

УДК 637.344:641.528.6:635.656  
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.36>

## ТЕХНОЛОГІЯ СИРУ СУЛУГУНІ З НАСІННЯМ ЛЬОНУ

**Клименко О. Г.** – аспірантка

Одеського національного технологічного університету

ORCID ID: 0009-0000-2862-207X

Researcher ID: KIK-3426-2024

**Ткаченко Н. А.** – доктор технічних наук, професор кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси

Одеського національного технологічного університету

ORCID ID: 0000-0002-2557-3927

Scopus-Author ID: 57190658629

Researcher ID: E-1313-2016

У статті представлено розроблену технологію виробництва сиру сулугуні з додаванням насіння льону (*Linum usitatissimum* L.). У роботі розглядаються особливості виробництва функціонального сиру сулугуні з додаванням насіння льону. Визначено, що додавання насіння льону дозволяє підвищити харчову цінність традиційного продукту за рахунок збагачення його омега-3 поліненасиченими жирними кислотами, антиоксидантами, харчовими волокнами та лігнанами. Описано основні етапи технологічного процесу з детальним зазначенням температурних режимів, тривалості операцій та рівня кислотності на ключових стадіях. Надано описання органолептичних властивостей готового продукту: щільна, еластична консистенція з характерним розшиаруванням і приємним горіховим присмаком. Досліджено вплив двох методів попереднього вологотермічного оброблення насіння льону – витримування у насиченій парі при температурі 100 °C протягом 10 хвилин і замочування у воді при 85 °C протягом 20 хвилин – на технологічний процес та органолептичні характеристики готового продукту. Встановлено, що оброблення паром є більш доцільним для промислового виробництва, оскільки забезпечує мікробіологічну безпечність, рівномірний розподіл насіння у сирній масі та зменшує ризик надмірного слизоутворення. Запропонована модифікація технології не лише зберігає характерні органолептичні властивості сиру сулугуні, але й підвищує його харчову цінність та біологічну ефективність завдяки вмісту омега-3 жирних кислот, клітковини та антиоксидантів насіння льону. Окреслено переваги використання функціональних інгредієнтів у традиційних продуктах як напрям розвитку здорового харчування. Робота може бути корисною як для крафтових, так і для промислових підприємств сироробної галузі, які прагнуть розширити асортимент за рахунок створення сирів оздоровчого призначення на основі традиційних рецептур та фізіологічно функціональних інгредієнтів.

**Ключові слова:** сир сулугуні, насіння льону (*Linum usitatissimum* L.), фізіологічно функціональний інгредієнт, вологотермічне оброблення, технологія, органолептичні властивості, харчова цінність, біологічна ефективність.

### **Klymenko O. G., Tkachenko N. A. Technology of suluguni cheese with flax seeds**

The article presents the developed technology for the production of suluguni cheese with the addition of flax seeds (*Linum usitatissimum* L.). The paper examines the features of the production of functional suluguni cheese with the addition of flax seeds. It was determined that the addition of flax seeds allows to increase the nutritional value of the traditional product by enriching it with omega-3 polyunsaturated fatty acids, antioxidants, dietary fiber and lignans. The main stages of the technological process are described with a detailed indication of temperature regimes, duration of operations and acidity level at key stages. A description of the organoleptic properties of the finished product is provided: dense, elastic consistency with characteristic delamination and a pleasant nutty flavor. The influence of two methods of preliminary humid-thermal treatment of flax seeds – holding in saturated steam at a temperature of 100 °C for 10 minutes and soaking in water at 85 °C for 20 minutes – on the technological process and organoleptic characteristics of the finished product was studied.

*It was found that steam treatment is more appropriate for industrial production, as it ensures microbiological safety, uniform distribution of seeds in the cheese mass and reduces the risk of excessive mucus formation. The proposed modification of the technology not only preserves the characteristic organoleptic properties of suluguni cheese, but also increases its nutritional value and biological efficiency due to the content of omega-3 fatty acids, fiber and antioxidants of flax seeds. The advantages of using functional ingredients in traditional products as a direction for the development of healthy nutrition are outlined. The work can be useful for both craft and industrial cheese-making enterprises that seek to expand their range by creating health-promoting cheeses based on traditional recipes and physiologically functional ingredients.*

**Key words:** *suluguni cheese, flax seeds (*Linum usitatissimum* L.), physiologically functional ingredient, wet-heat processing, technology, organoleptic properties, nutritional value, biological efficacy.*

**Вступ.** Сир сулугуні – це традиційний грузинський розсільний сир, що належить до групи кисломолочних продуктів, виготовлених із коров'ячого, буйволячого, козячого або овечого молока з використанням термофільних молочнокислих культур та сичужного ферменту, відмінною ознакою якого є його шарувата структура, яка виділяє його серед інших розсільних сирів [1]. Особливою відмінністю у технології сулугуні є проведення чеддеризації та термопластифікації, при якій сирна маса піддається плавленню (обробленню гарячою водою або розсолом з температурою 75–80 °C) і багаторазовому витягуванню сирного тіста, для надання необхідної еластичної консистенції та характерної шарувато-волокнистої структури сиру. Його споживають як самостійний продукт, також він є невід'ємною складовою багатьох кулінарних виробів та страв із тепловим обробленням, завдяки високій температурній стабільності білкової структури сулугуні добре плавиться та зберігає текстуру. Цей сир є цінним джерелом повноцінного білка, кальцію, фосфору і низки вітамінів групи В, що визначає його дієтичну цінність [2, 3]. У сучасних умовах сулугуні може виготовлятися як у крафтовому, так і в промисловому масштабі, з урахуванням стандартів харчової безпеки та контролю якості.

З технологічного погляду сулугуні – це продукт неповного або дуже короткого визрівання. Після завершення формування та соління він може бути готовий до реалізації вже через 24–48 годин [1]. Це зумовлює високу вологість сиру (до 50–55 %), ніжний солонуватий смак, виражений молочно-білковий аромат і відсутність вираженої кірки.

Насіння льону (*Linum usitatissimum* L.) містить велику кількість біологічно активних компонентів, таких як  $\alpha$ -ліноленова кислота, лігнани та харчові волокна. Завдяки своїм численним поживним властивостям, насіння льону класифікується як «суперїжа», тобто їжа природного походження з різними біоактивними компонентами та багатьма корисними для здоров'я властивостями [4, 5]. Його споживання пов'язане з позитивним впливом на серцево-судинну, травну та ендокринну системи, що обумовлює його потенціал як фізіологічно функціонального інгредієнта [5, 6].

**Постановка проблеми.** Сулугуні є джерелом повноцінного молочного білка, молочного жиру, а також солей кальцію і фосфору, необхідних для організму людини. Додавання до його складу фізіологічно функціональних інгредієнтів, зокрема насіння льону (*Linum usitatissimum* L.), дозволяє суттєво підвищити харчову цінність та біологічну ефективність продукту за рахунок збагачення омега-3 поліненасиченими жирними кислотами, антиоксидантами, рослинною клітковиною та лігнанами [7]. Це розширює споживчі властивості продукту, перетворюючи його на харчовий продукт оздоровчого направлення.

**Мета дослідження.** Метою наукового дослідження є розроблення технології виробництва сулугуні – розсільного сиру – шляхом додавання насіння льону для підвищення якості, харчової та біологічної цінності готового продукту.

**Виклад основного матеріалу.** Сировина для виробництва сиру Сулугуні з насінням льону:

- молоко коров'яче не нижче 1 гатунку, сиропридатне, яке відповідає вимогам ДСТУ 3662:2018 «Молоко сировина коров'яче. Технічні умови»;
- закваска прямого внесення *FD DVS TCC-20* (виробництво *Chr. Hansen*, Данія), склад – *Lactobacillus helveticus*, *Streptococcus thermophilus*. На відміну від інших термофільних заквасок, ця закваска сприяє більш активному та швидкому наростанню кислотності сироватки, забезпечує хорошу вологостримуючу здатність сирної маси, утворює виражений сирний смак, знижує потемніння витяжних сирів під час плавлення забезпечує високий вихід готового продукту;
- кальцій хлористий (виробництво *Nedmag B.V.*, Нідерланди);
- молокозсідальний фермент – рідкий сичужний фермент *ROSSO 80/20* (виробництво *ALCE INTERNATIONAL S.R.L.*, Італія);
- насіння льону (виробник – ТзОВ «Земледар-Інфо»), що відповідає вимогам ДСТУ 4967:2008 «Насіння льону олійного для переробляння. Технічні умови»;
- сіль кам'яна кухонна не нижче другого гатунку згідно вимог ДСТУ 3585:2015 «Сіль кухонна. Технічні умови».

Для виробництва сулугуні коров'яче молоко повинно бути сиропридатним та відповідати вимогам ДСТУ 3662:2018 не нижче 1 гатунку. Молоко, призначене для виробництва сиру сулугуні, має бути зрілим. Необхідна кількість свіжого незбираного молока після оцінки та очищення направляється на визрівання після пастеризації з додаванням молочнокислої закваски у кількості 5 ум.од.акт. або без пастеризації. Кислотність зрілого коров'ячого молока становить 20–21 °Т. В зрілому молоці проводять нормалізацію молока за масовою часткою жиру з урахуванням масової частки білка. Пастеризацію нормалізованого молока здійснюють за температури 70–72 °С з витримкою 20–25 с. Допускається проводити пастеризацію за температури 63–65 °С з витримкою 30 хвилин у ємкісному пастеризаторі (для крафтових сироварень). У пастеризоване та охолоджене до температури зсідання (31–35 °С) молоко вносять термофільну закваску у кількості 100 ум.од.акт. та витримують молоко протягом 30–40 хвилин до кислотності 21–25 °Т. Потім у суміш вносять 40%-вий розчин кальцію хлориду з розрахунку 10–40 г безводної солі на 100 кг молока. Зсідання підготовленого молока здійснюють молокозсідальним ферментом за температури 31–35 °С. Тривалість утворення згустку – 30–35 хв. Готовий згусток має бути щільним, пружним, давати рівний злам з гострими краями та виділяти прозору сироватку.

Розрізання отриманого згустку і становлення сирного зерна проводять механічними ножами-мішалками. Згусток розрізають на полоси і залишають у спокої на 1–2 хв для відділення сироватки. Поступово швидкість розрізання збільшують. Розрізання згустку і становлення сирного зерна продовжують до одержання зерна з розмірами 10–20 мм протягом 5–7 хв. Потім зерно обробляють інтенсивніше до розмірів 6–15 мм. При цьому одночасно, проводять друге нагрівання до температури 36–38 °С. При виробництві сиру сулугуні не обов'язково піддавати колись другому нагріванню. В цьому випадку необхідно підвищити температуру зсідання молока до 34–38 °С. Наприкінці оброблення видаляють 70–80 % сироватки. Зерно на дні ванни зсувають у пласт і підпресовують (або направляють із сировиготовлювача до формувального апарату). Показник активної кислотності

сирної маси повинен складати від 5,5 до 5,7 рН. Після підпресовування пласт залишають у ванні (або формувальному апараті) під шаром сироватки для чеддеризації. Тривалість чеддеризації складає від 30 хв. до 2 год. в залежності від ступеню зрілості молока і пори року. Температуру сирної маси підтримують у межах від 35 до 38 °С. Чеддеризацію сирної маси можна проводити під шаром молочної сироватки без попереднього пресування шару. Доцільно використовувати чеддеризатор або формувальні машини з рухомим дном. Можливе також використання спеціальних столів з бортиками, куди сирне зерно із залишком сироватки подається самопливом або за допомогою спеціального насоса. Під час цього процесу сир набуває шарувато-волокнисту структуру і здатність до плавлення. Чеддеризацію проводять до досягнення титрованої кислотності сирної маси від 140 до 160 °Т (активна кислотність сирної маси становить 5,0–5,2 од. рН). Показником зрілості сирної маси є проба на плавлення: нарізані шматочки сирної маси, товщиною від 2 до 4 мм, занурюють у гарячий розсіл температурою 75–80 °С впродовж 16–20 с, а потім масу розтягують. Добре чеддеризована маса не виділяє каламуті, злипається, при розтягуванні витягується в еластичну тонку нитку. Максимальну кількість мікрофлори сирна маса містить після чеддеризації. Процес визрівання сиру сулугуні відбувається, переважно у період чеддеризації і тому протеолітична активність бактеріальної закваски має велике значення.

Після завершення процесу чеддеризації відкачують або зливають сироватку. Готову до пластифікації сирну масу розрізають на бруски і подають, в залежності від виробничих можливостей, у шнековий плавитель або в тістомісильну машину, де відбувається її подрібнення і плавлення. Процес плавлення здійснюють у водному або кисло-сироватковому розсолі з масовою часткою кухонної солі 9,0–12,0 %, що забезпечує вміст солі у готовому продукті 2,0–2,5 %, у цьому випадку сир після формування не занурюють у розсіл для соління. Температура середовища для плавлення сирної маси 70–80 °С, при цьому температура сирної маси становить 55–65 °С. Оптимальне співвідношення сирної маси та середовища, в якому вона плавиться – 1:1. Сирну масу плавлять до утворення тягучої, однорідної структури. Цей процес триває 3–5 хвилин і виконується механізовано. Як тільки структура маси стає еластичною, починають розтягування. Для цього зливають розсіл та продовжують перемішування, під час якого в масу вносять попередньо підготовлене насіння льону у кількості 2 % сухого насіння від кількості сирної маси. Насіння рівномірно розмішується з розтягнутою сирною масою, забезпечуючи однорідний розподіл без утворення грудок або порожнин.

Після перемішування масу з насінням формують у традиційні головки або бруски сулугуні масою 180–500 г, округлюють та поміщають у форми. Сформовані сирні головки у формах охолоджують для стабілізації форми у камері з температурою 6–12 °С протягом 30–40 хвилин або на механізованих лініях виробництва у сольовому розсолі з температурою 0–2 °С протягом 3–5 хв. з масовою часткою кухонної солі 18–20 %. Після стабілізації форми сир упаковують в термоусадочну плівку.

Готовий сир сулугуні з насінням льону є продуктом молодого визрівання, тому його можна вживати вже через 24–48 годин після виготовлення. Зберігати сир рекомендується за температури 2–6 °С не більше 40 діб. Зберігання в розсолі не рекомендується через високі гідрофільні властивості насіння льону.

Технологічна схема виробництва сиру сулугуні з насінням льону представлена на рис. 1.

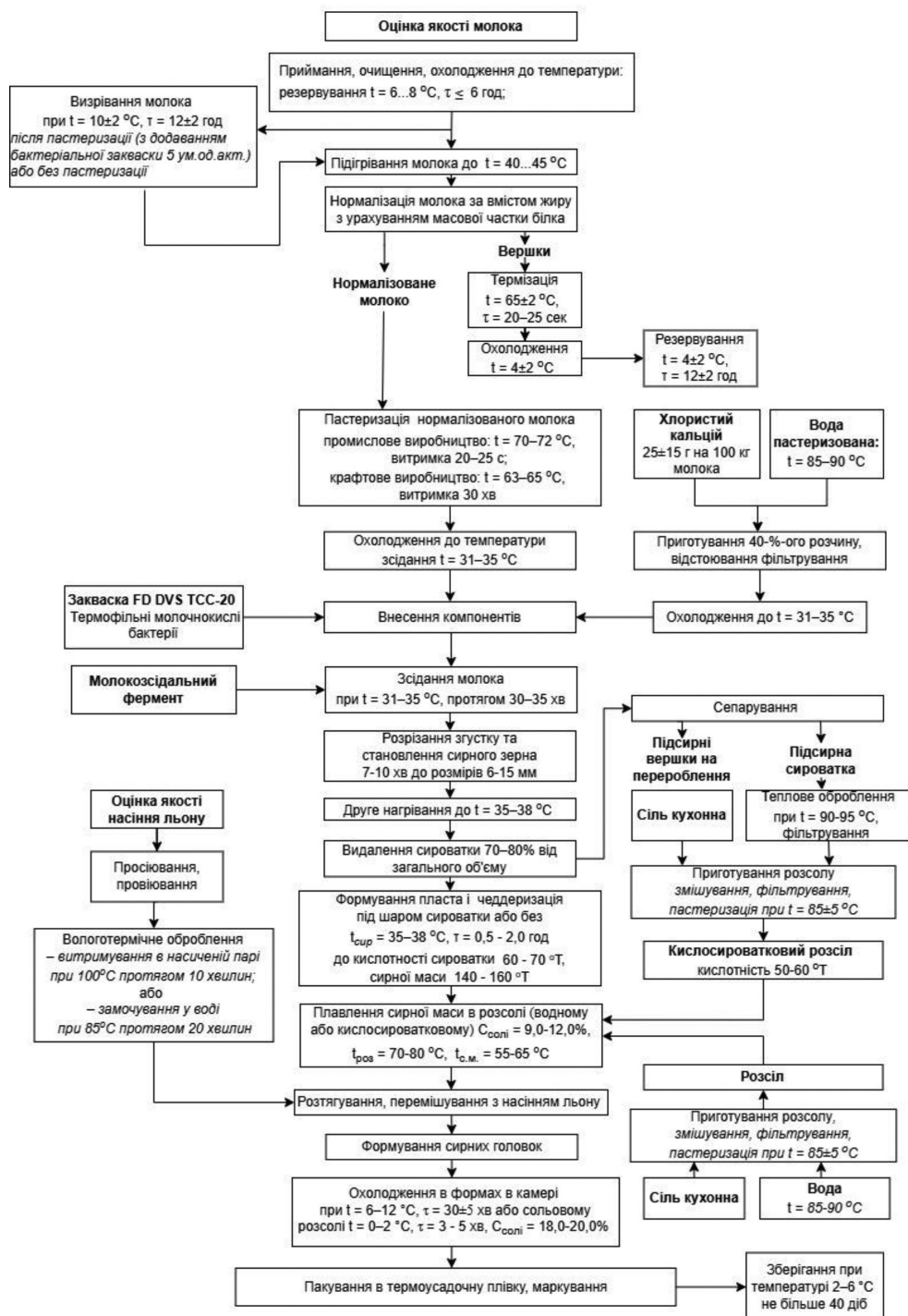


Рис. 1. Технологічна схема виробництва сулугуні з насінням льону

Сенсорні властивості сиру сулугуні з насінням льону:

- зовнішній вигляд – сир має щільну, пластичну структуру, з рівномірно розподіленими дрібними вкрапленнями насіння льону по всій масі. Поверхня чиста, без сторонніх включень або пошкоджень;

- колір – рівномірний, білий з кремовим відтінком. Насіння льону створює контрастні темно-коричневі вкраплення, що надає продукту привабливого зовнішнього вигляду;

- консистенція – еластична, помірно щільна, добре ріжеться, не кришиться. Присутнє характерне розшарування, властиве сулугуні, але з додатковою зернистістю через насіння;

- аромат – виражений молочнокислий із легкими горіховими нотками, які додає лляне насіння;

- смак – гармонійний, помірно солоний, з характерною кисломолочною свіжістю. Льон додає легкий горіховий присмак та післясмак, що підсилює загальну смакову гаму.

Відчуття в роті – при жуванні сир м'яко розпадається, насіння створює приємну хрумку текстуру, додаючи багатшаровості до звичного смаку сиру сулугуні.

У ході дослідження розглядалися різні методи попереднього оброблення насіння льону та їх вплив на подальший виробничий процес [7, 8]. Вибір методів підготовки насіння льону та його внесення у сирну масу ґрунтується на технологічних, функціональних та органолептичних аспектах формування кінцевого продукту. Ключовими факторами є збереження корисних властивостей насіння, рівномірний розподіл у сирній масі, покращення текстури та запобігання небажаним ефектам. Було запропоновано два методи попереднього вологотермічного оброблення насіння льону:

- витримання у насиченій парі при 100 °C протягом 10 хвилин, цей метод забезпечує помірне розм'якшення оболонки насіння, сприяє інактивації частини ферментів, що можуть викликати окислення жирів, і при цьому зберігає більшість термостійких біоактивних компонентів, завдяки паровому обробленню досягається хороша стабільність насіння в сирній масі;

- замочування у воді при 85 °C протягом 20 хвилин, цей спосіб є м'якшим і забезпечує часткове набухання насіння, що полегшує його механічне змішування з сирною масою, замочування активізує слизоутворення, що може позитивно впливати на текстуру, але потребує точного контролю, щоб уникнути надмірної в'язкості.

Після практичного випробування двох методів вологотермічного оброблення насіння можна зробити такий висновок, що обидва методи забезпечують достатню підготовку насіння до введення в сирну масу, однак мають свої особливості, що впливають на якість кінцевого продукту.

Оброблення насиченою парою є більш ефективною з точки зору технологічного процесу. Скорочується час оброблення, знижується ризик надмірного слизоутворення, забезпечується у мікробіологічна безпека та стабільний розподіл насіння в сирі. Цей метод зручний для масштабного виробництва, оскільки легко інтегрується в технологічний процес.

Замочування у воді краще підходить у випадках, коли необхідно зберегти ніжні текстурні властивості насіння і забезпечити м'якший вплив на сирну масу. Однак цей метод потребує більш тривалого часу, контролю температури, часу витримки та об'єму вологи, що може ускладнити виробничий процес.

З урахуванням виробничих потреб, ефективності і якості кінцевого продукту, рекомендовано використовувати оброблення насиченою парою при 100 °С протягом 10 хвилин як основний метод попередньої підготовки насіння льону для внесення у сир сулугуні.

**Висновок.** У результаті проведених досліджень було розроблено технологію виробництва сиру сулугуні з додаванням насіння льону, що дозволяє підвищити його харчову цінність, біологічну ефективність та споживчі властивості. Розроблена технологія має практичне значення для сироробної галузі та сприяє розширенню асортименту сирів оздоровчого призначення. Спеціально розроблені методи попереднього вологотермічного оброблення насіння льону забезпечують оптимальну текстуру та біоактивні властивості кінцевого продукту, роблячи його привабливим для споживачів, які піклуються про своє здоров'я. Впровадження даної технології дозволить розширити асортимент сирів, орієнтованих на споживачів, які ведуть здоровий спосіб життя, і відкриває нові можливості для підвищення конкурентоспроможності підприємств сироробної галузі. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення мікробіологічної стабільності продукту, удосконалення умов зберігання та розроблення нових комбінацій функціональних інгредієнтів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сухенко Ю. Г., Поліщук Г. Є., Раманаускас Р. Й., Шингарева Т. І. Технологія сиру. Вид-во «Профкнига». 2018. 412 с. ISBN 978-617-598-122-1
2. Walther, B., Schmid, A., Sieber, R. et al. Cheese in nutrition and health. *Dairy Sci. Technol.* 2008. Vol.88, P. 389–405. <https://doi.org/10.1051/dst:2008012>
3. Moatsou G. Cheese: Technology, Compositional, Physical and Biofunctional Properties: A Special Issue. *Foods*. 2019. Vol 8. № 10. P. 512. <https://doi.org/10.3390/foods8100512>
4. Prachi, Neelesh K. Maurya. Flaxseed: A Rich Source of Bioactive Compounds with Potential Health Benefits. *Nutrition and Food Processing*. 2024. Vol. 7. № 88. <https://doi.org/10.31579/2637-8914/234>
5. Kausar S., Hussain As., Ashraf Sh., Fatima Gh., Ambreen, Javaria S et al. Flaxseed (*Linum usitatissimum*); phytochemistry, pharmacological characteristics and functional food applications. *Food Chemistry Advances*. 2024. Vol. 4, 100573, ISSN 2772-753X, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100573>
6. Nowak W., Jeziorek M. The Role of Flaxseed in Improving Human Health. *Healthcare (Basel, Switzerland)*. 2023. Vol. 11. № 3, P. 395. <https://doi.org/10.3390/healthcare11030395>
7. Kajla P., Sharma A., Sood D. R. Flaxseed—a potential functional food source. *Food Sci Technol.* 2015. Vol. 52, P. 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
8. Стеценко Н. О., Краєвська С. П., Землинська М. Д. Вивчення взаємодії насіння льону з різними рідинами. Теоретичні та прикладні проблеми технічних і математичних наук: збірник матеріалів Міжнародної науково – практичної конференції, м. Київ, Україна, 7 лютого 2014 р. К. : Центр Науково–Практичних Студій, 2014. С. 14–20. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/15529>

#### REFERENCES:

1. Suxenko Yu. G., Polishhuk G. Ye., Ramanauskas R. J., Shy`ngareva T. I. (2018) *Technologiya sy`ru. Vy`d-vo "Pprofk-ny`ga"*. 412 s. ISBN 978-617-598-122-1. [in Ukrainian].
2. Walther, B., Schmid, A., Sieber, R. et al. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Sci. Technol.* 88, 389–405. <https://doi.org/10.1051/dst:2008012>

3. Moatsou, G. (2019). "Cheese: Technology, Compositional, Physical and Bio-functional Properties:" A Special Issue. *Foods*, 8(10), 512. <https://doi.org/10.3390/foods8100512>
  4. Prachi, Neelesh K. Maurya, (2024), Flaxseed: A Rich Source of Bioactive Compounds with Potential Health Benefits, *J. Nutrition and Food Processing*, 7(8). <https://doi.org/10.31579/2637-8914/234>
  5. Kauser S., Hussain As., Ashraf Sh., Fatima Gh., Ambreen, Javaria S et al. (2024). Flaxseed (*Linum usitatissimum*); phytochemistry, pharmacological characteristics and functional food applications. *J Food Chemistry Advances*, Volume 4, 100573, ISSN 2772-753X, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100573>
  6. Nowak, W., & Jeziorek, M. (2023). The Role of Flaxseed in Improving Human Health. *J. Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(3), 395. <https://doi.org/10.3390/healthcare11030395>
  7. Kajla, P., Sharma, A. & Sood, D. R. (2015). Flaxseed – a potential functional food source. *J Food Sci Technol*, 52, 1857–1871 <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
  8. Stetsenko, N. O., Kraievska, S. P., Zemlynska M. D. (2014). Vyvchennia vzaiemodii nasinnia lonu z riznymi ridynamy. Teoretychni ta prykladni problemy tekhnichnykh i matematychnykh nauk. Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo – praktychnoi konferentsii, m. Kyiv, Ukraina, 7 liutoho 2014r. K. : *Tsentr Naukovo–Praktychnykh Studii*. 14–20. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/15529> [in Ukrainian].
-