно з класичним варіантом сиру.

Висновки. Згідно з результатами досліджень визначено, що сироватка молочна згущена (вміст сухих речовин 20%), отримана шляхом видалення вологи (концентрації та часткової демінералізації) методом мембранного розподілу на установці нанофільтраційного типу АВ (Automatic Basic) є перспективною сировиною при виробництві сиру по типу «Брюност».

Для розширення кола споживачів – виготовлення безлактозного продукту, і скорочення тривалості теплової обробки (уварювання), а саме пришвидшення утворення характерних сенсорних показників «коричневого сиру», встановлено доцільність попереднього ферментолізу лактози сироватки молочної згущеної. Для розщеплення лактози в сироватці згущеній до цукрів глюкози та галактози підібрано ферментний препарат лактаза NOLA Fit 5500 (Chr. Hansen (Данія)).

На основі комплексного дослідження обґрунтовано технологічні параметри виробництва безлактозного сиру на основі молочної сироватки. Встановлено, що сир з максимально привабливими сенсорними показниками виготовляється при раціональних значеннях

технологічних параметрів теплової обробки (уварювання) молочної суміші, а саме температура – $(95\pm 3)^\circ\text{C}$, тривалість – (240...270) хвилин.

Таким чином, розроблено рецептуру безлактозного сиру на основі молочної сироватки «Caramel cheese».

Бібліографічні посилання:

1. Abrahamsen, R.K., Gjerde, R., Bakkene, G. & Steinholt, K. (2008): Brunosten – en norsk historie. [Brunosten – a Norwegian story] Oslo: Tun forlag. [in Norwegian]
2. Augustyniak, A., Gottardi, D., Giordani, B., Gaffey, J., & Mc Mahon, H. (2023). Dairy bioactives and functional ingredients with skin health benefits. *Journal of Functional Foods*, 104, 105528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105528>
3. Barba, F. J. (2021). An integrated approach for the valorization of cheese whey. *Foods*, 10(3), 564. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10030564>
4. Bintsis, T., & Papademas, P. (2023). Sustainable approaches in whey cheese production: A review. *Dairy*, 4(2), 249–270. doi: <https://doi.org/10.3390/dairy4020018>
5. Grek, O., Ovsienko, K., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., & Kumar, A. (2020). Influence of wheat food fiber on the structure formation process of whey-creamy cheeses. *Ukrainian Food Journal*, 9(2), 332–343. doi: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-2-6>
6. Jelen, P. (2022). Lactose: Occurrence, Properties, Reactions, and Significance. In: McSweeney, P.L.H., O'Mahony, J.A., Kelly, A.L. (eds) *Advanced Dairy Chemistry*. Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92585-7_1
7. Kazou, M., & Tsakalidou, E. (2022). No Microbes, No Cheese. *Good Microbes in Medicine, Food Production, Biotechnology, Bioremediation, and Agriculture*, 149–159. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119762621.ch12>
8. Laroque, D., Inisan, C., Berger, C., Vouland, É., Dufossé, L., & Guérard, F. (2008). Kinetic study on the Maillard reaction. Consideration of sugar reactivity. *Food chemistry*, 111(4), 1032–1042. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.033>
9. Synenko, T. P., Frolova, N. E., Sokolenko, V. V., & Huba, S. O. (2022). Doslidzhennia vplyvu typu tsukru na reaktsiiu Maiiara v modelnykh systemakh iz hidrolizatom syrovatkovykh bilkiv [Investigation of the influence of the sugar types in the model systems with whey protein hydrolysate on maillard reaction]. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 1, 135–146. doi: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.1.15> [in Ukrainian].

Syenko T. P., PhD, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Barabanova L. P., Master's degree, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

The substantiation of the recipe for lactose-free whey cheese «Caramel cheese»

Given the prospects of whey cheese production due to the positive social, economic, and environmental impact, affordable, nutritious products, and waste-free output, the paper substantiates the feasibility of developing new cheese formulations based on whey. To achieve this goal, we determined the possibility of using hydrolyzed condensed whey in the technology of Brunost-type cheeses. According to the results obtained, the content of solids in condensed whey is 3.3 times higher than in native whey. The study of the quality indicators of condensed whey allows us to consider it promising for use in the technology of Brunost cheese. In whey, lactose makes up the bulk of the chemical composition. It is known that the presence of this type of sugar in products may restrict consumption by specific categories of the population with lactose intolerance. To expand the range of consumers – to produce a lactose-free product, and to reduce the duration of heat treatment (boiling), namely to accelerate the formation of the characteristic sensory indicators of «brown cheese,» we propose preliminary enzymolysis of lactose in condensed whey. A crucial stage in brown cheese technology is the formation of the cheese's characteristic color, taste, and aroma during heat treatment (boiling), which involves evaporation of moisture and thickening of the mixture. The intensity of the formation of flavor and aroma substances, color, and solids content in the mix is influenced by the technological parameters of heat treatment (boiling), such as temperature and duration. According to the study's results, the following rational parameters of heat treatment were established: temperature – $(95.0\pm 3.0)^\circ\text{C}$; duration – (240...270) minutes. The results of determining the cheese yield show that using condensed whey in the cheese recipe increases the cheese yield by 1.87 times. According to sensory indicators, the developed lactose-free cheese 'Caramel cheese' is characterized by more attractive characteristics for the consumer than the classic cheese version.

Key words: whey, waste-free production, lactose-free products, biological value, sensory characteristics.