

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЧУБЕНКО ЛАРИСА МИХАЙЛІВНА

УДК 637.138

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ З
ОСАДЖЕННЯМ МОЛОЧНИХ БІЛКІВ АКТИВНИМ КОМПЛЕКСОМ
РОСЛИН-ДИКОРОСІВ**

Спеціальність 181 – Харчові технології
Галузь знань 18 – Виробництво та технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Л.М. Чубенко

Науковий керівник: Грек Олена Вікторівна,
кандидат технічних наук, професор

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Чубенко Л. М. Удосконалення технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 Харчові технології – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

Дисертаційну роботу присвячено удосконаленню технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів – *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. для підвищення біологічної цінності і забезпечення сталих показників якості.

За сформульованими критеріями, що враховують обмежувальні фактори та переваги використання рослин-дикоросів, складові яких навіть в незначних концентраціях істотно змінюють здатність до технологічного впливу на сировину, обґрунтовано вибір щавелю та подорожнику для осадження білків молока з отриманням напівфабрикатів білково-трав'яних. Встановлені раціональні методи обробки таких дикоросів перед внесенням в молочну сировину у вигляді соку для максимального збереження ферментів, органічних кислот, поліфенольних речовин, вітамінів тощо.

Підтверджено ефективність використання соку *Rumex acetosa* L. у кількості $7 \pm 0,5$ % для термокислотної коагуляції молока за режимів: температура – $93 \dots 95$ °С, тривалістю – $3 \dots 5$ хв, з отриманням напівфабрикату білково-трав'яного з масовою часткою вологи $61,0 \pm 1,1$ %, та рН – $5,92 \pm 0,05$. Зазначено особливості органолептичних показників напівфабрикату для подальшого використання в рецептурах молочно-білкових виробів. Доведено вплив складу активного комплексу коагулянту на ступінь переходу сухих речовин молока до згустку – максимальне значення спостерігалось при внесенні $8,0 \pm 1,0$ % соку *Plantago major* L. та проведенні процесу коагуляції за температури 56 ± 2 °С протягом 75 ± 5 хв з подальшим підігрівом для ущільнення

згустку. Збільшення тривалості процесу до 90 хв викликає зміну ступеня використання сухих речовин молока в середньому на 3 ± 1 %.

Експериментально встановлено пряму залежність масової частки вологи та вологоутримуючої здатності напівфабрикатів білково-трав'яних від кількості соку *Plantago major* L. та параметрів процесу осадження білків молока. Для отримання пластичної консистенції напівфабрикатів білково-трав'яних з масовою часткою вологи до 67 % та вологоутримуючою здатністю $62\pm 1,5$ % за оптимальної кількості коагулянту були скореговані параметри: підвищена температура до 62 ± 2 °C та знижена тривалість до 60 ± 3 хв. За отриманими рівняннями регресії можна з високою точністю визначити вплив кожного фактору на показники якості напівфабрикатів білково-трав'яних та регулювати його органолептичні показники.

Хроматографічним методом визначено багатокomпонентність складу флавоноїдів соку *Plantago major* L. і сироватки трав'яної та розраховано вміст поліфенолів у напівфабрикатах білково-трав'яних. Ступінь переходу поліфенольних сполук у напівфабрикат білково-трав'яний становить 77 % від загальної їх кількості. Зв'язування поліфенолів білками залежить від структури білкової молекули, просторового розподілу амінокислотних залишків, здатних до зв'язування поліфенолів і умов взаємодії.

Безпечність напівфабрикатів білково-трав'яних було підтверджено результатами медико-біологічних досліджень *in vivo*. Споживання в складі змішаного раціону модифікованого молочного продукту, в технології якого використовували сік *Plantago major* L., протягом всього періоду не викликало відхилень в фізіологічному стані лабораторних щурів та не призводило до інтоксикації чи загибелі тварин. Напівфабрикат засвоюється тваринами так само, як і молочно-білковий продукт, вироблений за традиційною технологією. Метаболічна ефективність при споживанні напівфабрикату підтверджена покращенням обмінних процесів в організмі та приростом маси тіла щурів.

Визначено амінокислотний склад та досліджено біологічну цінність напівфабрикатів білково-трав'яних. Використання соку рослин-дикоросів –

Plantago major L. та *Rumex acetósa* L. в якості коагулянту дозволяє отримати напівфабрикати білково-трав'яні з більш збалансованим складом за співвідношенням суми незамінних амінокислот до суми замінних амінокислот на рівні 0,760 та 0,752 відповідно.

Обґрунтовано використання напівфабрикатів білково-трав'яних в технології молочно-білкових виробів з термічною обробкою. Експериментально доведено, що включення напівфабрикату до рецептур замість молочно-білкової основи забезпечує зменшення втрат при запіканні на $5 \pm 0,1$ %, що пов'язано з частковим зв'язуванням вільної вологи у замісі ще до термічної обробки.

Доведено, що молочна сироватка трав'яна, отримана після осадження білків молока соком *Rumex acetósa* L. та *Plantago major* L., може бути використана в якості сировини для напоїв без додавання барвників та ароматизаторів.

Підтверджено соціальний ефект від впровадження напівфабрикатів білково-трав'яних, що полягає в розширенні асортименту молочно-білкових виробів з підвищеною харчовою цінністю для широкого кола споживачів з різними харчовими уподобаннями або обмеженнями, заощадженні сировини тваринного походження та допоміжних технологічних інгредієнтів.

Достовірність отриманих експериментальних даних забезпечена використанням сучасних методик досліджень, відповідного обладнання, використанням математичних засобів для опрацювання результатів. Наукові положення та рекомендації підтверджені лабораторними дослідженнями та виробничими випробуваннями. Новизну технологічних рішень підтверджено рішенням Державного департаменту інтелектуальної власності про видачу патентів України на винахід та корисну модель.

Ключові слова: молоко, білки, напівфабрикати білково-трав'яні, безпечність, активний комплекс *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L., показники якості молочно-білкових виробів.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Публікації у фахових виданнях України та інших держав

1. Grek, O., Tymchuk, A., Chubenko, L. & Ovsiienko, K. (2017). Research of quality indicators of curd products on basis of protein-herbal clots. *Food and Environment Safety*, XVI (4), 262-268. (Журнал «*Food and Environment Safety*» з іноземним виданням (Румунія) індексується в *Index Copernicus*, *Ulrich's Web*, *CAS*, *EBSCO* та інших наукових базах даних).
2. Grek, O., Onopriichuk, O., Chubenko, L. & Tymchuk, A. (2017). Determination of moisture connection forms of protein-herbal clots. *Ukrainian Food Journal*, 6 (3), 147-157. (Наукометричне видання, цитується у *Web of Science Core Collection*, *Google Scholar*, *Directory of Research Journal Indexing*, *EBSCO*, *Ulrichs Web*, *Cabi Full Text*, *ERIH PLUS*, *Directory of Open Access Scholarly Resources*, *Directory of Open Access Journals*, *InfoBase Index*, *CAS Source Index (CASSI)*, *FSTA*).
3. Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Snizhko, O., Ochkoilya, O., & Chubenko, L. (2018). Methods of determination of parameters of whey with food fibers. *Eureka: Life Sciences*, 1, 69-76. (Журнал «*EUREKA: Life Sciences*» з іноземним виданням (Естонія) індексується в *Index Copernicus*, *Google Scholar* та інших наукових базах даних).
4. Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Snizhko, O., Ochkoilya, O., & Chubenko, L. (2018). Study into effect of food fibers on the fermentation process of whey. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 1 (11), 56-62. (Наукометричне видання, цитується у *Scopus*).
5. Пшенична, Т., Грек, О., Онопрійчук, О., Пасічний, В. & Чубенко Л. (2018). Якість полікомпонентних згустків, одержаних термокислотним осадженням білків молока. *Продовольча індустрія АПК*, 1, 24-29. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук, індексується в *AGRIS (FAO)*, *ULRICH'S*, *РІНЦ*).
6. Grek, O., Krasulya, O., Tymchuk, A., & Chubenko, L. (2018). The investigation of the potential complex from plantago major to coagulate milk

proteins. *Food and Environment Safety*, XVII (2), 165-175. (Журнал «*Food and Environment Safety*» з іноземним виданням (Румунія) індексується в *Index Copernicus, Ulrich's Web, CAS, EBSCO* та інших наукових базах даних).

7. Grek, O., Osmak, T., Chubenko, L. & Mykhalevych, A. (2019). Quality estimation of frozen dessert with polyfunctional component. *Food and Environment Safety*, XVIII (1), 36-43. (Журнал «*Food and Environment Safety*» з іноземним виданням (Румунія) індексується в *Index Copernicus, Ulrich's Web, CAS, EBSCO* та інших наукових базах даних).

8. Grek, O., Kumar, A., Khareba, V., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., & Chubenko, L. (2019). Polyphenolic compounds transition into protein-plant concentrates during the deposition of milk proteins by *Plantago major L.* *Ukrainian Food Journal*, 6 (4), 745–754. (Наукометричне видання, цитується у *Web of Science Core Collection, Google Scholar, Directory of Research Journal Indexing, EBSCO, Ulrichs Web, Cabi Full Text, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, Info Base Index, CAS Source Index (CASSI), FSTA*).

9. Grek, O., Pshenychna, T., Chubenko, L., & Onopriichuk, O. (2020). Polyphenol composition and technological characteristics of the coloured whey from various origin. *Ukrainian Food Journal*, 9 (4), 832-844. (Наукометричне видання, цитується у *Web of Science Core Collection, Google Scholar, Directory of Research Journal Indexing, EBSCO, Ulrichs Web, Cabi Full Text, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, Info Base Index, CAS Source Index (CASSI), FSTA*).

Тези доповідей та матеріали конференцій

10. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2018). Коагулювання білків молока соком з *Plantago major*. 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», Київ: НУХТ.

11. Онопрійчук, О.О., Чубенко, Л.М. & Овсієнко, К.В. (2018). Прогнозування якісних показників молочно-сироваткового концентрату з

харчовими волокнами. *VII Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ.

12. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2019). Дослідження форм зв'язку вологи білково-трав'яних концентратів з екструдатом рису. *85 ювілейна Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ.

13. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2019). Ступінь переходу поліфенольних сполук в білково-рослинних концентратах. *VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»*, Київ: НУХТ.

14. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2019). Отримання білково-трав'яних концентратів термокислотним способом. *Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з міжнародною участю «Інновації та закономірності розвитку технологій: теоретичні та прикладні аспекти»*, Київ: ККІБП.

15. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2020). Визначення біологічно активних речовин в соці *Plantago major* та сироватці. *86 ювілейна Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ.

16. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2020). Застосування активного комплексу рослин-дикоросів при осадженні білків молока. *IV Міжнародна науково-практична конференція «Новітні досягнення біотехнології»*, Київ: НАУ.

17. Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2020). Мікроструктурний аналіз білково-трав'яних напівфабрикатів. *IX Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»*, Київ: НУХТ.

Патенти

18. Грек, О.В., Красуля, О.О. & Чубенко, Л.М. (2018). *Спосіб виробництва білково-рослинного напівфабрикату*. Патент України 123315. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

19. Грек, О.В., Красуля, О.О., Пшенична, Т.В. & Чубенко, Л.М. (2018). *Склад напою з молочної сироватки*. Патент України 123418. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

20. Грек, О.В., Тимчук, А.В., Чубенко, Л.М., Овсієнко, К.В., & Михалевич, А.П. (2018). *Спосіб виробництва сиру м'якого*. Патент України 125024. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

21. Грек, О.В., Красуля, О.О. & Чубенко, Л.М. (2018). *Спосіб виробництва білково-рослинного напівфабрикату*. Патент України 117206. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

22. Грек, О.В., Тимчук, А.В., Чубенко, Л.М., Овсієнко, К.В., & Михалевич, А.П. (2019). *Спосіб виробництва сиру м'якого*. Патент України 118522. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

23. Грек, О.В., Красуля, О.О., Пшенична, Т.В. & Чубенко, Л.М. (2020). *Склад напою з молочної сироватки*. Патент України 117439. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, участь в обговоренні, опрацюванні та узагальненні результатів, підготовці матеріалів до публікації [1-17], патентному пошуку, підготовці матеріалів до патентування [18-23].

SUMMARY

Chubenko L.M. Improving the technology of semi-finished products with the precipitation of milk proteins by an active complex of wild plants. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 181 Food technologies – National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

Dissertation work is devoted to perfection of semi-finished products with the precipitation of milk proteins by an active complex of wild plants – *Plantago major L.* and *Rumex acetósa L.* to increase the biological value and ensure sustainable quality indicators.

The choice of sorrel and plantain is substantiated according to the formulated criteria, which take into account the limiting factors and advantages of using wild plants, the components of which even in small concentrations significantly change the ability to technological influence for the precipitation of milk proteins to obtain protein-herbal semi-finished products. Rational methods of processing such wild plants before introduction into dairy raw materials in the form of juice for the maximum preservation of enzymes, organic acids, polyphenolic substances, vitamins, etc. were established.

The efficiency of using *Rumex acetósa* juice in the amount of $7\pm 0.5\%$ taking into account the limiting factors for production, thermoacidic coagulation of milk in the following modes: temperature – $93\dots 95^{\circ}\text{C}$, duration – $3\dots 5$ min, organoleptically suitable semi-finished protein-herbal with a mass fraction of moisture $61.0\pm 1.1\%$, and pH – 5.92 ± 0.05 . The influence of the composition of the active complex of coagulant on the degree of transition of milk solids was proved - the maximum value was observed with the introduction of $8.0\pm 1.0\%$ of *Plantago major L.* juice and carrying out the coagulation process at a temperature of $56\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 75 ± 5 min, followed by heating to seal the clot. Increasing the duration of the process to 90 minutes causes a change in the degree of use of milk solids by an average of $3\pm 1\%$.

Experimentally, a direct dependence of the mass fraction of moisture and moisture holding capacity of protein-herbal semi-finished products on the amount of *Plantago major L.* juice was established and parameters of the milk protein deposition process. To obtain the plastic consistency of protein-herbal semi-finished products with a mass fraction of moisture up to 67 % and a moisture holding capacity of 62 ± 1.5 % with the optimal amount of coagulant, the parameters were adjusted: increased temperature to 62 ± 2 °C and reduced duration to 60 ± 3 minutes. According to the obtained regression equations, it is possible to determine with high accuracy the influence of each factor on the quality indicators of protein-herbal semi-finished products and to regulate its organoleptic parameters.

The multicomponent composition of the flavonoids of *Plantago major L.* juice and grass serum was determined by the chromatographic method and the content of polyphenols in protein-herbal semi-finished products was calculated. The degree of transition of polyphenolic compounds to protein-herbal semi-finished products is 77% of their total number. Binding of polyphenols to proteins depends on the structure of the protein molecule, the spatial distribution of amino acid residues capable of binding polyphenols and the interaction conditions.

The safety of protein-herbal semi-finished products was confirmed by the results of medical and biological studies in vivo. Studies have shown that consumption of a modified diet of a modified dairy product using *Plantago major L.* juice did not cause abnormalities in the physiological condition of laboratory rats during the entire period and did not lead to intoxication or death of animals. The semi-finished product is assimilated by animals in the same way as a milk-protein product produced by traditional technology. Metabolic efficiency in the consumption of the semi-finished product is confirmed by the improvement of metabolic processes in the body and weight gain of rats.

The amino acid composition was determined and the biological value of protein-herbal semi-finished products was studied. Using the juice of wild plants - *Plantago major L.* and *Rumex acetósa L.* as a coagulant, semi-finished protein-herbal products with a more balanced composition for the ratio of the amount of essential

amino acids to the amount of essential amino acids at the levels of 0.760 and 0.752, respectively.

The use of protein-herbal semi-finished products in the technology of dairy-protein products with heat treatment is substantiated. It has been experimentally proved that when replacing the milk-protein base with the semi-finished product, the baking losses decreased by 5 ± 0.1 %, which is due to the partial binding of free moisture in the mixture before heat treatment.

It is proved that whey herb obtained after precipitation of milk proteins with the juice of *Rumex acetosa L.* and *Plantago major L.* can be used as a raw material for beverages without the addition of dyes and flavors.

The social effect of the introduction of semi-finished protein-herbal products has been confirmed, which is to expand the range of dairy-protein products with high nutritional value for a wide range of consumers with different food preferences or restrictions, saving raw materials of animal origin and auxiliary technological ingredients.

The reliability of the obtained experimental data is ensured by the use of modern research methods, appropriate equipment, the use of mathematical tools for processing research results. Scientific provisions and recommendations are confirmed by laboratory tests and production tests. The novelty of technological solutions is confirmed by the decision of the State Department of Intellectual Property on the issuance of a patent of Ukraine for an invention and utility model.

Key words: milk, proteins, protein-herbal semi-finished products, safety, active complex *Plantago major L.* and *Rumex acetosa L.*, quality indicators of dairy-protein products.

Applicant's list of publications

Publications in professional literature of Ukraine and other states

1. Grek, O., Tymchuk, A., Chubenko, L. & Ovsiienko, K. (2017). Research of quality indicators of curd products on basis of protein-herbal clots. *Food and Environment Safety*, XVI (4), 262-268. (*Food and Environment Safety magazine with*

foreign editions (Romania) is indexed in Index Copernicus, Ulrich's Web, CAS, EBSCO and other scientific databases).

2. Grek, O., Onopriichuk, O., Chubenko, L. & Tymchuk, A. (2017). Determination of moisture connection forms of protein-herbal clots. *Ukrainian Food Journal*, 6 (3), 147-157. (Scientometric edition, cited in Web of Science Core Collection, Google Scholar, Directory of Research Journal Indexing, EBSCO, Ulrichs Web, Cabi Full Text, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, InfoBase Index, CAS Source Index (CASSI), FSTA).

3. Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Snizhko, O., Ochkolya, O., & Chubenko, L. (2018). Methods of determination of parameters of whey with food fibers. *Eureka: Life Sciences*, 1, 69-76. (The journal "EUREKA: Life Sciences" with foreign editions (Estonia) is indexed in Index Copernicus, Google Scholar and other scientific databases).

4. Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Snizhko, O., Ochkolya, O., & Chubenko, L. (2018). Study into effect of food fibers on the fermentation process of whey. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 1 (11), 56-62. (Scientometric edition, quoted in Scopus).

5. Pshenychna, T, Grek, O., Onopriichuk, O., Pasichniy, V., & Chubenko, L. (2018). Quality of multicomponent clots obtained by thermoacid precipitation of milk proteins. *Prodovolcha industriya APK*, 1, 24-29. (The journal is included in the List of professional publications of Ukraine in technical sciences approved by the Ministry of Education and Science, indexed in AGRIS (FAO), ULRICH'S, RSCI).

6. Grek, O., Krasulya, O., Tymchuk, A., & Chubenko, L. (2018). The investigation of the potential complex from plantago major to coagulate milk proteins. *Food and Environment Safety*, XVII (2), 165-175. (Food and Environment Safety magazine with foreign editions (Romania) is indexed in Index Copernicus, Ulrich's Web, CAS, EBSCO and other scientific databases).

7. Grek, O., Osmak, T., Chubenko, L. & Mykhalevych, A. (2019). Quality estimation of frozen dessert with polyfunctional component. *Food and Environment*

Safety, XVIII (1), 36-43. (*Food and Environment Safety magazine with foreign editions (Romania) is indexed in Index Copernicus, Ulrich's Web, CAS, EBSCO and other scientific databases*).

8. Grek, O., Kumar, A., Khareba, V., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., & Chubenko, L. (2019). Polyphenolic compounds transition into protein-plant concentrates during the deposition of milk proteins by *Plantago major* L. *Ukrainian Food Journal*, 6 (4), 745–754. (*Scientometric edition, cited in Web of Science Core Collection, Google Scholar, Directory of Research Journal Indexing, EBSCO, Ulrichs Web, Cabi Full Text, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, InfoBase Index, CAS Source Index (CASSI), FSTA*).

9. Grek, O., Pshenychna, T., Chubenko, L., & Onopriichuk, O. (2020). Polyphenol composition and technological characteristics of the coloured whey from various origin. *Ukrainian Food Journal*, 9 (4), 832-844. (*Scientometric edition, cited in Web of Science Core Collection, Google Scholar, Directory of Research Journal Indexing, EBSCO, Ulrichs Web, Cabi Full Text, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, InfoBase Index, CAS Source Index (CASSI), FSTA*).

Abstracts and conference materials

10. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2018). Coagulation of milk proteins with juice from *Plantago major*. *84 International scientific conference for young scientists, Ph.D candidates and students «Scientific achievements of youth - solving problems of human nutrition in the XXI century»*, Kyiv: NUFT.

11. Onopriichuk, O.O., Chubenko, L.M., & Ovsienko, K.V. (2018). Forecasting the quality of whey concentrate with dietary fiber. *VII International Scientific and Technical Conference «Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration»*, Kyiv: NUFT.

12. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2019). Investigation of the forms of connection of moisture of protein-herbal concentrates with rice extrudate. *85 anniversary International scientific conference for young scientists, Ph.D candidates*

and students «*Scientific achievements of youth - solving problems of human nutrition in the XXI century*», Kyiv: NUFT.

13. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2019). The degree of transition of polyphenolic compounds in protein-plant concentrates. *VIII International Scientific and Technical Conference «Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration»*, Kyiv: NUFT.

14. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2019). Obtaining protein-herbal concentrates by thermoacid method. *Scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation "Innovation and patterns of technology development: theoretical and applied aspects"*, Kyiv: KCIBL.

15. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2020). Determination of biologically active substances in *Plantago* major juice and serum. *86 anniversary International scientific conference for young scientists, Ph.D candidates and students «Scientific achievements of youth - solving problems of human nutrition in the XXI century»*, Kyiv: NUFT.

16. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2020). The use of an active complex of wild plants in the deposition of milk proteins. *IV International scientific-practical conference «Latest advances in biotechnology»*, Kyiv: NAU.

17. Grek, O.V., & Chubenko, L.M. (2020). Microstructural analysis of protein-herbal semi-finished products. *IX International Scientific and Technical Conference «Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration»*, Kyiv: NUFT.

Patents

18. Grek, O.V., Krasulya, O.O., & Chubenko, L.M. (2018). *A method of producing a protein-vegetable semi-finished product*. Patent of Ukraine 123315. Kyiv: State Enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property" (Ukrpatent).

19. Grek, O.V., Krasulya, O.O., Pshenychna, T.V., & Chubenko, L.M. (2018). *The composition of the drink from whey*. Patent of Ukraine 123418. Kyiv: State Enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property" (Ukrpatent).

20. Grek, O.V., Tymchuk, A.V, Chubenko, L.M., Ovsienko, K.V., & Mykhalevych, A.P. (2018). *A method of making soft cheese*. Patent of Ukraine 125024. Kyiv: State Enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property" (Ukrpatent).

21. Grek, O.V., Krasulya, O.O., & Chubenko, L.M. (2018). *A method of producing a protein-vegetable semi-finished product*. Patent of Ukraine 117206. Kyiv: State Enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property" (Ukrpatent).

22. Grek, O.V., Tymchuk, A.V, Chubenko, L.M., Ovsienko, K.V., & Mykhalevych, A.P. (2019). *A method of making soft cheese*. Patent of Ukraine 118522. Kyiv: State Enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property" (Ukrpatent).

23. Grek, O.V., Krasulya, O.O., Pshenychna, T.V., & Chubenko, L.M. (2020). *The composition of the drink from whey*. Patent of Ukraine 117439. Kyiv: State Enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property" (Ukrpatent).

Personal contribution of the applicant: conducting experimental research, participation in the discussion, elaboration and generalization of results, preparation of materials for publication [1-17], patent search, preparation of materials for patenting [18-23].

ЗМІСТ

ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	27
1.1. Сучасні підходи до розроблення технологій молочно-білкових виробів.....	27
1.2. Характеристика технологій молочно-білкових виробів з використанням рослинної сировини.....	32
1.3. Методи осадження білків молока.....	35
1.4. Характеристика коагулянтів тваринного, мікробного та рослинного походження.....	40
1.5. Обґрунтування вибору рослин-дикоросів для використання в якості коагулянтів молочних білків.....	42
1.6. Характеристика активного комплексу <i>Plantago major</i> L. та <i>Rumex acetosa</i> L.	46
Висновки до розділу 1	52
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ, МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	54
2.1. Організація та методологія роботи.....	54
2.2. Об'єкт та предмети досліджень.....	54
2.3. Методи експериментальних досліджень.....	56
2.3.1. Стандартні методи досліджень.....	56
2.3.2. Спеціальні методи досліджень.....	57
2.3.3. Математично-статистичні методи обробки даних.....	65
Висновки до розділу 2	66
РОЗДІЛ 3. ВИВЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСУ З <i>PLANTAGO MAJOR</i> L. ТА <i>RUMEX ACETOSA</i> L. ДО ОСАДЖЕННЯ БІЛКІВ МОЛОКА	67

3.1. Обґрунтування вибору раціональних методів обробки рослин-дикоросів перед внесенням в молочну сировину.....	67
3.2. Уточнення технологічних параметрів осадження молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів.....	72
3.3. Математичне моделювання показників якості напівфабрикатів білково-трав'яних отриманих осадженням білків молока активним комплексом <i>Plantago major</i> L.....	82
Висновки до розділу 3.....	88

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ БІЛКОВО-ТРАВ'ЯНИХ.....

4.1. Визначення структурно-механічних властивостей та мікроструктури напівфабрикатів білково-трав'яних.....	90
4.2. Перехід поліфенольних сполук в напівфабрикати білково-трав'яні при осадженні соком <i>Plantago major</i> L. білків молока.....	93
4.3. Дослідження безпечності напівфабрикатів білково-трав'яних в умовах <i>in vivo</i>	99
4.4. Дослідження активності води та стану вологи в напівфабрикатах білково-трав'яних	101
Висновки до розділу 4.....	105

РОЗДІЛ 5. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ ВИРОБІВ З ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ НА ОСНОВІ НАПІВФАБРИКАТІВ БІЛКОВО-ТРАВ'ЯНИХ

5.1. Особливості технології виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних.....	106
5.2. Дослідження термінів зберігання напівфабрикатів білково-трав'яних.	113
5.3. Визначення біологічної цінності напівфабрикатів білково-трав'яних.	117
5.4. Використання напівфабрикатів білково-трав'яних в технології молочно-білкових виробів з термічною обробкою.....	123
5.5. Економічна ефективність впровадження технології напівфабрикатів	129

білково-трав'яних.....	
Висновки до розділу 5.....	131
ВИСНОВКИ.....	133
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	136
ДОДАТКИ	157
Додаток А. Розроблений проект нормативної документації	157
Додаток Б. Акти промислової апробації	159
Додаток В. Розрахунок економічної ефективності	163
Додаток Г. Протокол медико-біологічних досліджень	168
Додаток Д. Протоколи мікробіологічних досліджень	175
Додаток Е. Патенти на корисну модель та винахід	184
Додаток Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації	190

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЗМ – активність зсідання молока

ВУЗ – вологоутримуюча здатність

ЕР – екструдат рису

МБВ – молочно-білкові вироби

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти

НФБТ – напівфабрикат білково-трав'яний

ПА – протеолітична активність

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти

СР – масова частка сухих речовин

СВСР – ступінь використання сухих речовин

ВСТУП

Згідно результатів досліджень раціонів харчування як дорослого так і дитячого населення, а також даних Держкомстату України, зафіксовано зниження обсягів споживання продуктів тваринного і рослинного походження. Характер харчування змінився, у першу чергу, як за рахунок зменшення обсягу споживання білкових продуктів, так і за рахунок погіршення їх якості. Більшість населення споживає дешеві продукти з низькою біологічною цінністю, але надлишковою калорійністю. Питанням сьогодення є правильне та збалансоване харчування, зі зниженим вмістом жирів, цукрів та підвищеним вмістом білків. Значний науковий і практичний інтерес має розробка і реалізація ресурсозберігаючих технологій молочно-білкових напівфабрикатів, отриманих осадженням білків молока активним комплексом рослин-дикоросів. Такий підхід дозволяє зменшити витрати сировини та допоміжних технологічних інгредієнтів і отримати продукти з підвищеною харчовою цінністю для широкого кола споживачів з різними харчовими уподобаннями або обмеженнями.

Темпи поновлення асортименту та розширення технічних можливостей молокопереробних підприємств, обізнаність щодо необхідності раціонального харчування, розповсюдження практичної дієтології із залученням нетрадиційної сировини, переваги вегетаріанства сприяють дослідженням властивостей нових інгредієнтів.

Актуальними є удосконалення технології молочно-білкових виробів загального призначення із застосуванням рослинної сировини в якості збагачувачів або коагулянтів. Основною операцією виробництва таких продуктів є осадження молочних білків за рахунок дестабілізації колоїдного стану золю міцели казеїну під дією протеолітичних ферментів та зміни величини рН.

Різні фактори, такі як висока ціна сирів, аспекти обмеження у вживанні, пов'язані з релігією, дієтою або заборонаю на застосування телячого сичуга в деяких країнах (Франції, Німеччині та Нідерландах) стимулюють пошук

альтернативних джерел активних комплексів для зсідання молока. Такий підхід забезпечує диверсифікацію коагулянтів у виробничому циклі, а також сприяє підвищенню біологічної цінності продуктів розділення. Деякі традиційні методи концентрування та виділення білків молочної сировини мають ряд недоліків – відсутність комплексного осадження білків, високі температури обробки, отримання згустку з неконтрольованою консистенцією тощо.

Завдяки доступності джерел і відносній простоті отримання, рослинні молокозсідальні ферменти та органічні кислоти є предметом зростаючого як наукового, так і практичного інтересу спеціалістів з технології молочно-білкових виробів. Згідно літературних даних, у багатьох видах рослинних тканин, в тому числі регіональних дикоросів, присутні протеолітичні ферменти, які мають здатність до коагулювання білків молока у відповідних умовах.

Зреалізовано у виробничих умовах технології молочно-білкових продуктів використання потенціалу культивованих рослин. Актуальним є вивчення властивостей рослин-дикоросів, що за хімічним складом не поступаються спеціально вирощуваним, а за деякими показниками перевищують їх. До такої сировини належать: різні ягоди, плоди, гриби, трав'яні (в тому числі лікарські) рослини. Сумісне використання молочної та рослинної сировини за умов традиційного проведення технологічних процесів, в тому числі і осадження білків, здатне надавати системі нових якостей.

Використання рослинних молокозсідальних ферментів та органічних кислот, як основи активного комплексу дикоросів, мають ряд технологічних і економічних переваг – це низька вартість сировини, простота оброблення, розповсюдженість на території України тощо.

Наукові основи технологій виробництва молочно-білкових продуктів поліфункціонального складу представлені в дослідженнях А.Н. Королева, З.Х. Дьяченко, А.І. Чеботарьова, Н.Н. Ліпатова, Л.А. Остроумової, Г.Г. Четкіна, А.Ю. Шілера, Р.Й. Романаускаса, А.В. Гудкова, А.А. Майорова, М.П. Щетиніна, О.В. Грек, Т. І. Юдіної, В.А. Гніцевич, А.Г. Дейниченко, І.А. Смірнкової, S.G. Anema, D.G. Libouga та ін.

Актуальним є розширення асортименту молочно-білкових виробів на основі напівфабрикатів, отриманих із залученням активного комплексу рослин-дикоросів для осадження білків молока. Аналітичними дослідженнями не виявлено інформації щодо системного підходу до вивчення технологічних можливостей зазначеної вище сировини та параметрів виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано згідно тематики держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій: «Формування якості і безпеки молочних і молоковмісних продуктів з натуральними компонентами» (0117U004398), «Удосконалення існуючих та створення нових ресурсоефективних технологій молочних продуктів підвищеної харчової цінності» (0120U103103).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів для підвищення біологічної цінності і забезпечення сталих якісних показників молочно-білкових виробів.

Відповідно до поставленої мети вирішувались наступні **завдання**:

- обґрунтувати вибір рослин-дикоросів з поліфункціональними властивостями для використання в якості коагулянтів молочних білків та підібрати раціональні методи обробки перед внесенням в молочну сировину;
- дослідити потенційну здатність активного комплексу *Rumex acetosa* та *Plantago major L.* до осадження білків молока та уточнити технологічні параметри процесу для їх максимального вилучення;
- провести комплексне дослідження впливу рослинних коагулянтів на показники якості та безпечності напівфабрикатів білково-трав'яних;
- дослідити активність води та стан вологи в напівфабрикатах білково-трав'яних для прогнозування термінів зберігання;

- розробити апаратурно-технологічну схему виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних та дослідити показники якості молочної сироватки трав'яної;
- визначити біологічну цінність напівфабрикатів білково-трав'яних та запропонувати способи їх перероблення на молочно-білкові вироби з термічною обробкою;
- розробити проект нормативної документації, здійснити промислову апробацію і визначити очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження технології напівфабрикатів білково-трав'яних.

Об'єкт дослідження – технологія напівфабрикатів білково-трав'яних з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів.

Предмет дослідження – молоко, білки, *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L., сік рослин-дикоросів, напівфабрикати білково-трав'яні, якісні та кількісні показники напівфабрикатів та виробів на їх основі.

Методи досліджень: сучасні загальноприйняті та специфічні органолептичні, фізико-хімічні (визначення вологоутримуючої здатності, активної та титрованої кислотності, вмісту вільної та зв'язаної води, форм зв'язку води), інструментальні (поліфенольний та амінокислотний склад, реологічні характеристики та мікроструктура напівфабрикатів білково-трав'яних), мікробіологічні, математичні та математично-статистичні з використанням сучасних приладів та комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень науково обгрунтовано можливість використання активного комплексу рослин-дикоросів, а саме *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. для осадження білків молока з отриманням напівфабрикатів білково-трав'яних з підвищеною біологічною цінністю.

Вперше визначено ступінь переходу поліфенольних сполук *Plantago major* L. у напівфабрикати білково-трав'яні за рахунок гідрофобної міжплощинної взаємодії ароматичних груп амінокислотних залишків білків і поліфенолів та гідроксильних груп вище зазначених сполук з білковим

ланцюгом на рівні 77 % від загальної їх кількості, у тому числі 74 % флаваноїдів.

Вперше для напівфабрикатів білково-трав'яних за показником активності води (A_w від 0,971 до 0,947), що фіксує вплив інтенсивності реакцій, таких як активність ферментативних, мікробіологічних та інших процесів, спрогнозовані раціональні умови та здатність до зберігання за температури 4 ± 2 °C протягом 72 год.

Методом ІЧ-спектроскопії визначено стан вологи в напівфабрикатах білково-трав'яних. Встановлено, що осадження білків молока активним комплексом соку *Plantago major* L. сприяє синергетичним явищам, що візуалізуються появою в ІЧ-спектрі інтенсивної смуги валентних коливань в діапазоні адсорбційно-зв'язаної води.

Вперше методом математичного моделювання встановлені аналітичні залежності у вигляді адекватних рівнянь регресії для розрахунку впливу температури та тривалості осадження білків молока, а також кількості соку *Plantago major* L. на ступінь використання сухих речовин молока і показники якості напівфабрикатів білково-трав'яних – вологоутримуючу здатність та масову частку вологи.

Практичне значення отриманих результатів. Удосконалено технологію виробництва напівфабрикату білково-трав'яного, з використанням в якості коагулянтів соку з наземної частини рослин-дикоросів *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L.. За результатами дисертаційної роботи розроблено проект нормативної документації: «Напівфабрикат білково-трав'яний» (ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021). Отримано 3 патенти України на винахід (№ 117206, № 117439, № 118522) та 3 на корисну модель (№ 123315, № 125024, № 123418). Апробацію технології напівфабрикату білково-трав'яного було проведено на ТОВ «Кременецьке Молоко» та ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна», що підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача полягає у підборі, аналізі та систематизації літературних та патентних джерел за темою, плануванні та проведенні

експериментальних досліджень, постановці задач, моделюванні технологічних процесів отримання напівфабрикатів білково-трав'яних, обробленні та обґрунтуванні отриманих результатів, підготовці матеріалів до публікацій, узагальнення результатів досліджень та формування висновків проведено спільно із науковим керівником к.т.н., проф. Грек О.В.

Експериментальну частину роботи виконано в лабораторних умовах кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ. Дослідження протеолітичної здатності соку *Plantago major L.* та поліфенольного складу напівфабрикатів білково-трав'яних проведено у ДУ «Інститут стоматології та щелепно-лицьової хірургії» НАМНУ, а визначення реологічних характеристик напівфабрикатів білково-трав'яних – в Національному університеті біоресурсів і природокористування України. Визначення форм зв'язків вологи молочно-білкових виробів проведено в Інституті харчової біотехнології та геноміки НАН України. Дослідження метаболічної ефективності напівфабрикатів білково-трав'яних в досліді *in vivo* проводились у Волинській регіональній лабораторії Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів. Дослідження амінокислотного складу напівфабрикату білково-трав'яного проведено в Інституті біохімії імені О.В. Палладіна НАН.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 84-86 Міжнародних наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті” (Київ, НУХТ, 2018-2020 рр.), VII - VIII Міжнародних науково-технічних конференцій «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (Київ, НУХТ, 2018-2019 рр.), на Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з міжнародною участю «Інновації та закономірності розвитку технологій: теоретичні та прикладні аспекти» (Київ, ККІБП, 2019), на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні досягнення біотехнології» (Київ, НАУ, 2020)

Публікації. За результатами роботи опубліковано 23 публікації, з них 9 наукових праць, опубліковано у вітчизняних і міжнародних рецензованих фахових виданнях (4 статті у періодичних виданнях, які включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science і не є перекладами з інших мов), 8 тез доповідей на наукових, науково-технічних та науково-практичних конференціях, отримано 6 патентів на корисну модель та винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, що нараховують 180 найменувань, додатків. Робота містить 135 сторінок основного тексту, 23 рисунки та 27 таблиць.

РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

1.1. Сучасні підходи до розроблення технологій молочно-білкових виробів

Молочна індустрія України розвивається відповідно до загальносвітових тенденцій – зміни вносить глобалізація, споживчі ринки, соціальні моделі харчування людей тощо. Вплив на розвиток вітчизняної галузі молокоперероблення спричиняють досягнення світової науки. На спрямованість технологічних розробок впливають чинники, які представлені на рисунку 1.1.

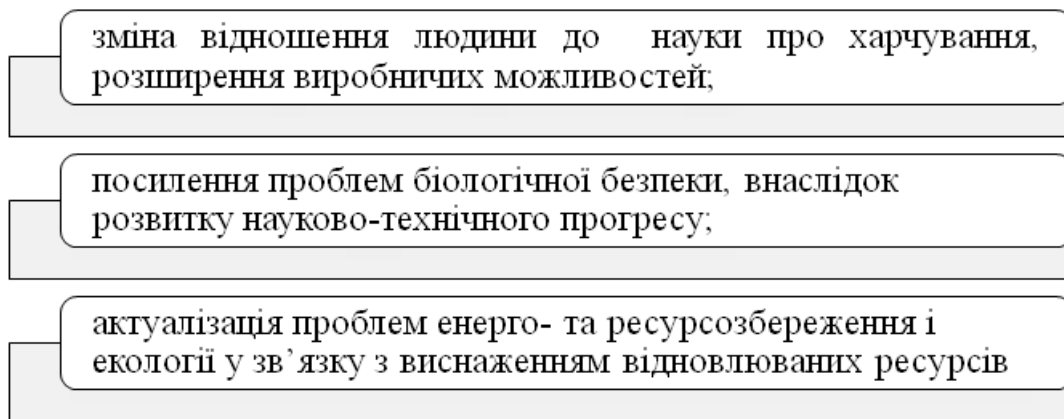


Рис. 1.1. Чинники, що впливають на спрямованість технологічних розробок

На ринку харчових продуктів, особливо з невеликим терміном зберігання, у тому числі молочних, протягом тривалого часу домінують дві чіткі тенденції: споживач хоче купувати продукти не тільки смачні, але й корисні для здоров'я. Основна увага виробників концентрується на розробці полікомпонентних продуктів з коригуючими добавками – антиоксидантами, стабілізаторами, консервантами тощо (Evdokimov, & Volodin, 2016). В сучасних технологіях активно застосовуються процеси фракціонування, синтезу, концентрації, кріозаморожування, кавітації тощо (Тюха, & Музичук, 2015; Pavlyuk, Pogarskaya, Valaba, Kravchuk, & Pogarskiy, 2019). Питання розширення

асортименту технологічних інгредієнтів, підвищення якості та конкурентоспроможності продукції теж є актуальними.

Відповідно до змін в структурі харчування населення і дефіциту споживання білка увага приділяється питанню збільшення використання білкових ресурсів різного походження на харчові цілі. Повноцінність таких продуктів визначається не тільки кількістю білка, але і його якістю. Існує тенденція до збагачення різних продуктів корисним, легкозасвоюваним білком (Wang, & Xiong, 2019). В таких умовах з'являється необхідність збільшення молочно-білкових ресурсів та корегування асортименту молочних продуктів. Відповідно молокопереробна промисловість стрімко впроваджує нові продуктові платформи та виводить на ринок сучасні категорії виробів (Vimbo et al., 2017).

Об'єктивно фіксується зростаюча алергізація населення до синтетичних препаратів. Вміст у лікарських рослинах комплексу цінних речовин сприяє нормалізації життєво важливих процесів у організмі людини, забезпечує організм мінеральними солями й вітамінами, підтримує на певному рівні обмін речовин.

Реаліями є економічне зростання виробничих суб'єктів за рахунок продукції, що містить значну кількість штучних харчових добавок, для забезпечення класичної структури, відповідного смаку, кольору виробів тощо. Переважна частка таких добавок має специфічний вплив на здоров'я людини (Черевко, 2019). Так, структура харчування населення України не відповідає сучасним принципам раціонального харчування і практичної дієтології. У раціонах спостерігається надлишок хлібобулочних виробів, картоплі та мало основних джерел повноцінного харчового білка – м'ясних, рибних і молочних продуктів, мікронутрієнтів – овочів, фруктів, горіхів, трав'яної сировини, тощо (Pavlyuk, Pogarskaya, Radchenko, Pavlyuk, Bilenko et al., 2019). Крім того, результати досліджень фактичного стану харчування населення в різних регіонах свідчать про дефіцит поліненасичених жирних кислот; вітамінів С, групи В, Е, фолієвої кислоти, ретинолу, β -каротину); макро- і мікроелементів:

Ca, Fe, Zn, F, Se, I; харчових волокон. А разом з тим спостерігається надлишкова калорійність за рахунок жирів та легкозасвоюваних вуглеводів. Характерно споживання жирів понад рекомендованої норми – більш ніж 32% калорійності раціону. Дефіцит споживання білка складає в середньому 20%, більшості вітамінів і мікроелементів 55%, харчових волокон 30% (Царук, 2020; Лозовська, Памбук, & Гожелова, 2019).

За останні роки в Україні значно зменшилося споживання молока та молокопродуктів на 17-22%, (з 47,5 до 38,8 г/добу для білків тваринного походження). Раціональна норма споживання молочних продуктів має становити 380 кг на душу населення, а мінімально допустима кількість – 341 кг на рік, однак реально українці спожили лише 202,9 кг (Козак, 2020). Щодня громадянин споживав близько 84 г протеїнів, що є одним із найнижчих показників серед країн ЄС. У сім'ях із низьким рівнем доходів споживання загального білка на добу взагалі не перевищує 29–40 г (Рудава, 2013).

Для підтримки працездатності організму важливо контролювати якість та кількість різних поживних речовин, що надходять з продуктів повсякденного споживання. Нестача білкових речовин в організмі також спричиняє дефіцит нітрогену, що стимулює розпад власних білків організму та призводить до його виснаження, зі всіма наступними негативними наслідками (Гніщевич, Юдіна, & Дейниченко, 2016).

Статистичні дані доводять, що існує тенденція населення до збільшення чисельності вегетаріанців (Leitzmann, 2014; Bryant, 2019). У більшості випадків, це викликано як життєвими переконаннями, так і фінансовими можливостями. Так, у 2016 році лише 29% середньодобового раціону забезпечувалося за рахунок споживання продукції тваринництва, що майже у 2 рази менше від необхідного для здорового харчування рівня (55%) (Беляєва, Бишовець, & Куракін, 2020). З іншого боку, обсяги виробництва і рівень споживання молочно-білкових продуктів (сирів всіх видів, сиру кисломолочного та виробів з нього) в світі неухильно зростає (Vimboetal., 2017) викликаючи постійний

попит на сичужні ферменти, що, в свою чергу, призводить до пошуку альтернативних джерел ферментів (Shah, Mir, & Paray, 2014).

Молочні продукти становлять основу раціону людей усіх вікових груп та користуються підвищеним попитом. Протягом останніх років істотно змінилася асортиментна політика – паралельно з традиційними розробляються принципово нові технології сучасних видів продукції, в тому числі оздоровчого, профілактичного та функціонального призначення. При наближенні споживання продуктів харчування до раціональних норм зростає інтерес населення до якісних, насамперед екологічних, характеристик продовольства (Сегеда, 2016).

Перспективним напрямком щодо створення білкових продуктів полікомпонентного складу є поєднання молочної та доступної рослинної сировини (Chechetkina, Iakovchenko, & Zabodalova, 2016; Рудакова, Забодалова, & Серова, 2014). Компанії, такі як Danone, General Mills, Ingredia, Lactalis, Nestlé, активно використовують суміші тваринного і рослинного походження для виробництва інноваційних молочно-білкових виробів, напоїв, заморожених десертів з високим вмістом білка (Guyomarc'h et al., 2020). Такий підхід дозволяє вирішувати одночасно кілька завдань, таких як економічна раціоналізація складу продукту, так і підвищення харчової цінності (Dunaev, 2009; Горлов, Серова, & Воронцова, 2012). Внесення рослинних складових здійснюється в різноманітному вигляді – використовуються як частини рослини, так і їх окремі фракції і на будь-якій стадії технологічного процесу. Передбачається додавання до молока або молочних продуктів сировини рослинного походження в якості заміників основної сировини в різному відсотковому співвідношенні (Чечеткіна, 2018; Grek, Pshenychna, Tymchuk, Savchenko, & Ochkoymas, 2020) та в якості наповнювачів і різноманітних добавок (Pavlyuk et al., 2019). Такий підхід забезпечує можливість взаємного збагачення отриманих продуктів есенціальними фітоінгредієнтами (органічними кислотами, глікозидами, поліфенольними сполуками, хлорофілом, харчовими волокнами, антоціанами, β -каротином, мінеральними

речовинами, вітамінами, амінокислотами, антиоксидантами, пребіотичними речовинами (пектин, целюлоза, лігнін) й ін.), а також дозволяє модифікувати їх склад відповідно до принципів раціонального харчування (Юдіна, & Назаренко, 2012). В Україні затверджені норми фізіологічних потреб населення не тільки в основних харчових речовинах і енергії, а й норми споживання мінорних та біологічно активних речовин (таблиця 1.1.).

Таблиця 1.1. Рекомендовані норми споживання мінорних та біологічно активних речовин їжі із встановленою фізіологічною дією на організм (для дорослого населення) (Беляєва et al., 2020)

Назва речовини	Кількість, мг/добу
Вітаміни та вітаміноподібні речовини	
Каротиноїди, в тому числі β -каротин	15/5
Інозит	500
L-Карнітин	300
Коензим Q10	30
Ліпоєва кислота	30
Оротоєва кислота (В13)	300
Холін	500
Метилметіонін-сульфоній	180
Пара-амінобензойна кислота	100
Флавоноїди, у тому числі катехінів	250/100
Ізофлавонони, ізофлавоноглікозиди	50
Рослинні стерини (фітостерини)	270
Глюкозамін сульфат	700

Значення набувають інноваційні технології безвідходного перероблення молочної сировини із застосуванням фітокомпонентів (або багатокомпонентних гетерогенних дисперсних систем із специфічним набором біологічно активних речовин) для розширення асортименту молочно-білкових продуктів з підвищенням харчової та біологічної цінності кінцевих продуктів з одночасним зростанням ефективності виробництва (Липатов, Сажин, & Башкиров, 2001).

При формуванні асортиментного ряду молочно-білкових продуктів з рослинною сировиною, слід враховувати наступні критерії підбору складових:

- відмінний хімічний склад та функціональні властивості сировини;

- обов'язкова сумісність на органолептичному рівні;
- особливості технології отримання рецептурних складових різного походження;
- можливість визначення властивостей сумішей доступними методами;
- аналіз медико-біологічної безпеки складових.

Масовим випуском молочно-білкових виробів з рослинними складовими, які підвищують резистентність організму в умовах несприятливого навколишнього середовища, можна покращити якість життя людини і знизити ризик захворювань, забезпечити адаптацію організму до несприятливих умов життя та праці (Bal-Prilipko, Venglyuk, Zaletok, & Moiseenko, 2013).

1.2. Характеристика технологій молочно-білкових виробів з використанням рослинної сировини

Основою асортименту є молочно-білкові продукти (сир кисломолочний, м'які та тверді сири) при виробництві яких максимально концентрується казеїн, а водорозчинні білки залишаються в сироватці. Слід зазначити, що сироваткові білки за вмістом дефіцитних незамінних амінокислот – лізину, триптофану, метіоніну, треоніну і цистеїну є найбільш біологічно цінною частиною білків молока (Mamaev, & Vobrakova, 2012; Grek, Pshenychna, Onopriichuk, & Tymchuk, 2019).

Існують технології, що передбачають введення в рецептури такого асортиментного ряду різних компонентів, а саме: фруктів, ягід, овочів, зернових і крахмаловмісних компонентів, олій та інших складових (Kochubei-Lytvynenko, Marynin, Yushchenko, Kuzmyk, & Lazarenko, 2017; Храмова, Лисицын, & Горлов, 2010). В якості наповнювачів використовують різну трав'яну сировину (петрушку, базилік, кінзу, кріп) та продукти переробки рослин-дикоросів, а саме амаранта білосімяного та ехінацеї пурпурної, які містять білки, ліпіди, пектин, флаваноїди, ефірні масла, органічні кислоти, вітаміни тощо. Поліфенольні з'єднання в екстрактах вище зазначеної трав'яної

сировини мають антиоксидантні властивості, що інгібують процеси окислення ліпідів в організмі (Pavlyuk et al., 2019).

Традиційно сири з використанням зелені виробляли в країнах Кавказу, в Молдавії, Прибалтиці (Харитонов, 2000; Samah, & El-Sayed, 2019).

Введення в рецептуру молочно-білкових продуктів в якості наповнювачів рослин-дикоросів – кропиви дводомної (лат. *Urtica dioica*) і черемши (лат. *Allium ursinum*), дозволило підвищити харчову цінність завдяки специфічним сполученням біологічно і фармакологічно активних нутрієнтів (Коновалов, 2015).

Впроваджена різноманітна асортиментна лінійка сирів із зеленню та з різними параметрами та способами зсідання молока. Розроблено нові види термокислотних сирів, де в якості коагулянтів білка замість кислої сироватки використовують органічні кислоти – оцтову, лимонну та інші (Kumar, Rai, Niranjana, & Bhat, 2014; Suthar, Jana, Modha, & Balakrishnan, 2018; Vaba et al., 2016). Також в літературі зустрічаються відомості про використання в якості коагулянту при осадженні білків рослинної сировини, в тому числі плодів і ягід, що містять велику кількість органічних кислот (Grek et al., 2020; Гніцевич, Юдіна, & Дейниченко, 2017; Слащева, Никифоров, & Попова, 2016; Karki, & Ojha, 2018).

Перспективними є розробки технологій молочно-білкових продуктів загального призначення із застосуванням місцевої рослинної сировини спеціально-обробленої або нативної в якості технологічних інгредієнтів. Рослинну сировину можна уявно поділити на сировину, що культивується та дикорослу (дикороси). Потенціал культивованого рослинного світу обмежений. Тому увагу заслуговують дикороси, що за хімічним складом та технологічною дією не поступаються культивованій сировині, а за деякими показниками набагато перевищують (Черевко, Єфремов, & Михайлов, 2007).

Завдяки доступності джерел і відносній простоті отримання, різні рослинні коагулянти зі специфічним механізмом дії є предметом зростаючого

як наукового, так і практичного інтересу спеціалістів з перероблення молока на молочно-білкові продукти (Слащева та ін., 2016; Luo et al., 2018).

Досліджено та оцінено можливість потенційного використання нативних рослинних екстрактів з квітів *Citrus aurantium*, ягід тропіло (*Solanum elaeagnifolium*) для виробництва гідролізатів білків сироватки. Максимальна протеолітична дія на β -лактоглобулін та α -лактальбумін відбувається за рН 6,5 (Mazorra-Manzano et al., 2020). Крім того, *Plantago major L.* застосовують в технологіях харчових продуктів в якості збагачувача з метою підвищення біологічної цінності, зокрема в кисломолочному продукті у вигляді сиропу (Силантьєва, & Баулина, 2012), та у складі м'ясних січених напівфабрикатів у вигляді зеленої маси (Ukrainets, Pasichnyi, Shvedyuk, & Matsuk, 2017).

Згідно досліджень (Лупинская, & Кузнецова, 2015), включення композицій дикорослої сировини до складу яких входить щавель в рецептуру плавлених сирів дозволяє підвищити амінокислотний скор, поліпшити збалансованість амінокислотного складу та скорочувати засвоюваність білків молочної сировини.

Існує спосіб використання натуральних прянощів (анісу, гвоздики, духмяного перецю, кардамону, куркуми тощо) та їх композицій у складі паст кисломолочних. Поєднання з кисломолочною основою, забезпечує формування оригінальних смако-ароматичних характеристик готових продуктів, збагачення їх комплексом біологічно активних речовин та сприяє стабілізації показників якості упродовж зберігання завдяки високому вмісту біологічно активних речовин (Кузьмик, 2018).

Відома композиція інгредієнтів для виготовлення сирної запіканки, до складу якої входить кукурудзяна крупа, сир кисломолочний, кукурудзяна олія, сметана, меланж, ванілін та насіння льону і кунжуту, як підсолоджувач – мед. Отримана суміш піддається термообробці за температури 180 °С протягом 30...40 хв. Запропонована композиція дозволяє отримати продукт, який має високі дієтичні та функціональні властивості за рахунок вмісту в його складі незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) та

мононенасичених жирних кислот (МНЖК), білків. Дана композиція інгредієнтів для виготовлення сирної запіканки дозволяє розширити асортимент виробів на основі молочно-білкових концентратів направленої дії, які належать до класу функціональних продуктів (Кушнір, Загоровська, Манєва, Чев'юк, & Мирошніченко, 2015).

Науковцями розроблено технологію напівфабрикату на основі сиру кисломолочного з використанням біологічно активної рослинної сировини, а саме ізоляту соєвого білку та рослинного компоненту з мікронізованого насіння гарбуза. Особливістю даної технології є внесення в склад продукту білоквмісних рослинних компонентів – ізоляту соєвого білку та борошна з насіння гарбуза. Всі рецептурні компоненти змішуються і випікають за температури $(190 \pm 10)^\circ\text{C}$ протягом 17 ± 3 хв (Глаголева, & Азарных, 2014).

Розроблено спосіб виробництва молочно-білкової запіканки, який передбачає попередню підготовку молочно-білкового компоненту, його змішування з іншими сировинними інгредієнтами, формування виробів та теплову обробку. Як білкову складову використовують молочно-білковий концентрат зі сколотин і клітковину насіння гарбуза. Змішування компонентів проводять протягом 3...5 хв. Випікання суміші здійснюють за температури $200 \dots 220^\circ\text{C}$ протягом 20 ± 2 хв. Готовий продукт має підвищену харчову цінність за рахунок використання цінної білково-вуглеводної молочної сировини та біологічно активної добавки (Дейниченко et al., 2013).

1.3. Методи осадження білків молока

Використовують різні способи коагуляції, які поділяють за принципом виділення основного білка – казеїну (кислотний, сичужний, кисло-сичужний) і сироваткових білків (термокислотний, термокальцієвий). Крім того, застосовуються і методи комплексного виділення білків молока – казеїну з сироватковими білками. Для визначення продуктів, отриманих методом комплексного виділення білків, використовується термін "копреципітати" (відангл. co-precipitate) – "одночасне осадження") (Smith, 1975). Дестабілізація

колоїдного стану золю міцели казеїну відбувається під дією протеолітичних ферментів та зміни величини рН. Молочний гель представляє собою структуру, що складається з гелевого каркасу, заповненого сироваткою. Характерною особливістю гелю є синерезис – зниження водоутримуючої здатності під впливом температури, величини рН та механічної дії (Остроумов, & Хуснуллина, 2010).

Кислотна коагуляція здійснюється під впливом молочної кислоти, що накопичується у процесі молочнокислого бродіння чи додається. Можуть застосовуватися й інші кислоти, такі як соляна, оцтова, лимонна.

Казеїн молока, має виражені кислі властивості, що пояснюється більшим вмістом карбоксильних груп дикарбонових амінокислот і гідроксильних груп фосфорної кислоти ніж амінних груп. У казеїнових глобулах на поверхні переважають негативні електричні заряди. Під час молочнокислого бродіння в системі поступово накопичується молочна кислота, яка дисоціює, концентруючи іони водню (H^+). При підвищенні значення рН іони водню H^+ поступово зв'язуються електрзарядженими групами COO^- і нейтралізуються. Результат – зменшення числа негативних зарядів на поверхні казеїнових глобул, при цьому досягається рівновага позитивних і негативних зарядів казеїнових часток. Вони стають електронейтральними. У результаті нейтралізації негативно заряджених угруповань в зоні активної кислотності при значенні рН (4,6...4,7) виникає ізоелектричний стан казеїну. Процесу осадження казеїну під дією молочної кислоти сприяє також і порушення структури кальцій-фосфат-казеїнового комплексу (Смирнова, Гралевская, Штригуль, & Смирнов, 2012; Lucey, 2016).

Недолік цього способу – це відсутність коагулювання сироваткових білків. Вони зберігають нативний стан і в стадії синерезису білкового згустка видаляються з нього разом із сироваткою. Крім того, використання хімічних сполук надають згустку сторонніх присмаку, запаху та занадто щільної консистенції. Процес структуроутворення в кислотному згустку порівняно з сичужним зсіданням проходить інтенсивніше, а система швидше підходить до

врівноваженого стану. Оскільки при кислотному згортанні міцели казеїну електрично нейтральні, то привалюють сили міжмолекулярної взаємодії радіус дії яких менший радіусу електростатичних сил відштовхування. Тому кислотний згусток має кінцеву структуру вже на початку ізоелектричної точки (рН 4,6...4,7).

Існують різні теорії, що обґрунтовують сичужну коагуляцію в дві стадії: ферментативну та коагуляційну. Одна з теорій – фосфоамідазна, де процес сичужного зсідання молока складається з хімічного перетворення казеїну у параказеїн і утворення структурного згустка. Перша стадія сичужного зсідання обумовлена дією сичужного ферменту, а друга – дією іонів кальцію. В основу другої теорії сичужної коагуляції – гідролітичної, покладено протеолітичну дію ферменту. Під час сичужної коагуляції молока макропептидні волоски χ -казеїну відщеплюються хімозином і супроводжується руйнуванням захисного шару (Horne, Lucey, & Rennet-Induced, 2017). Однак сироваткові білки під дією сичужного ферменту не коагулюють і під час синерезису крізь ланцюжки казеїнового згустка видаляються із сироваткою. Ферментативна коагуляція молока – це модифікація міцел казеїну за допомогою обмеженого гідролізу казеїну ферментом, що супроводжується агрегацією міцел (Савченко, Грек, & Красуля, 2015).

Коагуляція молока може здійснюватись протеазами як мікробного так і рослинного походження, здатними забезпечити гідролітичне розщеплення χ -казеїну. В якості замінників сичужних ферментів використовують мікробні ферменти (протеази), які синтезують протеїнази, що локалізуються в клітинах, або екстрагуються в культуральне середовище. Розрізняють протеїнази бактерій, плісняви і дріжджів, а в середині цих груп – кислі, нейтральні та лужні протеїнази. Протеїнази пліснявих грибів давно використовуються для виготовлення приправ, соєвих соусів та в технології окремих видів м'яких сирів (Badgajar, & Mahajan, 2010).

На виробництві використовують термокислотний спосіб коагуляції за значень рН, близьких до ізоелектричної точки, та метод термокальцієвої

коагуляції (Баль-Прилипко, & Савченко, 2012; Osintsev, 2014; Sandra, Ho, & Corredig, 2012). Такий спосіб ґрунтується на одночасній коагуляції молочного казеїну і сироваткових білків під дією кислоти і високої температури. Ступінь використання білків складає до (95...97)%, у той час як при кислотній коагуляції близько 90%, а при сичужній – приблизно 85%. Вважається, що термокислотний процес протікає аналогічно кислотному, а прискорення коагуляції обумовлено додатковими факторами (Остроумов, Осинцев, Смирнова, Глушаков, & Чеботарев, 2011). Через зсув ізоелектричної точки комплексу «казеїнова міцела» – «сироваткові білки» зсідання починається в області більш високих значень рН. Але після осадження денатурованих сироваткових білків ізоелектрична точка міцел змінюється від рН 4,7 до рН 5,2, тоді як згортання молока за температури $(90 \pm 5)^\circ\text{C}$ відбувається з додаванням кислотоутворюючого агента в кількості, що забезпечує кислотність середовища коагуляції рН 6 (Савченко et al., 2015; Osintsev, Gromov, & Braginsky, 2013).

Протягом останніх років запропоновано низку способів термокислотної коагуляції. Науковцями (Шингарєва, Скапцова, & Глушаков, 2013) розроблено технологічний регламент виробництва білкового продукту способом термокислотної коагуляції із застосуванням як коагулянту розчину харчових кислот або молочної сироватки кислотністю $(60 \pm 5)^\circ\text{T}$. Існують технології (Долгорукова, Шувалова, & Кабанова, 2017; Макаров, & Кабанова, 2018), що передбачають використання коагулянтів лимонної кислоти, маринаду квашеної капусти, яблучного соку та екстракту з айви японської, барбарису звичайного, лимонника китайського.

Вітчизняними вченими запропоновано технологію виготовлення молочно-білкового концентрату з використанням як коагулянтів пюре із ягід журавлини та калини, що додається до склотин у співвідношенні 1:9 (Гніщевич, Юдіна, & Дейниченко, 2016).

Різні технології молочно-білкових виробів (МБВ) з використанням термокислотної коагуляції розроблені науковцями КНТЕУ (Дейниченко, 2018), НУХТ (Grek, Onopriichuk, & Pshenychna, 2017), та ДНУЕіТ ім. М. Туган-

Барановського (Коршунова, Гніцевич, & Никифоров, 2007) та іншими.

При сичужно-кислотному зсіданні молока, згусток формується комбінованим впливом сичужного ферменту і молочної кислоти. Під дією ферменту казеїн на першій стадії переходить в параказеїн, на другій стадії з параказеїна утворюється згусток. Казеїн при переході в параказеїн зміщує ізоелектричну точку з рН 4,6 до 5,2. Утворення згустку під дією ферменту відбувається швидше, при більш низькій кислотності, ніж при осадженні білків молочною кислотою. Отриманий згусток має меншу кислотність, а процес на 2 - 4 год прискорюється. При сичужно-кислотній коагуляції кальцієві містки, що утворюються між великими частками, забезпечують високу міцність згустку. Такі згустки краще відокремлюють сироватку, в них швидше відбувається ущільнення просторової структури білка, тому підігрів згустку для інтенсифікації відділення сироватки не потрібен (Бобылин, & Темерко, 2000). Забезпечити вище зазначені умови можуть не лише класичні технологічні інгредієнти, а й різні рослини в тому числі і дикороси, що мають відповідні активні комплекси.

Традиційні методи концентрування мають ряд недоліків – відсутність комплексного осадження білків, використання вартісних коагулянтів тваринного походження, високі температури обробки, можливість виникнення сторонніх присмаку та запаху, отримання згустку з щільною консистенцією тощо.

Актуальними є використання в технологіях молочно-білкових продуктів нативних компонентів багатих метаболічно активними і захисними природними сполуками, до яких можна віднести не тільки овочі, ягоди, продукти переробки зернових, але і трави-дикороси, такі як подорожник (*Plantago major L.*), ревіль (*Rhéum*), кропива (*Urtica dioica*), чортополох (*Carlina spp.*, *Cardus spp.*, *Cynara spp.*), кульбаба (*Taraxacum officinale*) та інші (Shahet al., 2014).

Сировинну базу в Україні становлять лікарські рослини-дикороси, що культивуються та імпортована сировина. Така сировина використовується підприємствами хіміко-фармацевтичної, парфумерно-косметичної, харчової

(Касьянов, Кизим, & Холодов, 2000; Дібровська, 2012) та лікєро-горілчанї промисловості. Україна за своїх природно-кліматичних умов, є перспективною для заготівлі 200 видів лікарських рослин. Вітчизняні підприємства займаються як вирощуванням і збиранням лікарських рослин, так і зберіганням та переробкою сировини (Мірзоєва, 2013; Желага, & Безпала, 2011).

Актуальним є удосконалення класичних способів коагуляції білків молока зі зміною складу молочно-білкових виробів під впливом активних комплексів рослин-дикоросів. Перевагою такого підходу може бути виключення з технологічного процесу штучних хімічних речовин, які впливають на органолептику і безпечність продуктів, а також збільшення виходу згустку МБВ за рахунок комплексної коагуляції казеїну та сироваткових білків.

1.4. Характеристика коагулянтів тваринного, мікробного та рослинного походження

Відповідно до походження виділяють кілька різновидів ферментів, що використовуються при коагуляції білків молока: тваринні, рослинні протеази, мікробні і генно-модифіковані. Традиційним для коагуляції молока є сичужний фермент реннін або хімосин КФ 3.4.23.4 (КФ – код ферменту за Міжнародною класифікацією ферментів (ензимів). Фермент відноситься до класу аспартатних протеїназ (Старовойтова, 2001), знаходиться в соці четвертого відділу шлунка телят.

Хімосин найбільш активний при рН 6,2 – 6,4, а активність пепсину знаходиться в області підвищеної кислотності за рН 1,7 – 2,3 (Kumar, Grover, Sharma, & Batish, 2010). Їх суміші застосовуються в сироробстві у вигляді препаратів з різним співвідношенням хімосин-пепсин таких виробників як «Danisko», Франція; «Hundsichler GmbH», Австрія; «Caglificio Clerici SPA», Італія та інші (Федотова, 2006; Ayhan, Celebi, & Tanyolac, 2001).

За кордоном замітники сичужного ферменту мікробного походження або комерційні ферменти, застосовують лише для виробництва окремих видів сирів

(розсільних, з підплавленням сирної маси тощо) (Ahmed, Morishima, & Babiker, 2009). Поширеними джерелами ферментів мікробного походження є штами мікроорганізмів *Aspergillus Niger Var. awamori*, *Mucor Miehei*, *Endothia Parasitica* (Скотт, Робинсон, & Уилби, 2005; Чубанова, Семенчукова, & Валентович, 2018; Vensmail, Boudjema, & Naimi-Fazouane, 2020).

Перевагою використання мікробних ферментних препаратів є нища вартість, а недоліками – низький вихід продукту, з коротким терміном зберігання в порівнянні з сичужними сирами.

Крім того, виникають питання щодо якісних показників готових сирів. Застосування в промисловості знайшли молокозсідальні ферментні препарати на основі рекомбінантного химозину СНУ-Мах (Смирнова et al., 2012).

У згустках, отриманих з використанням препаратів тваринного походження, сироватка відокремлюється рівномірніше, ніж у згустках, отриманих з застосуванням рекомбінантного препарату. Мікробіальні і рекомбінантні препарати утворюють більш м'який згусток в порівнянні з ферментними препаратами тваринного походження (Чубанова et al., 2018). До того ж діє обмежувальне законодавство деяких європейських країн, що забороняє використання рекомбінантних ферментів від генно-модифікованих мікроорганізмів (Council Regulation EC, 2007), тому повний перехід на рекомбінантні ферменти не є доцільним.

Можливо використання культуральної рідини вищих грибів для отримання ферментних препаратів протеїназ молокозсідальної дії. Існує велика кількість штамів чистих культур базидіоміцетів – продуцентів замітника ренніну. Однак, лише деякі представники можуть бути заміниками ферменту. Активними продуцентами ренніна є гриби *Russula decolorans*, *Schizophyllum commune*, *Hirschioporus laricinus*, *Pleurotus ostreatus* (Okamura-Matsui et al., 2001). Проведені дослідження молокозсідальної активності культурального фільтрату грибів порядку *Aphillophorales* показали здатність до утворення відповідних ферментів (Чемерис, Рашевский, Галкова, & Бойко, 2016). Ферменти, отримані на основі базидіального гриба *Coprinus lagopides*, широко

використовуються для зсідання білків при виробництві сиру. Доведено, що культури трутовиків ірпекса молочно-білого (*Irpex lacteus*), трутовика окаймленого (*Fomitopsis pinicola*) гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) і сиріжки сіріючої (*Russula decolorans*), характеризуються наявністю ферментів з молокозсідальною активністю, які виділені і використовуються в сироробстві як замітники сичужного ферменту (Лебедева, & Проскураков, 2009). Найбільш близьким, за молокозсідальною здатністю до сичужного ферменту є ферментні препарати, виділені з цвілевих грибів (препарат «Мейто» і «Фромаза») (Шляпникова, & Батырова, 2017; Шпирная, Шляпникова, Цветков & Ибрагимов, 2016).

Існують дослідження, що різні протеази екстрактів рослин мають активні інгредієнти для розщеплення білків за певних умов (Vairo-Cavalli, Claver, & Priolo, 2005; Chen, Zhao, & Agboola, 2003; Brutti, Pardo, Caffini, & Natalucci, 2012). Екстракти рослин (майоран, розмарин, садова бузина, реп'ях, мальва, осот та ін), які традиційно вважалися ферментними коагулянтами молока, такими не є, тому що вони мають інший механізм дії або, містять мікроби, що володіють здатністю до зсідання молока (Чубанова, Семенчукова, & Валентович, 2018; Смирнова et al., 2012; Цикуниб, & Гончарова, 2014).

1.5. Обґрунтування вибору рослин-дикоросів для використання в якості коагулянтів молочних білків

Різні фактори, такі як нестача та вартість тваринних протеаз, обмеження у вживанні, пов'язані з релігією (буддизм, індуїзм, мусульманство тощо) (Чубанова et al., 2018; Gonzalez-Rabade, Badillo-Corona, Aranda-Barradas, & Oliver-Salvador, 2011), вегетаріанством (Leitzmann, 2014), можливістю шкідливого впливу на організм (Зуев, 2014), а також заборона на застосування телячого сичуга в деяких країнах – Франції, Німеччині та Нідерландах, та обмеження генномодифікованих препаратів сприяли активізації сучасних досліджень рослинних коагулянтів для білків молока (Roseiro, Barbosa, Ames, & Wilbey, 2003; Grek, Onopriichuk, Tymchuk, & Chubenko, 2017). Останні мають

переваги перед препаратами мікробіального і трансгенного походження. Збільшення попиту на диверсифіковане виробництво молочно-білкової продукції сприяє пошуку рослин з активним ферментним комплексом (Shah, Mir, & Paray, 2014). Економічно доцільним є використання рослинних протеолітичних ферментів з різних рослин. Це стосується й процесу осадження білків молока із застосуванням рослин-дикоросів, до складу яких входять альтернативні види молокозсідальних ферментів та органічних кислот та інших з'єднань, що формують активний комплекс.

Були сформульовані умови промислового впровадження таких коагулянтів і визначені специфічні фізико-хімічні та технологічні властивості для забезпечення відповідних характеристик білкових концентратів (Grek et al., 2019). Необхідно, зокрема, щоб протеолітична активність ферменту була не дуже високою, оскільки в іншому випадку може відбуватися розщеплення надмірної кількості пептидних зв'язків і утворення значної кількості розчинних білків, і, як наслідок, слабкого згустку (Shah et al., 2014). В результаті виникатиме втрата сухих речовин і уповільнення процесу синерезису. Крім того, можлива поява вад смаку і консистенції сиру в процесі дозрівання.

Майже у всіх видах рослинних тканин присутні протеолітичні ферменти, які мають здатність до згортання білків молока у відповідних умовах (Alicí, & Arabacı, 2016; Grek, Krasulya, Tymchuk, & Chubenko, 2018). Ферменти, що використовуються як вище зазначені коагулянти, належать до аспартичних протеаз, але також придатні для коагулювання білків молока цистеїнові та серинові протеази. Була створена база даних протеолітичних ферментів, їх субстратів і інгібіторів «MEROPS» (Rawlings, Barrett, & Bateman, 2012). За даними «MEROPS», клас аспартаз є другим за поширеністю серед пептидаз рослин (Lufrano et al., 2012).

Згідно інформації (Roseiro et al., 2003) в Іспанії та Португалії виробляють сири Serra і Serpa (Macedo, Faro, & Pires, 1993; Roa, López, & Mendiola, 1999), Tortadel Casar (з овечого молока), а також сир Los Ibores (з козячого молока) та Florde Guía (з суміші овечого і коров'ячого молока) (García et al., 2012; Sanjuán et

al., 2002) з використанням артишоку *Cynara spp.*, як рослинного коагулянту. У Нігерії та республіці Бенін для виробництва сирів використовують екстракт *Calotropis procera* (Roseiroet al., 2003). Одним з давно відомих рослинних коагулянтів є сік *Ficus carica* (Greket al., 2018).

Крім того, джерелом молокозсідальних ферментних препаратів є кропива (*Urtica dioica*), лопух (*Arctium minus*), волошка чорна (*Centure aspp.*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*) тощо. Проте надмірна протеолітична активність папаїну (*Carica papaya*), бромеліну з ананаса обмежила їх використання у виробництві молочно-білкових продуктів. Результатом є низький вихід сиру та вади аромату і консистенції (LoPiero, Puglisi, & Petrone, 2002).

Квіти осоту (*Cirsium* та *Onopordum tauricum*) – традиційні коагулянти, які протягом багатьох років використовуються в Південній Європі та Північній Африці для виробництва сиру. Квітки містять аспарагінові протеази з високим ступенем зсідання молока. Сири, що виробляються з рослинними коагулянтами, мають, як правило, більш кремову і м'яку консистенцію, а також більш інтенсивний запах і аромат порівнянно з комерційним хімозином або сичужним ферментом (Alavi, & Momen, 2020; Mozzonet al., 2020). Гемлок (*Conium maculatum*) і насіння рицину (*Ricinuscom munis*) викликають комбіноване зсідання молока кислотами і ферментами, при виробленні сирів з м'якою текстурою.

Протеази поділяють на групи на основі каталітичного механізму, який використовується під час гідролітичного процесу. Основними каталітичними типами є аспартат (протеаза – *Cardosins and cyprosins*, джерело – *Cynara cardunculus* (Артишок іспанський); *Protein extract, Silybum marianum* (Розторопша плямиста); *Protein extract, Centaurea calcitrapa* (Волошка колбочоголова); *Procirsin, Cirsium vulgare* (Осот звичайний); а також серин (протеаза – *Neriifolin, Neriifolin S*, джерело – *Euphorbia neriifolia* (Молочай); *Dubiumin, Solanum dubium Fresen* (Паслін); *Lettucine, Lactuca sativa* (Салат сійний)) (Bah, Paulsen, Diallo, & Johansen, 2006; Shah et al., 2014).

Серинові та цистеїнові протеази каталітично сильно відрізняються від аспарагіну (Bruno, Trejo, Aviles, Caffini, & Lopez, 2006).

Молекулярна маса рослинних серинових протеаз коливаються від 19 до 110 кДа, але більшість лежить між 60 і 80 кДа. Оптимальний рН для їх активності в лужному діапазоні (рН 7–11). Оптимальна температура дії серед рослинних ферментів досить мінлива – від 30 до 80 °С, але більшість рослинних серинових протеаз зазвичай найкраще діють в межах 20–50 °С. (Mazorra-Manzano et al., 2013). Рослинні протеолітичні ферменти стабільні та активні за високих температур 50...85 °С та високому рН 6...11 (Sharma, Kumari, & Jagannadham, 2009), що значно вище, ніж для сичужного ферменту телят – 40...42 °С (Horne, & Banks, 2004). Ймовірно із-за відмінностей у структурі ферментів. Так, оптимальна температура дії молокозсідального ферменту з імбирю складала 65 °С (Huang, Chen, Luo, Guo, & Ren, 2011).

Рослини, як сировину для отримання ферментних препаратів різного призначення вже використовують, а спектр доступних ферментів, що розрізняються за характером (температурою та рН), широкий. Крім того, препарати рослинного походження є безпечними, і можуть бути використані в харчовій промисловості. Обмеженням є сезонність сировини, а також те, що певні види рослин недоцільно використовувати в регіонах, де вони не ростуть (Shah et al., 2014).

Перспективи при виробництві молочно-білкових виробів мають дикороси, завдяки специфічним сполученням біологічно і фармакологічно активних нутрієнтів. Такі речовини важко створити штучно, вони добре переносяться людським організмом, мають лікувальну і / або профілактичну дію. В екологічному відношенні дикороси представляють більш сприятливі джерела рослинної сировини, ніж традиційні рослини, культивовані зазвичай на виснажених земельних угіддях із застосуванням добрив і пестицидів (Лупинская, 2010).

1.6. Характеристика активного комплексу *Plantago major L.* та *Rumex acetosa L.*

Подорожник великий (*Plantago major L.*) відноситься до роду одно- та багаторічних трав, рідше як напівчагарників родини Подорожникові (*Plantaginaceae*), висотою 15–30 см, з листям цільним, широкоовальним та довгими черешками, гладкими цільними краями.

Подорожники зростають вздовж доріг, навколо ставків, річок, на вологих місцях, у степах, на луках та на піскових ґрунтах. На території сучасної Європи розповсюджено до 70 видів рослин, з яких в Україні ідентифіковано понад 20. Відомо, що подорожник великий, за рахунок наявності значної кількості біологічно активних речовин, входить до складу різноманітних лікарських препаратів, косметичних засобів тощо (Оленников, Samuelsen, & Танхаева, 2007; В.Н. Кортиков, & А.В. Кортиков, 2002).

Plantago major L. використовують із природного середовища, або вирощують у спеціалізованих господарствах. Хімічний склад листя *Plantago major L.* у відсотковому відношенні представлений на рисунку 1.2. (Мінарченко, & Бутко, 2017).

У листі подорожника великого також ідентифіковані: флавоноїди, дубильні речовини та фенолкарбонові кислоти, полісахариди, слиз, маніт, сорбіт, вітаміни (К, Р, аскорбінова кислота, провітамін А), феноли та їх похідні (тирозол), гіркоти, стероїдні сапоніни, хлорофіл, каротиноїди, мінеральні солі. (Herasymova, 2015; Герасимова, 2015). Багатий компонентний склад ряду біологічно активних речовин обумовлює його позитивний вплив на здоров'я людини.

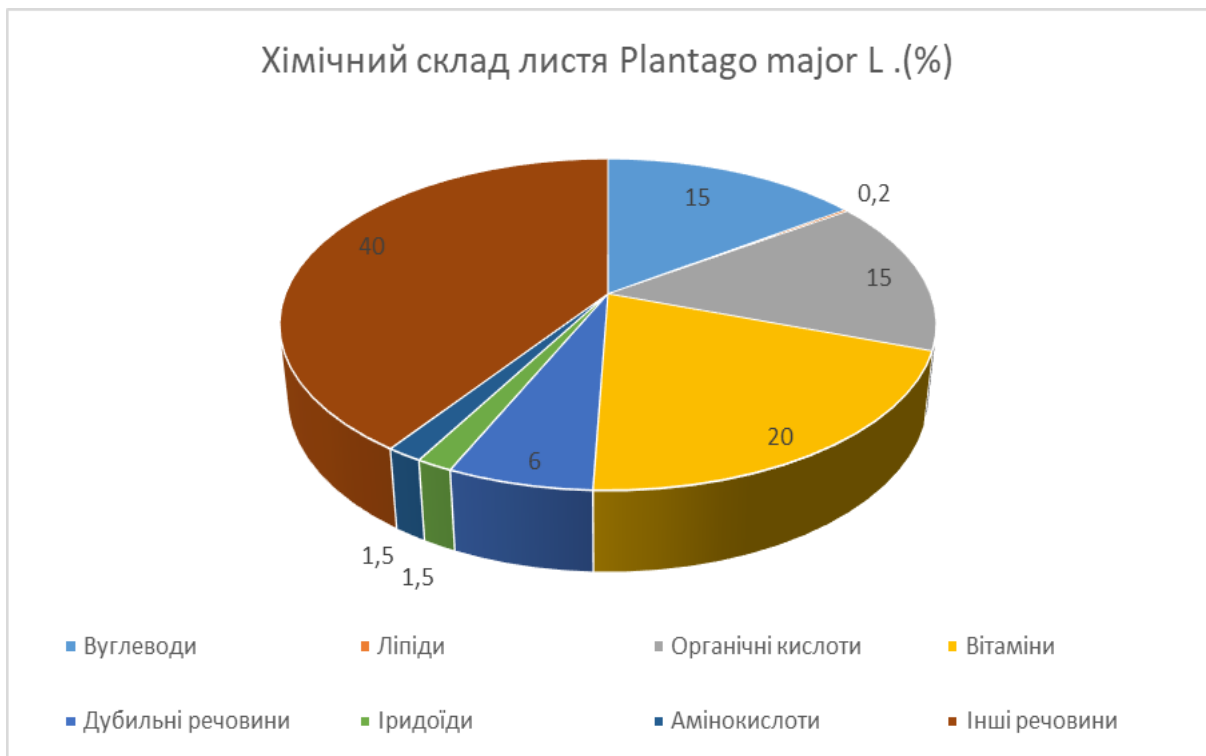


Рис. 1.2. Хімічний склад листа *Plantago major* L.

Науковцями (Bandyopadhyay, A.K. Ghosh, & C. Ghosh, 2012) у складі листків подорожнику великого було виділено 15 сполук з класу флавоноїдів. Всі вони є похідними флавону. Серед яких є байкалеїн і skutellareїн, апігенін, лютеолін, лютеолін-7-глікозид та деякі інші флавоноїди. У найбільшій кількості у листках подорожнику великого міститься рутин (40,3%) (Маційчук, 2012; Janković et al., 2012). Доведено (Макаренко, & Левицкий, 2012), що флавоноїди взаємодіють з широким спектром протеїнів. Ці сполуки утворюють зворотні неспецифічні зв'язки з протеїнами, що призводять до преципітації, зв'язуються з транспортними протеїнами, здійснюють неспецифічне інгібування або активацію ензимів, взаємодіють з рецепторами. Вони беруть участь в різних метаболічних процесах людини: володіють жовчогінними, бактерицидними, антиоксидантними та капіляррозміцнюючими (Р-вмінна активність) властивостями, також сприяють видаленню із організму радіоактивних речовин.

До групи рослинних поліфенолів входять також дубильні речовини. Це малотоксичні речовини, які мають протизапальні, бактерицидні та в'язучі властивості. Можуть вступати в зв'язок з білками завдяки великій кількості

спиртових груп, утворюючи щільні нерозчинні конгломерати, надаючи дубильний ефект. Вміст суми дубильних речовин варіюються в межах від 3,8 до 5,9%. Фенолкарбонові кислоти представлені ваніліною, п-гідроксибензойною, феруловою, п-кумаровою, саліциловою, бензойною, коричною, хлорогеновою, неохлорогеновою, метиловим та етиловим ефіром коричної кислоти тощо (Соснина, Левинова, Одегова, Бояршинов, & Шаров, 2013). Біологічна активність даного виду рослинної сировини обумовлена комплексом біологічно активних речовин, серед яких особливо виділяють водорозчинні полісахариди. Дослідження вмісту полісахаридів, в тому числі вільних вуглеводів, показали присутність дев'яти простих цукрів в листі *Plantago major L.*, ідентифікованих як Glc, Frc, Xyl, Rha, Raf (0,03%), Stc (0,45%), Gal UA і її олігомери (Olennikov, & Tanhaeva, 2006). Виділений комплекс водорозчинних полісахаридів (вихід 10%; зольність 28%). Вміст пектину в листі становить 37% від сумарного вмісту полісахаридів (Оленников, & Танхаева, 2006)

Зі свіжого листа була виділена сума ліпідів (0,18%); ненасичені жирні кислоти типів 18: 3 ω 3 і 18: 2 ω 6, а також насичені похідні пальмітинової кислоти, які є основними компонентами (33,3, 11,2 і 15,9%, відповідно) (Guil, Torija, Gimenez, & Rodríguez, 1996). Основні компоненти листового воску – тритерпенові кислоти (олеанолова – 14% і усолова – 44%) і лінійні алкани C27H56-C33H58 (Bakker, Baas, Sum, & Koloffel, 1998).

Гіркоти, що входять до складу листків *P. major*, використовуються для підвищення апетиту завдяки здатності сприяти збільшенню виділення шлункового соку та посиленню перистальтики шлунку.

Хлорофіл, який локалізований в хлоропластах, знаходиться в неоднорідному стані, з'єднаний з білками та ліпідами за допомогою адсорбційних або хімічних зв'язків та представлений у вигляді двох різновидів: хлорофілу а (75%) та хлорофілу b (25%). Використання його в раціонах харчування надає організму людини позитивну фізіологічну дію.

Вміст у подорожнику слідів алкалоїдів – впливають на функціональну діяльність м'язової системи, на медіаторні системи, на звуження та розширення судин тощо (Герасимова, 2015; Николаева, 2011; Бадалян, Степанова, Темирбулатова, & Зилфикаров, 2011; Соснина, Олешко, & Печерская, 2008).

За даними досліджень (Головко, Пенкіна, & Колесник, 2011) водний настій *Plantago major L.* має високі антиоксидантні властивості, що знаходиться в межах $0,49 \pm 0,05$ Ккал/100мл.

Крім того, подорожник є носієм молокозсідальних ферментів – протеаз та органічних кислот. Фермент плантаголізин з екстракту листя *Plantago major L.* було ідентифіковано методом афінної хроматографії на бацитрациновій сефарозі та іонообмінної хроматографії на MonoQ в FPLC за температури $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ та рН 11 (Иголкина, Г. Н. Руденская, & Ю. А. Руденская, 2000). Він має молекулярну масу 19 kDa, рН-оптимум – 8,1; pI = 5,0 (проявляє найбільшу активність в лужному області рН). Протеїназа може розщеплювати зв'язки гідрофобних амінокислот Phe, Leu, гірше Pro, Arg, Lys.

Фермент плантозін, виділений з листя подорожника, має молекулярну масу 25 kDa, рН-оптимум – 8,0; pI = 4,9. Активність ферментів з листя подорожника підтримується на постійному рівні протягом усього вегетаційного періоду (Bogacheva, Rudenskaya, & Dunaevsky, 2001; Keivani, Mehregan, & Albach, 2021). Також ідентифіковано ферменти інвертин, емульсин та фактор Т, що сприяє згортанню крові.

На здатність білків молока до коагулювання може впливати не лише присутність ферментів-протеаз, а й органічні кислоти. Так, до кисломолочного комплексу листя подорожника входять: фумарова, щавелева (31...103 мг%) (Janković et al., 2012), винна (1,60...1,87 %), лимонна (1,22...1,53 %), яблучна (0,20...0,51 %), малонова (0,11...0,35 %) і бурштинова кислоти (0,25...0,55 %). Сумарний вміст органічних кислот складає 10...12 %, з яких до 60 % – це зв'язані кислоти. Домінуючими компонентами комплексу є винна і лимонна кислоти. З листя *Plantago major L.* були виділені кавова кислота, її метиловий і

етилловий ефіри, а також хлорогенова і неохлорогенова кислоти (Oleinikov, Samuelsen, & Tankhaeva, 2007; Sosnina, Oleshko, & Pecherskaya, 2008).

Встановлено, що сік володіє протимікробною дією по відношенню до багатьох патогенних мікроорганізмів (стафілококів, стрептококів, синьогнійної палички) (Badalyan, Stepanova, Temirbulatova, & Zilfikarov, 2011).

Етнофармакологічні дослідження, проведені А.В. Samuelsen (Samuelsen, & Review, 2000), показують, що *Plantago major L.* та екстракти з нього застосовується практично у всіх країнах як лікарську сировину, що має позитивний вплив на здоров'я (Najafian, Hamed, Farshchi, & Feyzabadi, 2018).

Щавель кислий (*Rumex acetosa L.*), відноситься до роду одно-, двох- та багаторічних трав'янистих рослин родини гречкових, порядку гречкоцвітих (Черних, 2010). Приблизно 200 видів роду *Rumex* поширені по світу, в тому числі на території України. Щавель кислий знайшов застосування як в харчовій промисловості за свої поживні властивості, так і в традиційній медицині деяких країн як протизапальний, протиалергічний, противірусний і антимікробний засіб (Vasas, Orbán-Gyapai, & Hohmann, 2015).

У народній медицині щавель кислий застосовується для зупинення крові завдяки вмісту вітаміну К (антигеморрагічний фактор), що бере участь в біосинтезі фактора згортання крові (Jerezano, 2016; Мальцева, Чистякова, Сорокіна, Сливкін, & Логунова, 2013). Дані види фармакологічної дії пов'язують з наявністю дубильних речовин (Беланова, Карпов, & Селеменев, 2011). Вміст води в листі та стеблах *Rumex acetosa L.* складає (90...92) %, білку 1,5%, загальних вуглеводів коливається (3,0...5,3) %, клітковини 1%, жирів 0,3%, мінеральних речовин, в (мг%): Na (15), K (500), Ca (47), Mg (85), P (90), Fe (2,0), вітамінів, в (мг%): С (43...81), В1 (0,19), В2 (0,1), РР (0,3), β-каротину (2,5). Вміст основних речовин в стеблах *Rumex acetosa L.* (*Rumex*), у % на суху речовину, представлено на рисунку 1.3. (Quradha, Khan, Rehman, & Abohajeb, 2018).

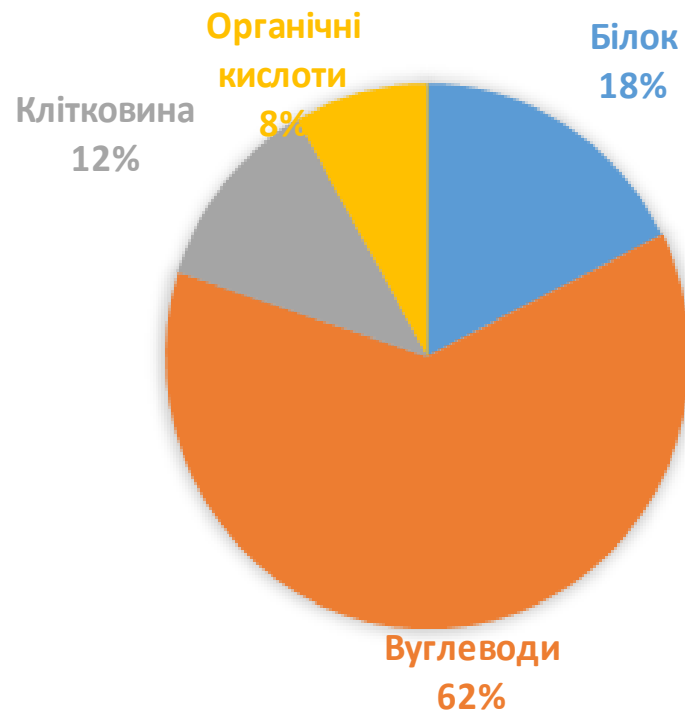


Рис.1.3. Вміст основних речовин в стеблах *Rumex acetosa* L.

У листі знайдені флавоноїди – гіперозид, рутин, кверцетин, С – глікозилфлавоноїди інші (Высочина, 2011). Кількість щавлевої кислоти визначено на рівні – 360...390 мг% (Евтефеев, & Зыкович, 2011; J.-M. Kim, Jang, Lee, Lee, & J.-S. Kim, 2008; Rao, Sunitha, Banji, Sandhya, & Mahesh, 2011).

Фітохімічні дослідження підтвердили, що види *Rumex* багаті антрахінонами, нафталінами, флавоноїдами, стибелоїдами, тритерпенами, каротиноїдами та фенольними кислотами (Oluwasesan et al., 2019). Надземна частина щавлю кислого багата на фенольні сполуки (рутин, гіперозид, кверцетин, вітексин, авікулярин, катехіни, лейкоціанідини). Встановлено, що кількісний вміст флавоноїдів в щавлю коливається від 0,596 до 0,632%, що визначається в перерахунку на рутин (Kutateladze, & Fedoseeva, 2019).

Щавлеву кислоту поділяють на органічну та неорганічну. У першому випадку кислота, яка міститься у свіжому щавлю, є корисною для здоров'я людини речовиною – насичує організм необхідними для кровотворення мікроелементами як К, залізо і магній, а в неорганічному вигляді – це речовина, що утворюється після нагрівання до 96 °С. Кислота з'єднується з вільним

кальцієм, утворюючи солі щавлевої кислоти, які сприяють утворенню каменів у нирках, розвитку суглобного ревматизму і артритів, сприяють руйнуванню зубів і кісток, якщо споживати її велику кількість. При помірних кількостях вживання солей щавлевої кислоти вони легко виводяться з організму людини. (Вілігорська, & Хухліна, 2014).

Відомо, що поліфенольні сполуки та органічні кислоти є антиоксидантами. У зв'язку з цим науковцями (Fedoseeva, & Kutateladze, 2019) доведена наявність антиоксидантної активності у *Rumex*. Щавель в своєму складі має відносно високий вміст білка. Амінокислотний скор білків щавлю перевищує вміст незамінних амінокислот метіоніну і цистеїну, і є комплементарними молочній сировині.

Висновки до розділу 1.

Систематизація та аналіз даних показали, що для створення сучасних продуктів вирішальними є підбір технологічних прийомів для модифікації традиційних технологій за рахунок натуральних інгредієнтів – рослин-дикоросів, здатних забезпечити відповідну якість готових продуктів та позитивно вплинути на стан здоров'я людини при їх регулярному вживанні.

Трав'яна сировина є носієм специфічних сполук біологічно і фармакологічно активних нутрієнтів природного походження, що добре сприймаються людським організмом, мають профілактичну дію. В екологічному відношенні дикороси представляють більш безпечні джерела сировини, ніж традиційно культивовані рослини на виснажених земельних угіддях із застосуванням добрив і пестицидів.

Активні комплекси рослин-дикоросів *Plantago major* L. або *Rumex acetosa* L. мають ряд технологічних і економічних переваг: регіональна доступність, низька вартість, простота оброблення, наявність достатньої кількості органічних кислот, дубильних речовин та ферментів та ін. Потребують додаткового дослідження параметри їх використання для виробництва окремих видів молочних продуктів. Отже, саме специфічний хімічний склад та потреби

в розширенні асортименту зумовлюють можливість застосування соку з наземної частини *Plantago major* L. та *Rútex acetósa* L. для максимального осадження білків молока за певних умов з подальшим використанням в технології молочно-білкових виробів.

Ймовірно, використання вищезазначеної трав'яної сировини в якості коагулянту сприятиме доповненню органічного комплексу з'єднань не тільки згустку, а й молочної сироватки і формуванню оригінальних органолептичних показників продуктів розділення, що в подальшому виключить застосування штучних барвників та ароматизаторів.

На відміну від харчових інгредієнтів, синтезованих промисловим способом, природні сировинні складові можуть бути повноцінним джерелом для організму людини різних біологічно активних речовин, в тому числі поліфенольних сполук, необхідних для підтримки нормального гомеостазу, задоволення енергетичних, пластичних потреб тощо.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ, МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація та методологія роботи

Експериментальні дослідження виконувались у науково-дослідній лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій; на кафедрі технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів та природокористування України; в лабораторіях ДУ «Інститут стоматології та щелепно-лицьової хірургії» Національної академії медичних наук України; Інституту харчової біотехнології та геноміки НАН України; Інституту колоїдної хімії і хімії води ім. А.В. Думанського НАН України; Інституту біохімії імені О.В. Палладіна НАН України. Дослідження метаболічної ефективності напівфабрикатів білково-трав'яних в досліджах *in vivo* проведено у Волинській регіональній державній лабораторії Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів.

Перевірку технології напівфабрикатів білково-трав'яного у виробничих умовах здійснювали на підприємстві ТОВ «Кременецьке Молоко» та ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна».

Схема проведення науково-дослідної роботи з удосконалення технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів представлена на рисунку 2.1.

2.2. Об'єкт та предмети досліджень

Об'єкт дослідження – технологія напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів.

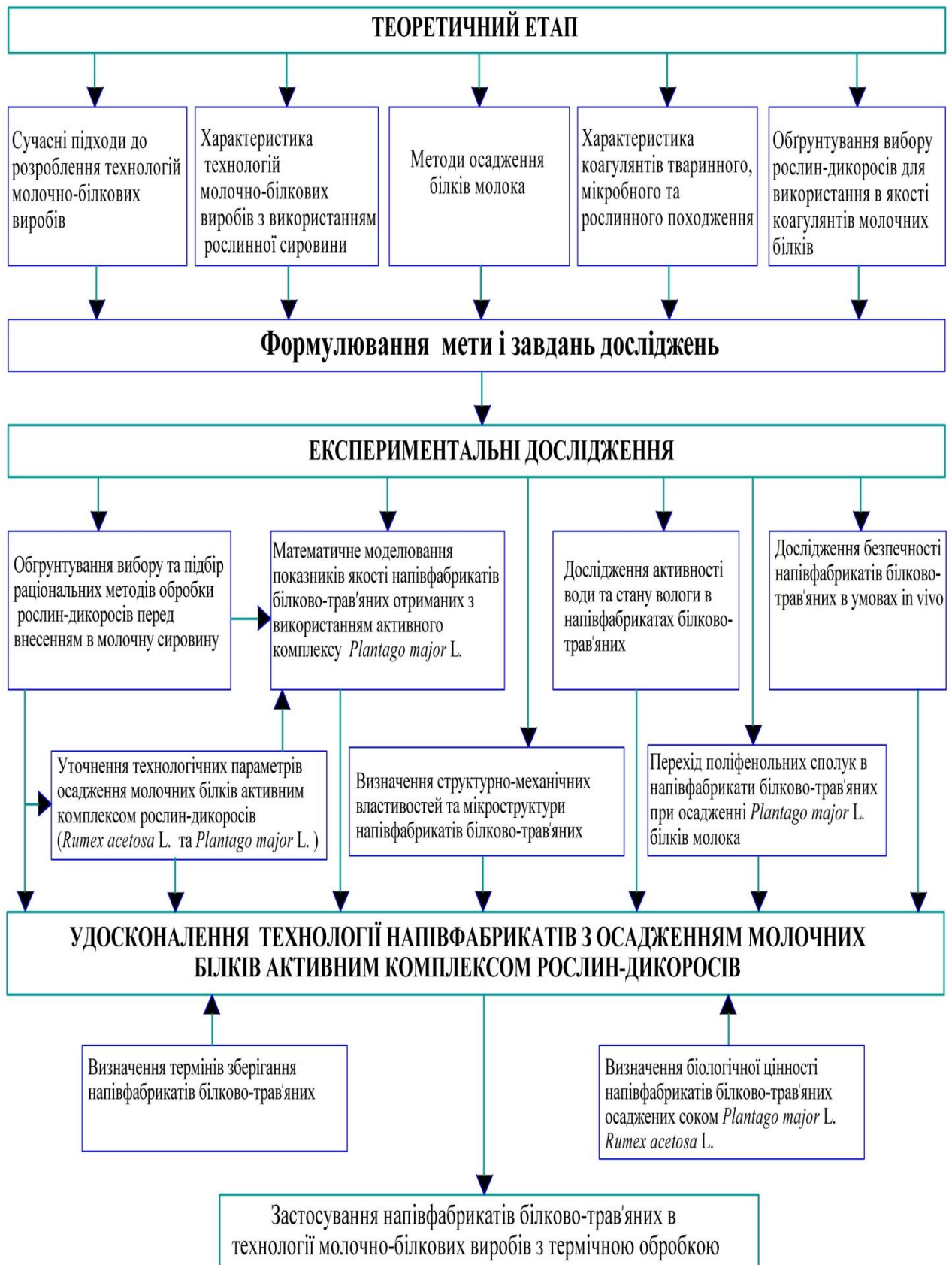


Рис. 2.1. Схема проведення науково-дослідної роботи з удосконалення технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів.

Предмет дослідження – молоко коров'яче нормалізоване (ДСТУ 2661:2010), *Plantago major* L. (ДФ Х1, вип. 2, ст. 3 зм. N 11/1865 від 25.11.96 р), *Rumex acetosa* L. (ДСТУ 8472:2015), білки молока, сік рослин-дикоросів, напівфабрикати білково-трав'яні, молочно-білкові вироби, якісні та кількісні показники напівфабрикатів білково-трав'яних та виробів на їх основі.

2.3. Методи експериментальних досліджень

Удосконалення технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів, проводилися з використанням сучасних загальноприйнятих та специфічних хімічних, фізико-хімічних, органолептичних, структурно-механічних, мікробіологічних, мікроструктурних методів дослідження з використанням сучасних приладів та комп'ютерних технологій.

2.3.1. Стандартні методи досліджень

Дослідження проводились такими методами:

- відбір проб, готування до випробувань проводять згідно з ГОСТ 26809 (щодо сиркових виробів та напівфабрикатів), ДСТУ ISO 707, ГОСТ 26929, ДСТУ IDF 122В;

- консистенцію, смак і запах визначають органолептично; колір, зовнішній вигляд, якість пакування і маркування перевіряють візуально, згідно ГОСТ 28283-2015;

- масову частку вологи визначають шляхом висушування зразка до постійної маси згідно з ДСТУ ISO 5534:2005, шляхом висушування зразків до постійної маси на лабораторних електронних вагах-вологомірі серії ADS виробництва фірми «AXIS» (Польща), на вологомірі Кварц 21М-33 прискореним методом;

- активну кислотність визначають потенціометричним методом (рН-метр Sartorius) згідно з ГОСТ 32892-2014;

- титровану кислотність – методом титрування, який ґрунтується на нейтралізації кислореагуючих речовин, що містяться в 100 г продукту розчином гідроксиду натрію або калію концентрацією 0,1 моль/дм³.

- температуру та масу нетто визначають згідно з ГОСТ 3622.

- бактерії групи кишкових паличок (коліформи) визначають згідно з ДСТУ IDF 73А.

- бактерії роду *Salmonella* визначають згідно з ДСТУ IDF 93А.

- *Staphylococcus aureus* визначають згідно з ГОСТ 30347.

2.3.2. Спеціальні методи досліджень

Вологоутримуючу здатність напівфабрикатів білково-трав'яних визначали методом Грау-Хамма в модифікації А.А. Алексеєва за масою води, що виділяється зі зразка при легкому пресуванні та поглинається фільтрувальним папером (Grek et al., 2019).

Мікрофотографії білково-трав'янистих згустків отримували за допомогою люмінесцентного і фазово-контрастного мікроскопу XSP-139А-ТР з цифровою фотокамерою Canon-66 (при збільшенні х 600). Досліджувались структурно-механічні характеристики після тривалого пресування МБВ та максимального вилучення сироватки.

Для визначення активності зсідання молока (АЗМ) 5 мл молока переносили у чисту суху пробірку та додавали розчин хлориду кальцію (500 мг / л). Потім пробірці давали зрівноважитися протягом 5 хв в термостатичній водяній бані і додавали коагулянт. Час першої візуальної появи осаду на стінці пробірки було зафіксовано для кожного зразку. Для кількісної оцінки зсідання було використано визначення, пов'язане з одиницею Сокслета. Одна одиниця активності зсідання молока була визначена, як об'єм молока, який може зсідатися однією об'ємною одиницею коагулянта за 40 хв в умовах аналізу – рН та температури (Tabayehnejad, Castillo, & Payne, 2012):

$$AZM = \frac{2400}{T} \cdot \frac{S}{E}, \quad (2.1)$$

де T – час зсідання (с); E – об'єм рослинного коагулянту (мл); S – об'єм молока (мл).

Ступінь використання сухих речовин молока (A_c) визначають за формулою:

$$A_c = 100 \frac{C_z(C_m - C_{\text{сиров.}})}{C_m(C_z - C_{\text{сиров.}})} \quad (2.2)$$

де C_z – м.ч.с.р. у згустку, %; C_m – м.ч.с.р. у молоці, %; $C_{\text{сиров.}}$ – м.ч.с.р. у сироватці, %

Визначення активності води модельних зразків білково-трав'яних напівфабрикатів проводили на гігрометрі Rotronic модифікації Hygro Palm AW (Швейцарія). Діапазон вимірювань: активності води 0 ... 1 aw (0 ... 100% rh), температури мінус 10 ... + 60 °С. Межі абсолютної похибки $\pm 1\%$ rh (± 0.008 aw), $\pm 0,1$ °С. Область застосування електронного блоку 0 ... 100%, мінус 20 ... + 60 °С. Гігрометр складається з ручного блоку з дисплеєм, клавішами управління та вимірювального зонда активності води. Аналізований зразок відбирається в ємність і поміщається в вимірювальну камеру. Зверху встановлюється зонд активності води. Електроди подають сигнал, заснований на відносній вологості в закритій камері, який перетворюється програмним забезпеченням. Цикл вимірювань триває 3-5 хв за кімнатної температури, після чого на дисплеї відображаються значення активності води і температури.

Загальну протеолітичну активність (ПА) визначали методом Кунітца в модифікації Левицького та ін (Левицкий, Деньга, & Макаренко, 2010), заснованого на гідролізі субстрату казеїна при рН 7,6. Після гідролізу субстрату протеазами нерозщеплений казеїн визначається за допомогою трихлороцтової кислоти, а кількість продуктів розщеплення (вільні амінокислоти, олігопептиди) визначають колориметрично після реакції на феноли з реактивом Фоліна. ПА описує здатність протеаз каталізувати розщеплення білку 1 м. е. та відповідає кількості ферменту, що каталізує 1 г казеїну в прийнятих стандартних умовах з визначенням гідролізованого білку за утвореним тирозином.

В центрифужні пробірки розливають по 0,4 мл розчину казеїну з рН 7,6. На кожний зразок три пробірки: дві дослідні паралельні і одна для контролю. В контрольну пробірку приливають 0,5 мл 10%-го розчину трихлороцтової кислоти. В дві інші і одну контрольну вносять по 0,1 мл дослідного зразку. Всі проби перемішують, дослідні поміщають в повітряний термостат на 20 годин за температури 30 °С, потім реакцію зупиняють внесенням 0,5 мл 10%-ої трихлороцтової кислоти. Осад у всіх пробірках відокремлюють центрифугуванням при 5000 об/хв протягом 20 хв. У скляні пробірки переносять відповідно по 0,4 мл надосадової рідини, додають по 4 мл реактиву А. Вміст пробірок перемішують і вносять по 0,4 мл реактиву Фолина. Ще раз перемішують і через 30 хв знімають показники на фотоелектроколориметрі КФК-3 при $\lambda 750$ нм.

Контроль на реактиви: 0,4 мл 5% трихлороцтової кислоти, 4 мл реактиву А і 0,4 мл реактива Фолина, витримують 30 хв.

Розрахунок проводять за формулою:

$$A = \frac{(E_d - E_k) \cdot 10^6}{K \cdot T \cdot 0,1} \text{ нкат/л,} \quad (2.3)$$

де E_d – екстинкція дослідної проби; E_k – екстинкція контрольної проби; 10^6 – перевід з мікрокатал в нанокатали та мл в літри; 0,1 – об'єм зразку, мл; T – час інкубації, сек; K – коефіцієнт переведу екстинції в мікромолі тирозину.

Протеолітичну активність виражають в нанокаталах на 1 л зразку. За 1 катал приймають активність ферменту, здатного утворити 1 моль тирозину на одиницю часу.

Визначення структурно-механічних властивостей зразків напівфабрикатів білково-трав'яних проводили за допомогою пенетрометра Ulab 3-31M – емпіричного приладу, що фіксує величину деформуючого впливу на зразки. Метод заснований на зануренні конуса в досліджуваний продукт за певної температури випробування і навантаженні протягом певного часу, з вимірюванням глибини занурення конуса. Для проведення експерименту використовували конус з кутом при вершині 60°. Розрахунковим показником є

величина граничної напруги зсуву – важлива реологічна характеристика для оцінки міцності структури. Величина, що вимірюється, виражається в одиницях пенетрації, відповідній десятій частці міліметра (0,1) (Лебська, Коваль, & Козлова, 2010).

Для визначення та порівняння стану вологи знімали ІЧ-спектри молочно-білкового та білково-трав'яного згустків за методом роздушеної краплі між віконцями КРС-5 на ІЧ-Фур'є спектрометрі «Nexus» фірми «ThermoNicolet», США. В якості внутрішнього стандарту використовували нуйол, який не має додаткових смуг в області поглинання води. Умови зйомки спектрів: діапазон сканування – $400 \dots 4000 \text{ см}^{-1}$, число сканів за секунду – 7, інтервал сканування – 1 см^{-1} , роздільна здатність – 1 см^{-1} .

Дослідження кількості вологи з різними формами зв'язку у напівфабрикатах білково-трав'яних (НФБЗ) та молочно-білкових виробів (МБВ) на їх основі проводили за допомогою методу диференціального термічного аналізу з використанням дериватографа системи Паулік–Ердей Q-1000 в діапазоні температур $20 \dots 250 \text{ }^\circ\text{C}$ при швидкості нагрівання зразків масою 1000 мг – $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ за хвилину. Чутливість термогравіметричного аналізу (TG) складала $2,5 \text{ мВ/мг}$, а диференційно-термогравіметричного дослідження (DTG) – $2,5 \text{ мВ} \cdot \text{с/мг}$, чутливість диференційно-термічного аналізу (DTA) – $200 \text{ мВ} \cdot \text{г/Дж}$ (Grek et al., 2017).

Амінокислотний склад напівфабрикатів молочно-білкового та білково-трав'яного визначали методом іонообмінної рідинно-колонної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т339 фірми «Mikrotechna» (Чехія). Якісний і кількісний склад амінокислот визначають порівнянням хроматограми стандартної і досліджуваної суміші амінокислот та розрахунком площі піків кожної амінокислоти.

Збалансованість амінокислотного складу визначали за методикою Ліпатова М.М. (Липатов, Лисицин, & Юдина, 1996).

Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, який чисельно характеризує збалансованість незамінних амінокислот по відношенню до

фізіологічно необхідній нормі (еталону), частки од., розраховували за формулою:

$$u = \sum_{j=1}^k (A_i \cdot a_i) / \sum_{j=1}^k A_i, \quad (2.4)$$

де A_i – кількість кожної амінокислоти; a_i – утилітарність амінокислот; k – кількість незамінних амінокислот.

Коефіцієнт утилітарності кожної амінокислоти розраховували за формулою:

$$a_i = \frac{C_{min}}{C_i}, \quad (2.5)$$

де C_{min} – мінімальний скор; C_i – скор кожної амінокислоти по відношенню до фізіологічно необхідної норми (еталону),% або частки од.

$$C_i = \left(\frac{A_j}{A_{ej}} \right) \cdot 100, \quad (2.6)$$

де A_j – масова частка j -ої незамінної амінокислоти в продукті, г / 100 г білка; A_{ej} – масова частка j -ї незамінної амінокислоти, відповідна фізіологічно необхідній нормі (стандарту), г / 100 г білку.

Коефіцієнт надлишковості вмісту незамінних амінокислот визначали за формулою:

$$t = \sum_i^k (A_i(1 - a_i)), \quad (2.7)$$

Середню величину надлишку амінокислотного скору незамінної амінокислоти в порівнянні з найменшим амінокислотним скором лімітуючої амінокислоти, КРАС, знаходили за формулою:

$$КРАС = \frac{\sum \Delta PАС}{n}, \quad (2.8)$$

де КРАС – коефіцієнт різниці амінокислотного скору, %; РАС – різниця амінокислоти скору для кожної незамінної амінокислоти у порівнянні з амінокислотним скором лімітуючої амінокислоти, %; n – кількість амінокислот.

Біологічну цінність білку, у %,НФБТ розраховували за формулою:

$$БЦ = 100 - КРАС, \quad (2.9)$$

Коефіцієнт раціональності ($R_{рац}$) амінокислотного складу розраховували за формулою:

$$R_{\text{рац}} = \sum_{j=1}^k \text{НАК}^{\text{анаб}} = \sum_{j=1}^k A_j \cdot a_j, \quad (2.10)$$

де A_j – масова частка j -тої НАК у білку харчового продукту, мг/100 г білка; a_j – коефіцієнт утилітарності j -тої НАК білка, частка од.

В одержаному НФБТ визначали *вміст поліфенолів* розрахунковим методом. Попередньо їх вміст та склад досліджували у соці подорожника і в отриманій забарвленій сироватці *методом високоефективної рідинної хроматографії* (ВЕРХ) за допомогою системи Prominence LC-20 Shimadzu (Японія). До рідких зразків додавали 96 %-в етанол в співвідношенні 1:1, далі фільтрували з використанням шприцевого фільтра Supelco Iso-Disc Filters PTFE 25-4 (25 mm x 0.45 μm) (Choma, Olszowy M., Studziński, & Gnat, 2019; Malenčić, Svejčić, & Miladinović, 2012).

Хроматографічна система Prominence LC-20 складається з наступних функціональних модулів: дегазатор DGU-20A3, насосний модуль LC-20AD, автосемплер-холодильник SIL-20AC, фотометричний детектор SPD-20AV, стовпчик термостат CTO-20A, колонка Agilent Technologies Microsorb-MV-150 (звернено-фазова, силікагель з пришитою групою C18 (- (CH₂)₁₇CH₃), довжина 150 мм, діаметр 4,6 мм, розмір зерен сорбенту 5 мкм).

Початкове співвідношення компонентів елюенту 1:9. Вміст метанолу в елюенті під час досліду змінювався за наступною схемою: перші 13 хв – підвищення з 10 до 40%; з 13 хв по 20 хв – від 40 до 53%; з 20 хв по 26 хв – від 53 до 55%; з 26 хв по 40 хв – утримування 55%; з 40 хв до 41 хв – зниження до 10%; з 41 хв до 56 хв – утримування 10%.

Швидкість руху елюента – 0,5 мл / хв. Температура колонки – 40 °С. Обсяг введеної проби – 5 мкл.

Ідентифікацію речовин в екстракті проводили шляхом порівняння часу утримування і спектральних характеристик досліджуваних речовин з аналогічними характеристиками стандартів відповідно до способу (Khodakov, 2013), ідентифікації поліфенолів. Хроматографування проводили при довжині хвилі 225, 255, 286 і 350 нм (Khodakov, 2013; Khodakov, 2012; Khodakov, &

Макаренко, 2010). Для точної ідентифікації досліджуваних речовин до конкретних груп поліфенолів використовували такі нормативні документи: хлорогенова і кавова кислоти (фенольні кислоти), катехін (катехіни), флавоноли мирицетин, кверцетин і рутин, флаванони нарингенин, нарингин, гесперидин і гесперетин, флаволи лютеолин і апигенин, антоціанин ціанідин (антоціани) (Sigma-Aldrich, Німеччина). Ідентифікаційні характеристики перерахованих стандартів отримували за вище зазначених умовах хроматографування. Калібрувальні залежності «площа піку – вміст стандарту» мали лінійний вид з точністю не нижче $r^2 = 0.994$.

Речовини, ступінь подібності яких з будь-яким стандартом була нижче 70%, відносили до групи не ідентифікованих речовин, а їх вміст визначали за стандартами, ступінь подібності з якими була найбільша.

Визначення кольоровості та каламутності молочної сироватки трав'яної. Зразки молочної сироватки різного походження мають природне забарвлення та каламутність, для досліджень використано адаптовану методику визначення показників для безалкогольних напоїв, засновану на вимірюванні оптичної густини та порівнянні з відповідними стандартами: забарвленими розчинами для кольоровості і суспензіями – каламутності (Grek, Pshenychna, Chubenko, & Onopriichuk, 2020).

Дослідження оптичної густини проводили колориметричним методом. Величина оптичної густини $D_{\text{заг}}$ складається із D за рахунок кольоровості, зумовленої барвними речовинами, і $D_{\text{к}}$ за рахунок каламутності (наявність білків, що розсіюють світловий потік). При визначенні кольоровості необхідна повна відсутність сторонніх часток радіусом 0,4...0,8 мкм і більше, що сприяють розсіюванню світла. Для підготовки зразків проводили фільтрування молочної сироватки трав'яної.

Дослідження проводили за допомогою спектрофотометра Helios Omega (Thermo Scientific Spectronic, США) призначеного для вимірювання в окремих ділянках діапазону довжин хвиль 315-980 нм, що виділяються світлофільтрами. У відповідне відділення встановлювали кювети з молочною сироваткою, по

відношенню, до якої проводилося вимірювання, і молочною сироваткою трав'яною. Кювета з контрольним розчином встановлюється в дальній отвір кюветоутримувача, а кювета з досліджуваним розчином відповідно в ближній. Встановлювали необхідний світлофільтр, фотоприймач, закривали кришку кюветного відділення та проводили дослідження. На цифровому табло отримували значення, що відповідає оптичній густині молочної сироватки забарвленої.

Вміст сухих речовин у сироватці трав'яній досліджували рефрактометричним методом за показниками заломлення світла (Grek et al., 2020), а *активну кислотність* – потенціометрично на універсальному рН-метрі Sartorius PB-20.

Визначення медико-біологічної цінності напівфабрикатів білково-трав'яних проводили фізіологічним методом «in vivo» відповідно до Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах (Федулова, Фурсова, Зенина, & Котенкова, 2018).

Щури утримувалися в стандартних умовах віварію, де були рандомно розподілені на дві групи. Протягом експерименту вони отримували збалансований раціон віварію з розрахунку добової потреби щура, до складу якого включали або контрольні, або дослідні зразки НФБТ в кількості 30 % від загальної маси раціону. НФБТ для раціону тварин 1-ї групи (n = 8) - в раціон (крім традиційного) вводили напівфабрикат білково-трав'яний (дослід); 2-ї групи (n = 8) - в раціон тваринам вводили білковий компонент, отриманий за традиційною технологією (контроль).

Всі аналітичні визначення фіксувались, не менш трьох разів. Значення, вказане для певних характеристик, було середнім значенням стандартного відхилення. Статистичний аналіз проводився на статистичному програмному забезпеченні Microsoft Excel версії 2010.

2.3.3. Математично-статистичні методи обробки даних

При оптимізації процесу комплексної коагуляції білків молока соком *Plantago major* L. використано метод математичного моделювання – Бокса-Уільсона на кубі. Визначення функціональних залежностей проведено методом найменших квадратів. Спосіб ґрунтується на визначенні коефіцієнтів рівняння регресії, які забезпечують мінімум суми квадратів відхилень експериментальних даних (Y_e) від значень, обчислених за рівнянням регресії:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (2.11)$$

за формулами:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot y_u}{N}, \quad (2.12)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot y_u}{N}, \quad (2.13)$$

де x_{ij} – значення змінної у відповідному стовпчику плану експерименту; y_u – результат u -го дослідів; N – загальне число дослідів ($N = 8$); u – номер варіанту дослідів; i – номер фактору; j – номер фактору, відмінний від i .

Для аналізу значимості коефіцієнтів рівняння регресії за допомогою прикладного програмного забезпечення була визначена адекватність рівнянь за критерієм Фішера (F_p) згідно стандартним методам. Обраний критерій порівнювали з табличним значенням. Рівняння вважається адекватним за умови виконання нерівності $F_p < F_T$, де F_p , F_T – відповідно розраховане та теоретичне значення критерію Фішера. Умови експерименту: $F_T = 3,050$; довірча ймовірність – 4; число вільних членів $S_{\Delta HA}(f_1) = 8$; число експериментів $S_{\text{експ}}(f_2) = 5$.

Точність отриманих результатів забезпечувався трьох-п'ятикратною повторюваністю дослідів та їх подальшим математичним обробленням за допомогою програм Microsoft Excel та STATISTICA (StatSoft) (Sethuramiah, & Kumar, 2016). Отримані значення представлені у вигляді таблиць та графічних залежностей, які дають змогу більш наглядно виявити зміну показників. При

аналізі дослідних даних було розглянуто групу можливих функцій. Для визначення функціональної залежності, яка найбільш точно відтворює зміну показників, знайдено коефіцієнт достовірності апроксимації (R^2) кожної функції та знайдено оптимальну. Експериментальні дані обробляли методом математичної статистики (Chellappa, 2012). Визначено основні статистичні показники: середнє арифметичне вимірювальної величини, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, похибку середнього арифметичного значення, довірчі границі: верхню та нижню (Grek et al., 2019). Експериментальні дані обробляли статистично за методом Фішера Стьюдента за рівня надійності 0,95. При цьому кожну серію досліджень проводили у триразовій повторюваності з розрахунком їх середнього значення.

Висновки за розділом 2.

Розроблена схема проведення досліджень.

Обґрунтовані та підібрані ефективні методики, які забезпечують точність та достовірність проведення експериментальних досліджень.

Обраний метод математичного моделювання Бокса-Уільсона на кубі для оптимізації процесу комплексної коагуляції білків молока активним комплексом *Plantago major L.*

РОЗДІЛ 3. ВИВЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСУ *PLANTAGO MAJOR L.* ТА *RUMEX ACETÓSA L.* ДО ОСАДЖЕННЯ БІЛКІВ МОЛОКА

3.1. Обґрунтування вибору раціональних методів обробки рослин-дикоросів перед внесенням в молочну сировину

Вибір раціональних методів обробки рослин-дикоросів проводився з урахуванням вмісту в них біологічно активних речовин, що можуть змінюватись під впливом різних факторів (сезонність, вид, умови вирощування, температурні впливи та інше). Основним критерієм у виборі способу підготовки трав'яної сировини є забезпечення високої якості з максимальним збереженням ферментів, органічних кислот, поліфенольних сполук, вітамінів та інших біологічно активних речовин, здатних в комплексі осаджувати білки молока (Саженова, & Лупинская, 2016; Лупинская, 2015; Лупинская, & Кузнецова, 2015). Критерії вибору рослин-дикоросів представлено на рисунку 3.1.

На підставі аналізу літературних джерел (розділ 1, п. 1.6.), щодо формування активного комплексу рослин-дикоросів, складено таблицю з врахуванням технологічних завдань. Відповідна інформація представлена в таблиці 3.1.

Використання рослин-дикоросів у виробництві молочних продуктів вимагає специфічної підготовки і обробки. Як відомо, найбільшу кількість активних речовин має саме свіжовичавлений сік, у якому весь активний комплекс зберігається у нативному стані. Якість соку залежить від стану сировини, умов транспортування та терміну перероблена після збору.

Листя *Plantago major L.* та *Rumex acetósa L.* було зібрано для досліджень на території Київської та Одеської областей України, протягом всього періоду їх вегетативного розвитку.

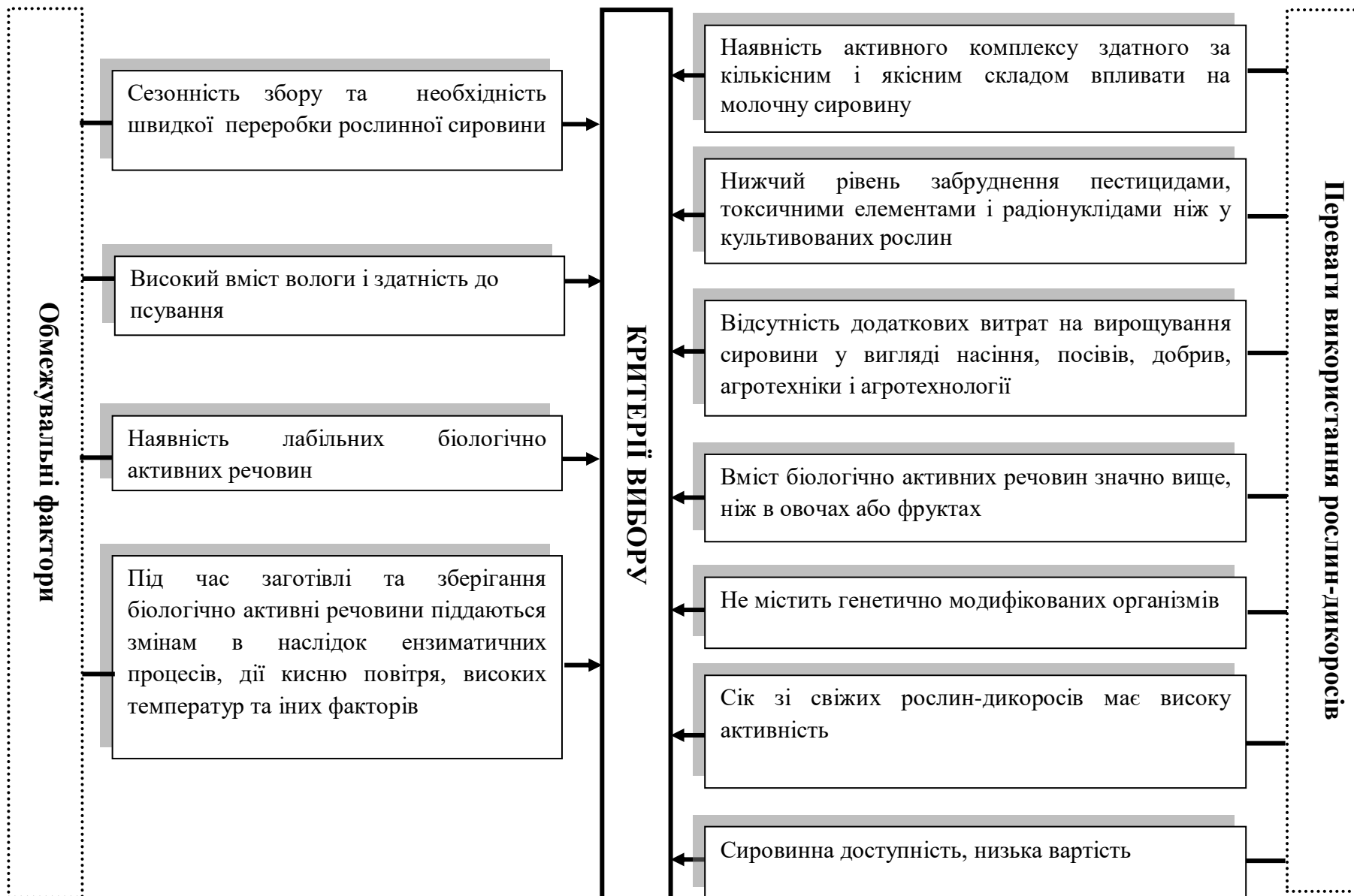


Рис. 3.1. Критерії вибору рослин-дикоросів

Таблиця 3.1. Комплекс хімічних речовин *Plantago major L.* та *Rumex acetosa L.*, потенційно здатних коагулювати білки молока (Vasas et al., 2015; Quradha et al., 2018; Janković et al., 2012; Герасимова, 2015)

Хімічні речовини	<i>Plantago major L.</i>		<i>Rumex acetosa L.</i>	
	Назва	Загальний вміст, %	Назва	Загальний вміст, %
Органічні кислоти	фумарова	0,34	щавлева	3,6
	щавелева	1,03	лимона	0,1
	винна	1,87	яблучна	0,7
	яблучна	0,51	винна	0,5
	бурштинова	0,55	хінна	0,7
	лимонна	1,53	бензойна	0,3
	малонова	0,35		
Основні ферменти	плантаголізин, плантазин	до 1,6	аскорбатоксидаза, поліфенолоксидаза	до 0,4
Основні поліфенольні сполуки	апігенін, лютеолін, байкалін, skutелярин та ін.	1,5	кварцетин, рутин, С-глікозилфлавонони, гіперозид	0,5
Вітаміни	К, С, провітамін А	до 20	В1, В2, С, К, РР	0,84
Дубильні речовини		3,8...5,9	Дубильні речовини	3,84...5,61

Згідно літературних даних існує необхідність уточнення кількості з'єднань щавлевої кислоти з вільним кальцієм – оксолатів, що утворюються після теплової обробки рослин за температури вище 96 °С і вразі споживання більше ніж 50 мг на 100 г продукту є шкідливим для організму (Вілігорська, & Хухліна, 2014).

Отримання соку з наземної частини *Plantago major L.* та *Rumex acetosa L.*, як джерела активного комплексу проводили з врахуванням розробленої технології (Чуешов, 2002), що передбачає наступні операції: миття і просушування свіжої рослинної сировини, пропускання через вальці до отримання кашоподібної суміші. Подрібнену мезгу загортають в полотняні мішки і поміщають в циліндр преса, по 5-6 штук накладаючи один на одного,

прокладаючи між ними пластинки з нержавіючої сталі і пресують на гідравлічних пресах з метою отримання соку. В результаті пресування отримують (65-70) % соку. Шрот вдруге подрібнюють на вовчках, віджимають на пресі і отримують ще 10% соку. Від зважених часток сік очищають відстоюванням за температури не вище 8 °С. Осад відокремлюють фільтруванням, отримуючи прозорий сік.

В лабораторних умовах процес подрібнення рослин-дикоросів здійснювали на приладі марки MOULINEX ME626132 потужністю 2000 Вт. Сік використовували для досліджень зразу після отримання.

Адаповану до досліджень технологічну схему отримання соку із рослин-дикоросів представлено на рисунку 3.2.

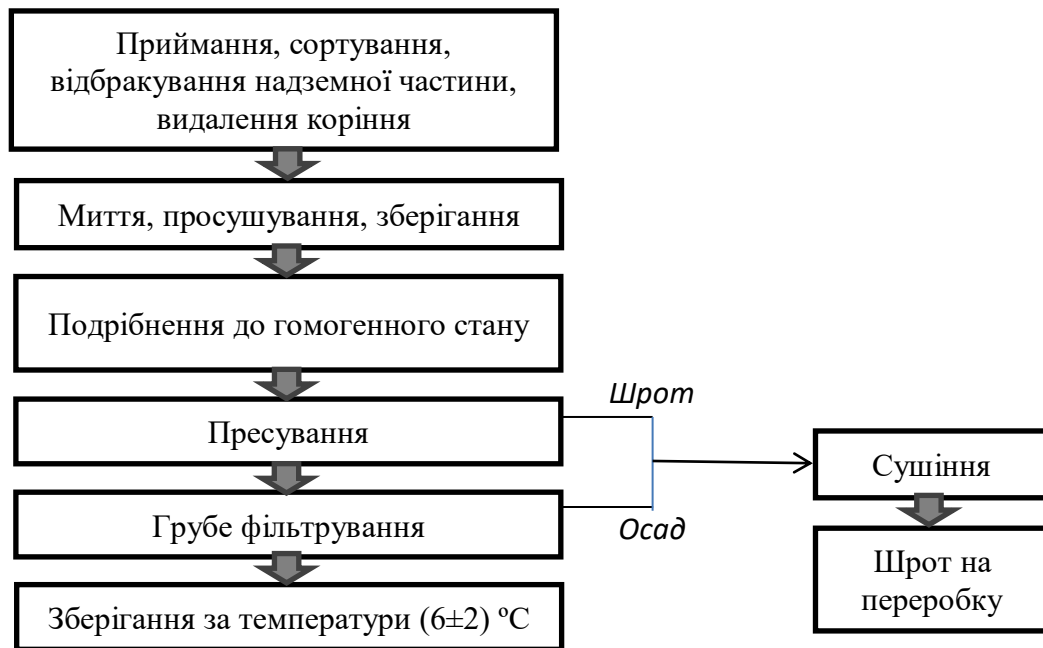


Рис. 3.2. Адапована технологічна схема отримання соку із рослин-дикоросів

В соці *Plantago major* L кількість сухих речовин склала – (6,00±0,23) %, показник активної кислотності – (5,85±0,18) од. рН, в соці з *Rumex acetosa* L. кількість сухих речовин – (3,8±0,2) %, а активна кислотність – (3,1±1,5) од. рН.

За методикою (розділ 2., п. 2.3.2) визначали протеолітичну активність сировини, інгредієнтів і продукту. В результаті дослідження отримано дані: молоко – 2,13 нкат/л, сік *Plantago major* L. – 17, 1 нкат/л, НФБТ – 4,95 нкат/л.

Отримані результати свідчать, що сік прямого віджиму з наземної частини *Plantago major* L. проявляє протеолітичну дію. Безперечно, технологічні властивості рослинних коагулянтів у вигляді нативного соку залежать від поєднання специфічних та неспецифічних протеаз та інших активних компонентів – органічних кислот, флаваноїдів, дубильних речовин тощо. Однак ферментативна чистота, як правило, менш важлива, ніж витрати на рафінацію або очищення. До того ж, перевагою підготовки рослинного коагулянта є простота термомеханічного оброблення (миття, подрібнення). Враховуючи зазначене вище, використання саме соку прямого віджиму з наземної частини *Plantago major* L. для осадження білків молока за розроблених технологічних параметрів є перспективним і потребує додаткових досліджень.

Згідно літературних даних (Bogacheva et al., 2001; Sosnina, Oleshko, & Rechetskaya, 2008) рослини-дикороси характеризуються мінімальними коливаннями хімічного складу протягом всього вегетативного періоду, що дає підставу зафіксувати вміст сухих речовин в соці *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. отриманому за адаптованою схемою на зазначених вище рівнях для всіх наступних досліджень.

Була врахована безпечність за мікробіологічними показниками соку протягом зберігання. Відповідна інформація представлена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Зміна мікробіологічних показників соків *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. під час зберігання за температури $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Найменування показника	Норма		Фактично			
	<i>Plantago major</i> L.*	<i>Rumex</i> **	2 доба		3 доба	
			<i>Plantago major</i> L.	<i>Rumex</i>	<i>Plantago major</i> L.	<i>Rumex</i>
КМАФАнМ, КУО/г, більше не	$1 \cdot 10^4$		$1,1 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^2$	$4,8 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^2$
БГКП (коліформи) 0,1 г в	Не допускається		Не виявлені		Не виявлені	

Патогенні, в т.ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не допускається	Не виявлені		Не виявлені	
Дріжджі, КУО/г	$1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$0,8 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$
Плісняви, КУО/г	$1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$0,5 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$

* ДФ Х1, вип. 2, ст. 3 зм. N 11/1865 від 25.11.96 р. Подорожник (листя).

** ДСТУ 8472:2015. Щавель свіжий. Технічні умови

На підставі отриманих результатів досліджень встановлено терміни зберігання соків *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. – 2 доби за температури $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

3.2. Уточнення технологічних параметрів осадження молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів

Враховуючи хімічний склад соку *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. було передбачено різні способи коагулювання білків молока з кваліметричним оцінюванням результатів (вихід напівфабрикату білково-трав'яного, масова частка вологи, активна кислотність).

Дослідження проводились в два етапи, що передбачало моделювання процесів:

- термокислотної коагуляції за класичних режимів (I етап);
- ферментної коагуляції з підігрівом (II етап).

Для проведення досліджень використовувалась наступна сировина: молоко нормалізоване з масовою часткою сухих речовини – $(12,3 \pm 0,62) \%$, жиру – $(2,6 \pm 0,13) \%$, білку – $(2,8 \pm 0,14) \%$, з активною кислотністю – $(6,6 \pm 0,35)$ од. рН, титрованою кислотністю – $16 \pm 1,0 ^\circ\text{T}$, густиною – 1027 кг/м^3 .

Для отримання НФБТ в якості коагулянта при термокислотному осадженні було використано наземну частину *Rumex acetósa* L. (Grek, Tymchuk, Chubenko, & Ovsiienko, 2017). В підігріте до температури $93 \dots 95 ^\circ\text{C}$ молоко вносили сік *Rumex* з вище зазначеною масовою часткою сухих речовин. Під час внесення помірно перемішували та витримували $3 \dots 5$ хв до утворення згустку.

Комплексний вплив на білки молока високих температур і кислотного реагенту призводить до максимально повного їх осадження. Процес коагуляції встановлювали візуально за інтенсивним утворенням міцного білкового згустку і виділенням сироватки.

Досліджено вплив кількості соку *Rumex acetosa* L. з рН $3,1 \pm 0,1$ на перебіг процесу коагулювання білків молока та ступінь використання сухих речовин сировини (рисунок 3.3.).

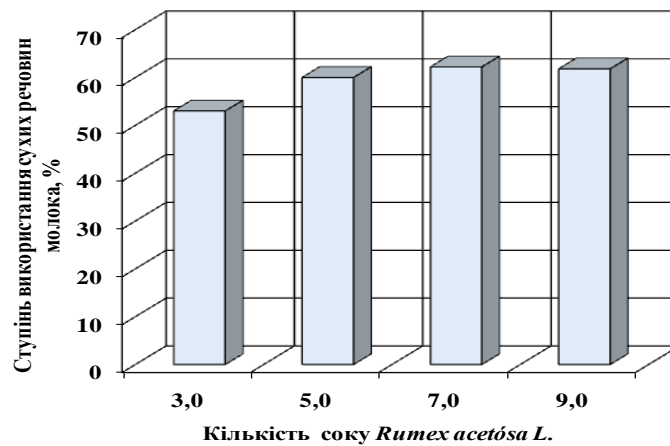


Рис. 3.3. Залежність ступеню використання сухих речовин молока від кількості соку *Rumex acetosa* L.




Встановлено, що додавання $7,0 \pm 0,5$ % соку *Rumex acetosa* L. забезпечує ступінь використання сухих речовин молока на рівні $60,2 \pm 1,1$ %. Отриманий НФБТ мав наступні якісні показники: масову частку вологи на рівні $(61,0 \pm 1,1)$ %, рН – $(5,92 \pm 0,05)$.

Попередніми дослідженнями, що враховували органолептичні обмеження та вихід білкової маси, визначено оптимальну кількість коагулянту з рН $3,1 \pm 0,1$ % на рівні $7 \pm 0,5$ % від маси молока

Органолептична оцінка дослідних зразків НФБТ представлена в таблиці 3.3.

Органолептичні показники є обмежувальним фактором для використання НФБТ в якості основи молочно-білкових виробів, у зв'язку з коливаннями кольоровості згустку від ледь фісташкового до інтенсивно фісташкового (для 9 % соку).

Таблиця 3.3. Органолептична оцінка дослідних зразків НФБТ

Показник	Кількість додавання соку <i>Rumex acetosa</i> L. до молока, %		
	5,0	7,0	9,0
			
Смак та запах	Молочний зі слабо вираженим трав'яним присмаком	Молочний з трав'яним присмаком	Виражений трав'яний присмак і запах
Колір	Білий з світло-фісташковим відтінком	Фісташковий	Насичений фісташковий
Консистенція	Згусток м'який, слабкий, спостерігається незначне виділення сироватки	Згусток м'який, масткий, помірно щільний	Згусток міцний, щільний

Не відповідність консистенції, що ускладнює процес самопресування (для 3 % соку) також потрібно враховувати. Колір НФБТ зумовлений наявністю в соці *Rumex* хлорофілу, який представлений у вигляді двох різновидів: хлорофілу а (75%) та хлорофілу b (25%). Використання його в раціонах харчування надає організму людини позитивну фізіологічну дію.

Згідно літературної інформації (Вілігорська, & Хухліна, 2014) безпечна кількість вживання солей щавлевої кислоти становить 50 мг на 100 г продукту. Враховуючи хімічний склад соку *Rumex acetosa* L. (Kutateladze, & Fedoseeva, 2019), додавання в кількості від 3 до 9 % забезпечує в продукті вміст солей щавлевої кислоти від 10,8 мг до 32,4 мг на 100 г молочної суміші. Тому кількість соку *Rumex* з урахуванням вище зазначених обмежень підтверджена на рівні $7 \pm 0,5$ %. Саме ця кількість змінює активну кислотність в суміші для забезпечення врівноваженого ізоелектричного стану білків молока у всьому об'ємі. Це призводить до активного їх коагулювання за класичних режимів. При цьому ступінь використання сухих речовин молока становить $60,2 \pm 1,1$ %. Щодо перебігу процесу, то результатом коагуляції є часткове зневоднення, зниження заряду гідратованих білкових молекул і швидке випадіння в осад.

Підтверджено можливість використання соку *Rumex acetosa* L. у кількості $7\pm 0,5$ % для одержання органолептично придатних напівфабрикатів білково-трав'яних отриманих термокислотою коагуляцією молока за режимів: температура – $93\text{...}95$ °С, тривалість – $3\text{...}5$ хв. Отриманий НФБТ мав наступні якісні показники: масову частку вологи на рівні $(61, 0\pm 1,1)$ %, рН – $(5,92\pm 0,05)$.

Проведені дослідження осадження білків молока вище зазначеною кількістю соку *Rumex acetosa* L., що співпадає з попередніми розробками (Пшенична, 2019) з фіксацією виходу напівфабрикату білково-трав'яного та показників його якості – ВУЗ, рН, масової частки вологи, дає підставу стверджувати про подібність механізму процесу і превалюванні впливу вмісту органічних кислот (складових рослин) на перебіг осадження. Враховуючи вище зазначене доцільно запропонувати виробництво НФБТ отриманого осадженням білків молока соком *Rumex acetosa* L. за технологією, яка передбачає класичні режими термокислотного осадження та контроль якості показників виробів.

Крім того, термокислотним коагулюванням за класичних режимів були виготовлені зразки з зсіданням білків молока соком *Plantago major* L. з масовою часткою сухих речовин $(6,00\pm 0,23)$ % в кількості $3\text{...}9$ % від об'єму нормалізованого молока. Сік *Plantago major* L. вносили в підігріте до температури $93\text{...}95$ °С молоко, злегка перемішували та витримували $3\text{...}5$ хв до утворення згустку. Потім визначали масу вологого білкового згустку, яку фіксували шляхом зважування після самопресування протягом 15 хв.

Ступінь використання сухих речовин молока є важливим критерієм оцінки ефективності осадження молочних білків активним комплексом *Plantago major* L. Результати досліджень представлено на рисунку 3.4.

Згідно результатів (рисунок 3.4.) ступінь використання сухих речовин молока при осадженні протеїнів активним комплексом *Plantago major* L. за термокислотою коагуляції нижче ніж при осадженні соком *Rumex acetosa* L. (рисунок 3.3.).

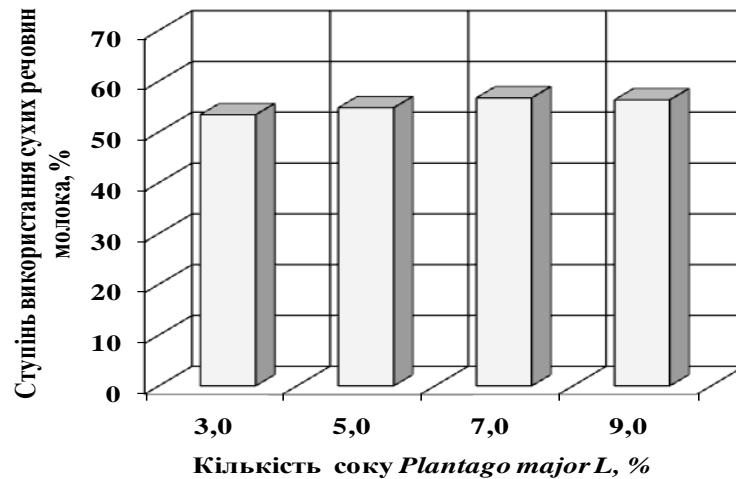


Рис. 3.4. Ступінь використання сухих речовин молока при осадженні білків активним комплексом *Plantago major L.*

Максимальний ступінь використання сухих речовин молока зафіксований на рівні $56,4 \pm 1,5$ % (кількість внесення соку *Plantago major L.* становить $7,0 \pm 0,5$ %). Для порівняння, аналогічний показник при використанні соку *Rumex* в кількості $7,0 \pm 0,5$ % на рівні $60,2 \pm 1,1$ %.

У зв'язку із зміною забарвлення та його інтенсивності необхідне врахування кольоровості зразків. Аналогічна ситуація зі смаком і запахом. Зразки, отримані коагуляцією білків при додаванні 10...11 % соку *Plantago major L.*, мають занадто виражений смак, колір (зелений) та запах (з трав'яним присмаком). До них необхідно застосовувати органолептичну оцінку як обмежувачий фактор для широкого використання у вигляді основи для молочно-білкових виробів.

На першому етапі було досліджено вплив кількості соку *Plantago major L.*, що був використаний під час коагуляції білків молока, на активну кислотність та масову частку вологи білково-трав'яних згустків. Відповідні результати представлені на рис. 3.5.

Експериментальні дослідження (рисунок 3.5) показали тенденцію до зниження показника активної кислотності при збільшенні кількості рослинного коагулянту. Додавання до молока 11 % соку *Plantago major L.* сприяло встановленню рН напівфабрикату на рівні 6,27.

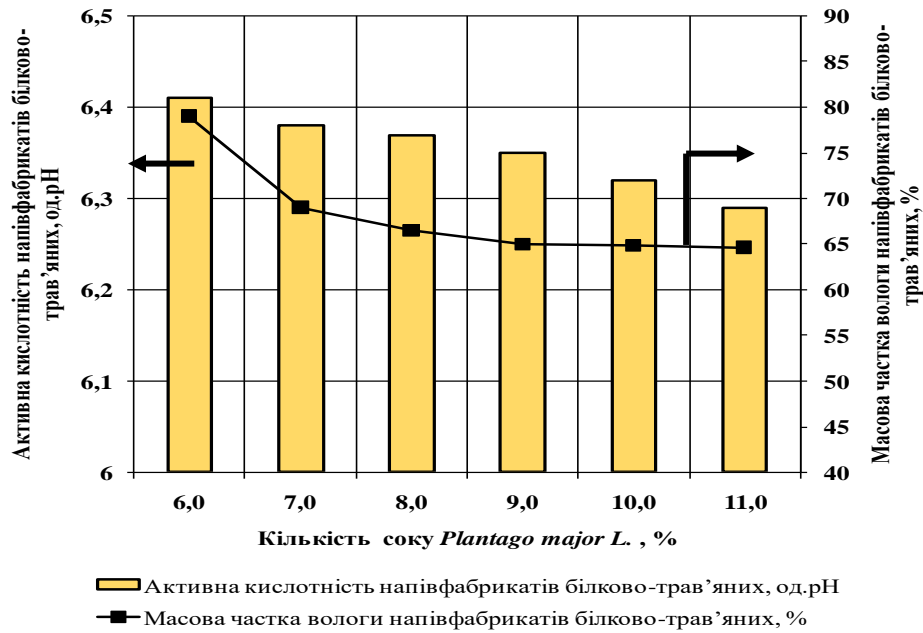


Рис. 3.5. Залежність активної кислотності та масової частки води напівфабрикатів білково-трав'яних від кількості соку *Plantago major L.*

Зі зменшенням кількості коагулянту підвищувався показник активної кислотності згустків, який становив 6,42 од. рН при внесенні 6 % соку. Ймовірно, це пов'язано з присутністю в складі *Plantago major L.* органічних кислот, а саме лимонної, яблучної, винної та ін., що активно впливають на перебіг процесу коагуляції молочних білків за умов термокислотної коагуляції. Отримані показники для дослідних зразків відповідають рН м'якого сиру «Адигейський» – $(5,9 \pm 0,3)$, який виготовляють шляхом термокислотної коагуляції молочною сироваткою з підвищеною кислотністю (від 160 °Т до 250 °Т). Показник масової частки води отриманих напівфабрикатів білково-трав'яних (НФБТ) з додаванням рослинного коагулянту від 7 до 9 % змінювався не суттєво та варіювався в межах від $65,10 \pm 0,2$ до $69,30 \pm 0,2$ %.

Досліджено вологоутримуючу здатність НФБТ залежно від кількості рослинного коагулянту. Цей показник впливає на такі властивості НФБТ, як структура та якість готового продукту (рисунок 3.6).

Результати досліджень (рисунок 3.6) вказують на посилення міцності згустку зі збільшенням кількості соку *Plantago major L.* Вологоутримуюча здатність модельних зразків згустків збільшувалася з ущільненням їх структури.

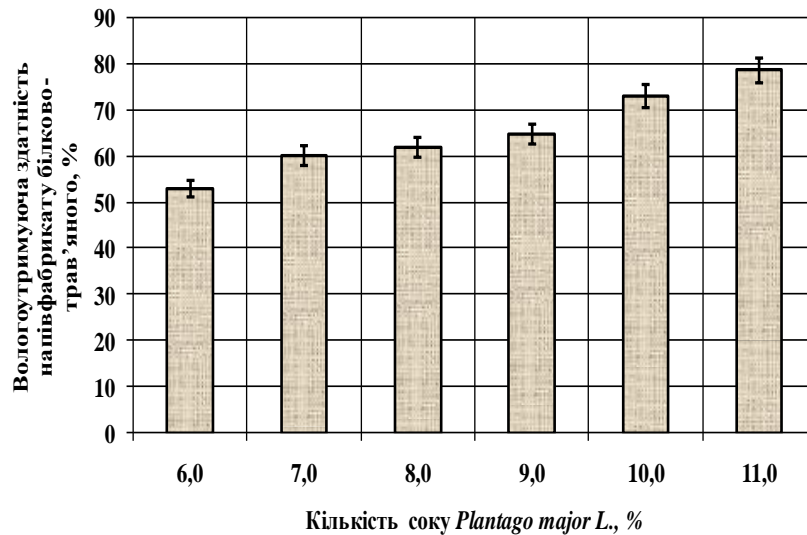


Рис. 3.6. Залежність вологоутримуючої здатності НФБТ від кількості соку *Plantago major L.*

Так, при внесенні максимальної кількості соку *Plantago major L.* показник вологоутримуючої здатності становить $78,68 \pm 0,1$ %, що свідчить про активне зняття з міцел поверхневого заряду, що є фактором колоїдної дестабілізації білкової фази молока.

Для другого етапу коагуляції – ферментної з підігрівом були підготовлені зразки, отримані осадженням білків молока коагулянтном – соком прямого віджиму наземної частини *Plantago major L.*, з масовою часткою сухих речовин ($6,00 \pm 0,23$)% та значенням рН ($5,85 \pm 0,18$).

Виготовлення зразків в лабораторних умовах здійснювали наступним способом: нормалізоване молоко пастеризували за температури 74 ± 2 °C з витримкою 15...20 с, охолоджували до температури коагуляції, вносили хлорид кальцію у вигляді 40%-го водного розчину із розрахунку 40 г безводної солі на 100 кг молока та сік *Plantago major L.* у кількості 6...11 %. Режимми коагуляції: температура 50...65 °C з витримкою від 50 до 90 хв. Згусток розрізали та проводили підігрівання до температури 88 ± 3 °C протягом 2...3 хв метою ущільнення. Потім видаляли сироватку, а згусток направляли на самопресування та охолодження.

Ступінь використання сухих речовин молока при ферментній коагуляції з підігрівом в присутності активного комплексу *Plantago major* L. представлено на рисунку 3.7.

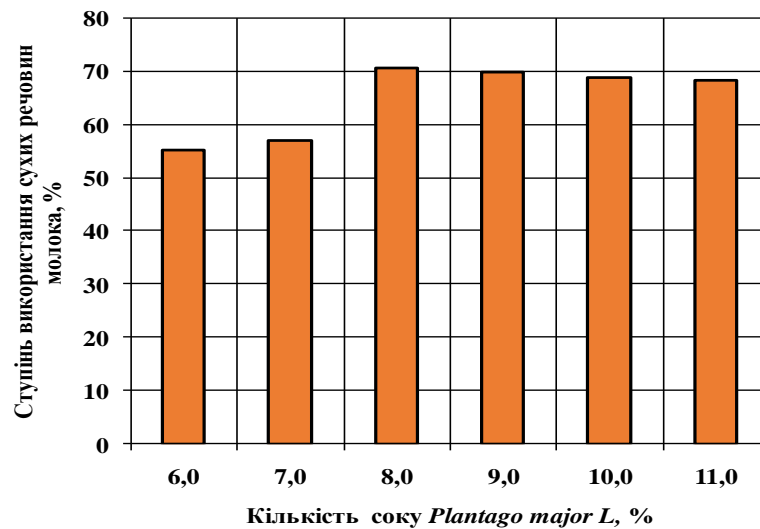


Рис. 3.7. Ступінь використання сухих речовин молока при ферментній коагуляції з підігрівом в присутності активного комплексу *Plantago major* L.


Для контрольного зразку (НФБТ отриманий із використанням ферменту рослинного походження ТМ «VIVO») ступінь використання сухих речовин молока становить $(71,93 \pm 0,05)$ %. Найбільше значення вище вказаного показника $(70,64 \pm 0,1)$ % має НФБТ отриманий при додаванні 8,0 % соку *Plantago major* L.

Іони кальцію відіграють важливу роль у агрегації міцел казеїну та в міцності білкового згустку. З цієї причини додавання CaCl_2 до молока, особливо до термічно обробленого, є найпростішим способом зменшити час осадження і збільшити стійкість згустку під час виготовлення. Відповідно до Kethireddipalli and Hill (Kethireddipalli, & Hill, 2015), внесення 0,1–0,2 г/л CaCl_2 достатньо для отримання оптимального зсідання пастеризованого молока, але до 0,3–0,6 г / л потрібно для молока, яке було піддане більш інтенсивній тепловій обробці, що попередньо перевірено декількома авторами (Brutti et al., 2012; Lo Piero et al., 2011; Mazorra-Manzano et al., 2013). Порушення властивостей ферментного зсідання (довший час, слабший згусток) термічно обробленого молока в основному пояснюється взаємодією між денатурованими

білками сироватки і міцелами казеїну, які перешкоджають агрегації комплексу останніх.

Органолептична оцінка НФБТ отриманого коагуляцією білків молока соком *Plantago major* L. в кількості $8,0 \pm 1,0$ % представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Органолептична оцінка НФБТ отриманого коагуляцією білків молока соком *Plantago major* L. в кількості $8,0 \pm 1,0$ %

Візуалізація НФБТ	Показник	Характеристика
	Колір	Зеленкуватий, рівномірний за всією масою з вкрапленнями зеленого кольору
	Смак та запах	Молочний з легким трав'янистим присмаком та ароматом
	Консистенція	Згусток міцний, помірно щільний

НФБТ, що має вище зазначені органолептичні показники може бути використаний в якості основи молочно-білкових виробів.

Досліджено активність зсідання молока соком *Plantago major* L. в залежності від кількості коагулянту. Результати представлено на рисунку 3.8. Контроль – зразок виготовлений з молока із додаванням ферменту рослинного походження ТМ «VIVO» для сиру (ТУ У 15.5-30603000036-006:2009).

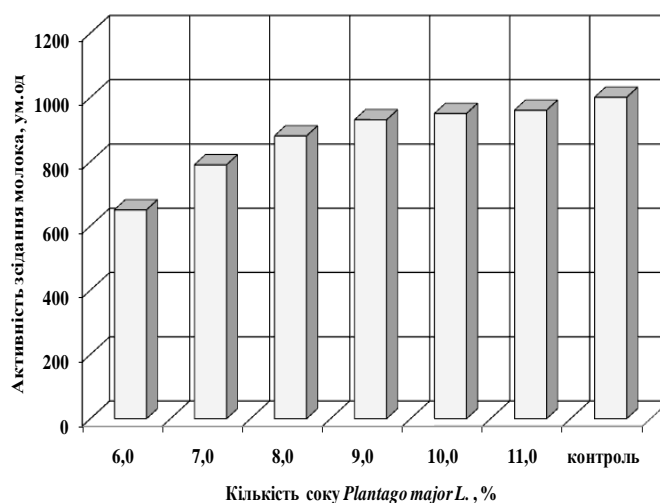


Рис. 3.8. Активність зсідання молока соком *Plantago major* L.

Крім того, було зафіксовано вплив температури (100 °C протягом 5 хв) на перебіг процесу зсідання. Результати вказують на зменшення зсідальної властивості соку *Plantago major* L., вказуючи як на ферментативну природу осадження білків молока так і пов'язану з наявністю органічних кислот.

У всіх системах молоко / коагулянт раціональна температура для зсідання була на рівні 55 - 60 °C в досліджуваному діапазоні від 35 до 65 °C при цьому значення рН становило 5,7...6,3.

Відмічено, що чим більший об'єм коагулянту, тим вище розрахункове значення активності зсідання молока, що коливалося від 380–960 ум. од. В результаті діапазон вимірюваного часу зсідання становив від 2700–3600 с. Для порівняння, значення активності зсідання молока ферментом рослинного походження ТМ «VIVO» для сиру, були майже на такому ж рівні (988±2 ум.од.) як і досліджуваний коагулянт за температури зсідання 35-37°C.

Ймовірно механізм процесу коагуляції білків молока соком *Plantago major* L. відбувається за рахунок розщеплення нестійкого пептидного зв'язку в χ -казеїні – Phe 105 – Met 106. Це пояснюється гідрофобною природою амінокислот, що приймають участь на первинній стадії процесу – серіну, лейцину та ізолейцину. В результаті ланцюг χ -казеїну досить швидко розділяється на дві нерівні ділянки: 1-105 – це пара- χ -казеїн та 106-169-казеїномакропептид. Далі пара- χ -казеїн зв'язується з α - і β -казеїнами і залишається в складі міцели, він має виражений лужний і гідрофобний характер. Казеїномакропептид вивільнюється і переходить в сироватку, він має кислий і гідрофільний характер. Таким чином, молекули пара- χ -казеїну переходять в нестабільний стан. Їх склад, структура та властивості відрізняються від аналогічних показників нативного χ -казеїну. Вторинна стадія процесу – фаза видимої коагуляції, що проходить при відповідній температурі під дією активного комплексу *Plantago major* L.

3.3. Математичне моделювання показників якості напівфабрикатів білково-трав'яних отриманих осадженням білків молока активним комплексом *Plantago major L.*

На основі попередніх досліджень (Grek. et al.,2019) та розробленого способу отримання НФБТ було встановлено, що температура та тривалість осадження білків молока, а також кількість соку *Plantago major L.* найбільше впливають на вихід та фізико-хімічні показники отриманих НФБТ.

З метою визначення оптимальних умов осадження білків молока соком *Plantago major L.* застосований повнофакторний експеримент (ПФЕ).

Вибір оптимальної кількості коагулянту базувався на дотриманні принципу збереження відповідних органолептичних показників, характерних для молочно-білкових згустків і становив від 6 до 10 % до маси нормалізованого молока.

В якості параметрів оптимізації обрано ступінь використання сухих речовин молока та фізико-хімічні показники молочних білково-трав'яних згустків – масову частку вологи, активну кислотність, вологоутримуючу здатність. Для досягнення поставленої мети обрані комплексні показники, що в найбільшому ступені характеризують вплив соку *Plantago major L.* на якість отриманих згустків та складена параметрична схема процесу (рисунок 3.9).

Для параметрів оптимізації визначили нульовий рівень факторів – на основі апріорної інформації та інтервал їх варіювання за межами похибки вимірювань. Нульовий рівень відповідав наступним вимогам: в цих точках значення параметрів оптимізації були найкращими із всіх відомих значень; координати нульового рівня знаходились всередині області визначення.

Найбільш суттєвими керуючим фактором отримання НФБТ, коагуляцією білків молока активним комплексом *Plantago major L.*, були обрані: C_1 (t , °C) – температура осадження білків молока (верхній рівень фактору $C_{1max} = 65$, нижній рівень фактору $C_{1min} = 50$); C_2 (τ , хв) – тривалість процесу осадження (верхній рівень фактору $C_{2max} = 90$, нижній – $C_{2min} = 50$); C_3 (v , %) – кількість соку *Plantago major L.* (верхній рівень фактору $C_{3max} = 10$, нижній – $C_{3min} = 6$).

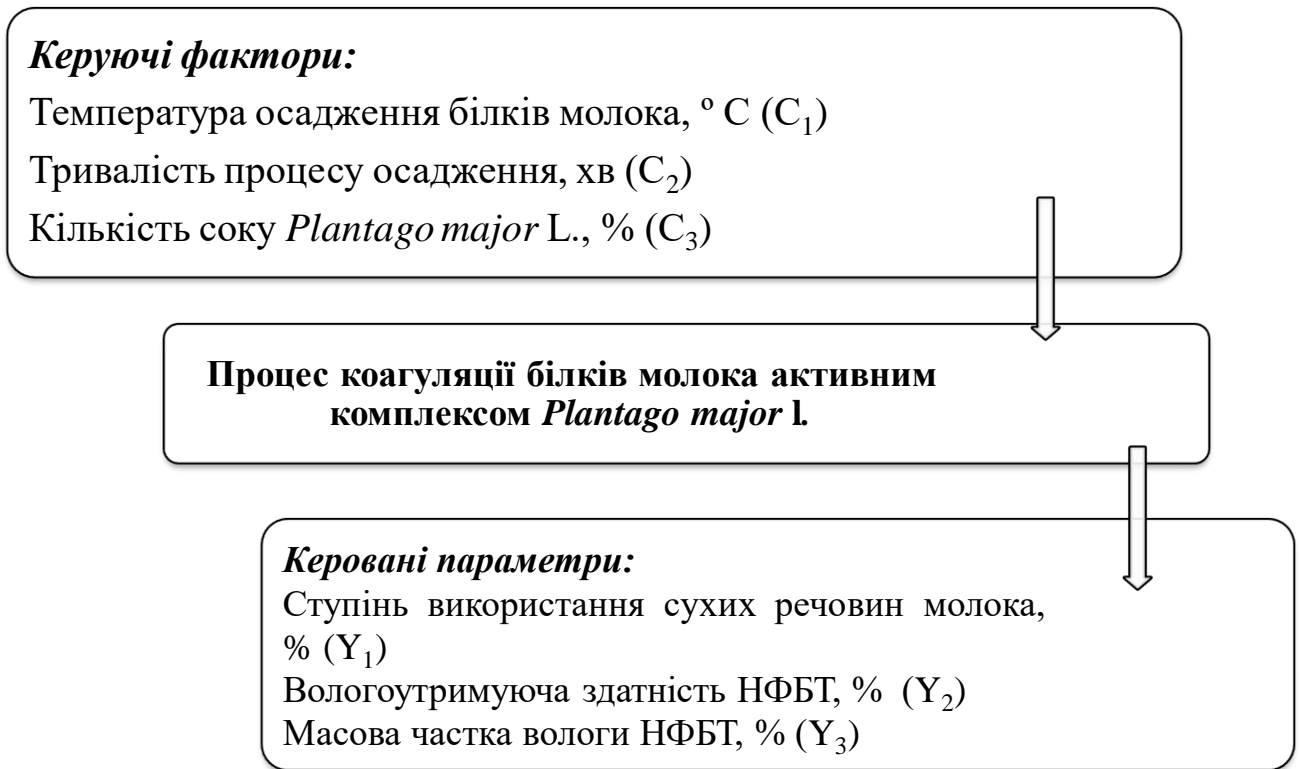


Рис. 3.9. Параметрична схема процесу коагуляції білків молока соком *Plantago major* L.

В якості керованих параметрів обрано: Y_1 – ступінь використання сухих речовин молока, СВСР, %; Y_2 – вологоутримуючу здатність НФБТ, ВУЗ, %; Y_3 – масова частка вологи НФБТ, МЧВ, %.

Під час проведення експерименту визначали фізико-хімічні показники нормалізованого молока та молочних білково-трав'яних згустків.

Для визначення оптимальних параметрів коагуляції білків молока соком *Plantago major* L. був складений та реалізований повнофакторний експеримент отримання напівфабрикатів білково-трав'яних, який має наступний вигляд (таблиця 3.5.).

Таблиця 3.5. План-матриця проведення експерименту ПФЕ 2^3

№ досліджу	X_1	X_2	X_3	C_1	C_2	C_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	+	+	+	65	90.00	10	55.00	81.00	45
2	-	+	+	50	90.00	10	63.00	55.00	50
3	+	-	+	65	50.00	10	58.00	57.00	56
4	-	-	+	50	50.00	10	56.00	50.00	61
5	+	+	-	65	90.00	6	57.00	64.00	54
6	-	+	-	50	90.00	6	58.00	60.50	64

7	+	-	-	65	50.00	6	62.00	61.00	67
8	-	-	-	50	50.00	6	50.00	48.00	77
9	+	0	0	65	70.00	8	58.00	65.75	55.50
10	-	0	0	50	70.00	8	58.00	53.38	63.00
11	0	+	0	57.5	90.00	8	58.25	65.13	53.25
12	0	-	0	57.5	50.00	8	57.75	54.00	65.25
13	0	0	+	57.5	70.00	10	58.00	62.00	51
14	0	0	-	57.5	70.00	6	54.00	60.00	55
15	0	0	0	57.5	70.00	8	64.11	61.13	51.16

Математична обробка результатів дозволила отримати аналітичні залежності у вигляді адекватних рівнянь регресії для розрахунку впливу температури осадження білків молока, тривалості процесу осадження та кількості соку *Plantago major* L. на ступінь використання сухих речовин молока (3.1) та показники якості НФБТ – вологоутримуючу здатність (3.2), масову частку води (3.3):

$$Y_{1(Cc)} = 63,8286 + 9,4286 \cdot x_1 + 3,0929 \cdot x_2 - 0,0229 \cdot x^2 - 0,1 \cdot x_1 \cdot x_2 - 8214 \cdot x_2^2 \quad (3.1)$$

$$B_{кр i} = 0,487; B_{кр ii} = 2,157; F_T = 0,253$$

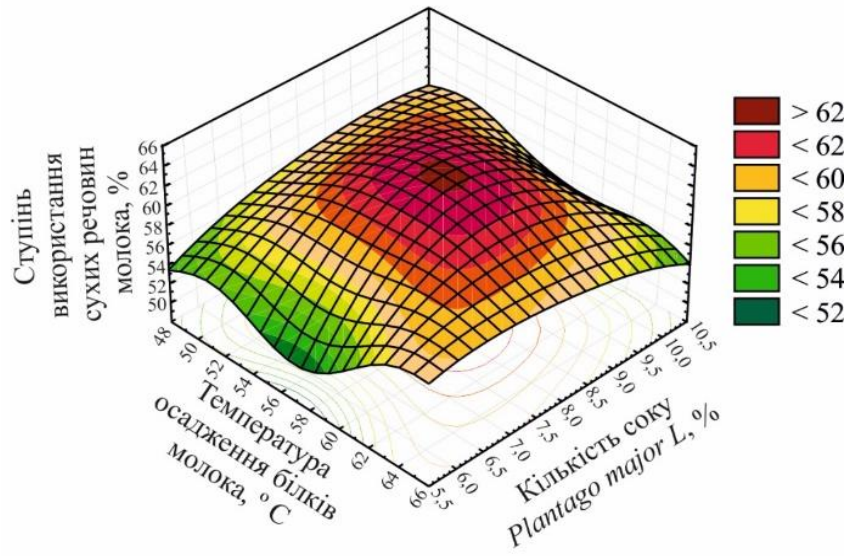
$$Y_{2(BVЗ)} = 56,3545 + 0,4284 \cdot x_1 - 6,5059 \cdot x_2 - 0,005 \cdot x^2 + 0,125 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0395 \cdot x_2^2 \quad (3.2)$$

$$B_{кр i} = 1,012; B_{кр ii} = 0,261; F_T = 1,472$$

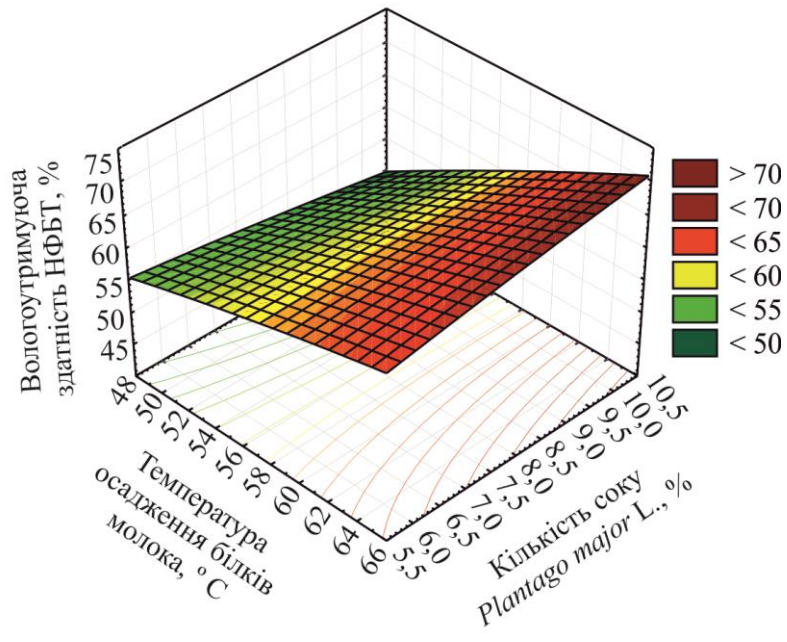
$$Y_{3(W)} = 67,0942 - 10,36 \cdot x_1 - 0,4786 \cdot x_2 + 0,0799 \cdot x^2 + 0,0833 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,4383 \cdot x_2^2 \quad (3.3)$$

$$B_{кр i} = 0,412; B_{кр ii} = 0,758; F_T = 0,965$$

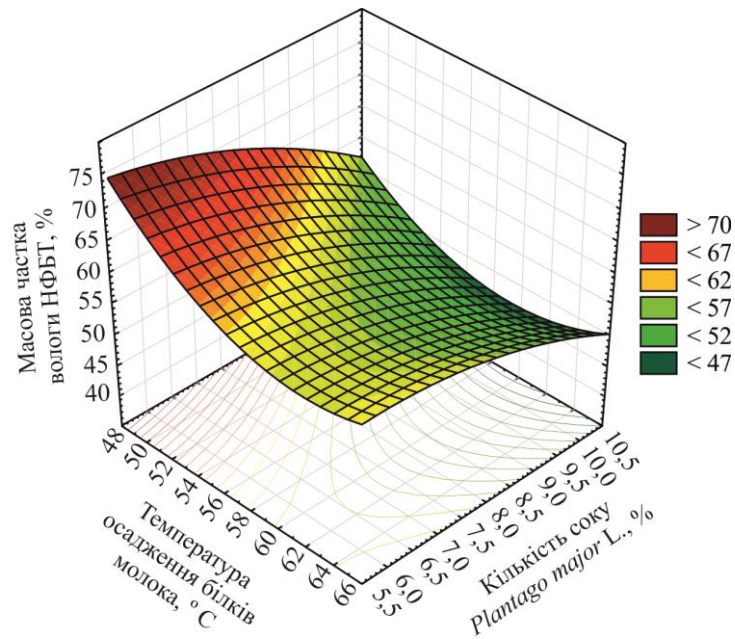
Комплексні зміни та поверхні відгуку фізико-хімічних властивостей НФБТ при осадженні білків молока наведені на рисунку 3.10 а, б, в у вигляді 3D-графіків, які відображають залежність керованих параметрів від керуючих факторів.



а)



б)



в)

Рис. 3.10. Поверхні відгуку змін ступеня використання сухих речовин молока (а), вологоутримуючої здатності (б), масової частки вологи (в) НФБТ залежно від параметрів осадження білків молока

З вище наведених рівнянь регресії (3.1–3.3) очевидно, що досліджувані чинники мають різний вплив на показник – ступінь переходу сухих речовин. Аналіз поверхні відгуку (рисунок 3.10а) дозволяє зробити висновок, що максимальне значення спостерігалось при внесенні $8,0 \pm 1,0$ % соку *Plantago major* L. та проведенні процесу коагуляції за температури 56 ± 2 °C протягом 75 ± 5 хв. Зі зростанням температури осадження до 65 °C або зниженням до 50 °C значення даного показника зменшується на $13 \pm 1,5$ %. Збільшення тривалості процесу з 50 до 90 хв викликає зміну ступеня використання сухих речовин молока в середньому на 3 ± 1 %.

Математична модель, що описує зміну вологоутримуючої здатності НФБТ (рисунок 3.10 б) показує пряму залежність показника від кількості соку *Plantago major* L. та температури осадження білків молока. Найвищу вологоутримуючу здатність 81 % має напівфабрикат отриманий за найвищих умов експерименту – температурі осадження білків молока 65 °C, тривалості процесу 90 хв, кількості соку *Plantago major* L. на рівні 10 %. Оптимальна

кількість внесення коагулянту лежить в межах $8,0 \pm 1,0$ %, що забезпечує вологоутримуючу здатність НФБТ на рівні $62 \pm 1,5$ %.

Аналізуючи рівняння регресії та графічну інтерпретацію зміни масової частки вологи НФБТ (рисунок 3.10 в) можна зробити висновок, що збільшення кількості соку *Plantago major* L. (x_3) від 6 до 10 %, призводить до зниження масової частки вологи у згустках. Під час отримання НФБТ температура та тривалість процесу осадження білків молока майже в однаковій мірі впливають на кінцевий результат. Максимальне значення масової частки вологи на рівні 77 % спостерігається за мінімальної температури коагуляції білків молока – 50 ± 1 °C та тривалості процесу $50 \pm 0,5$ хв. Для отримання НФБТ пастоподібної консистенції зі значенням масової частки вологи вище 67 % необхідно провести процес за температури 55 ± 2 °C протягом 57 ± 3 хв з використанням соку *Plantago major* L. у кількості $6,0 \pm 0,5$ %, а для отримання пластичної консистенції згустку з масовою часткою вологи нижче 67 % відповідно параметри необхідно скорегувати: температуру підвищити до 62 ± 2 °C, тривалість подовжити до 60 ± 3 хв, кількість коагулянту збільшити до $8,0 \pm 1,0$ %.

Аналіз впливу змінного факторного простору на активну кислотність НФБТ вказує, що середнє значення цього показника в першу чергу залежить від величини рН молока та соку *Plantago major* L. Функція досягає пікових значень при внесенні максимальної кількості коагулянту і фіксується на рівні 6,47 од. рН. Вплив кислотності на тривалість коагуляції пояснюється його впливом на активність ферменту. Так оптимум рН для максимального впливу ферменту на χ -казеїн складає $6,0 \pm 0,5$ од. рН (Kumari, Sharma, & Jagannadham, 2012). Підвищення кислотності сприяє швидшому перебігу вторинної фази внаслідок зниження стійкості казеїнових міцел, пов'язаного з нейтралізацією зарядів пара- χ -казеїну, виділенню іонів кальцію з розчинених і колоїдних комплексів.

В умовах виконання планів також досліджували основні фізико-хімічні показники НФБТ, що були отримані за різних умов. Відповідні значення для згустків та молочної сироватки представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. Основні фізико-хімічні показники НФБТ та сироватки

Спосіб коагуляції білків молока	Ступінь використання СР, %	МЧВ МБТЗ, %	ВУЗ МБТЗ, %	pH МБТЗ	СР сироватки, %
VIVO (контроль) / 10 % соку <i>Plantago major</i> L. без підігріву	71.93 / 70.65	42.64 / 57.49	64.17 / 53.69	6.16 / 6.25	7.00 / 6.00
7 % соку <i>Plantago major</i> L.) без / з підігрівом	53.91 / 61.15	59.63 / 56,89	72.47 / 62.36	6.47 / 6.24	4.55 / 7.00
9 % соку <i>Plantago major</i> L. без / з підігрівом	57.37 / 69.19	44.19 / 52.77	59.75 / 56.84	6.33 / 6.12	6.00 / 6.50

З врахуванням обмежень по органолептичним показникам в подальших дослідженнях використовувалися зразки, отримані коагуляцією 8 ± 1 % соку *Plantago major* L.

Про доцільність проведення процесу можна судити по кількості переходу сухих речовин у НФБТ та сироватку (рисунок 3.10 та таблиця 3.6). Для контрольного зразка – НФБТ в сироватку переходить до $6,9 \pm 0,1$ % сухих речовин, тоді як у згусток $71,93 \pm 0,1$ %. Втрати сухих речовин молока у сироватку для всіх модельних зразків змінювалися в інтервалі від 4,55 до 7 % в залежності від ряду факторів.

Аналізуючи графічні залежності вологоутримуючої здатності НФБТ та контролю прослідковується подібна тенденція для всіх зразків.

Висновки до розділу 3.

Доведено можливість використання соку *Rumex* у кількості $7 \pm 0,5$ % для термокислотної коагуляції білків молока за режимів: температури – $93 \dots 95$ °C, тривалості – $3 \dots 5$ хв. Отриманий НФБТ мав наступні якісні показники: масову частку вологи на рівні $(61, 0 \pm 1,1)$ %, pH – $(5,92 \pm 0,05)$.

Досліджено ступінь використання сухих речовин молока при ферментній коагуляції з підігрівом в присутності активного комплексу *Plantago major* L.

Найбільше значення вище вказаного показника ($70,64 \pm 0,1$) % має НФБТ отриманий при додаванні $8,0 \pm 1,0$ % соку *Plantago major* L.

Для визначення оптимальних параметрів коагуляції білків молока соком *Plantago major* L. був складений та реалізований повнофакторний експеримент отримання НФБТ. Згідно рівнянь регресії та графічної інтерпретації збільшення кількості соку *Plantago major* L. від 6 до 10 %, призводить до зниження масової частки вологи у згустках. Під час отримання НФБТ температура та тривалість процесу осадження білків молока майже в однаковій мірі впливають на кінцевий результат. Максимальне значення масової частки вологи на рівні 77 % спостерігається за мінімальної температури коагуляції білків молока – 50 ± 1 °C та тривалості процесу $50 \pm 0,5$ хв.

Зміна масової частки вологи та вологоутримуючої здатності у НФБТ, отриманих з використанням активного комплексу *Plantago major* L., може розглядатися як результат безперервної взаємодії між білками, за рахунок зменшення вмісту гідратованої води навколо міцел казеїну. Із збільшенням тривалості процесу та підвищенням температури коагуляції білків молока соком *Plantago major* L. зростає міцність зв'язків між білковими частинками, в результаті чого зміцнюється казеїновий комплекс і легко вивільнюється сироватка, що міститься в її проміжках.

Наукові результати даного розділу дисертації були висвітлені в статтях та матеріалах конференцій (Пшенична, Грек, Онопрійчук, Пасічний, & Чубенко, 2018; Grek, Krasulya, Tymchuk, & Chubenko, 2018; Грек, & Чубенко, 2018; Онопрійчук, Чубенко, & Овсієнко, 2018; Грек, & Чубенко, 2019; Grek, Pshenychna, Chubenko, & Onopriichuk, 2020; Грек, & Чубенко, 2020).

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ БІЛКОВО-ТРАВ'ЯНИХ

4.1. Визначення структурно-механічних властивостей та мікроструктури напівфабрикатів білково-трав'яних

Особливість утворення білкових структур має значення для технологічного процесу виробництва молочно-білкових напівфабрикатів та їх подальшого використання. Такі термодинамічні параметри як дисперсність та міцність є найважливішими характеристиками стану молочних систем, зміни яких істотно впливають на отримання готового продукту.

Визначено вплив кількості внесення коагулянтів (соку *Plantago major* L./ *Rumex acetósa* L.), в підготовлене молоко на процес структуроутворення при отриманні білково-трав'яного напівфабрикату. Використовували дослідні зразки з різною кількістю цих коагулянтів. Контролем обрано два зразки: 1 – напівфабрикат отриманий з використанням ферменту рослинного походження ТМ «VIVO», 2 – отриманий за допомогою термокислотної коагуляції білків молока в присутності молочної сироватки з титрованою кислотністю 190 ± 2 °Т.

Результати досліджень структурно-механічних властивостей напівфабрикатів білково-трав'яних представлені в таблиця 4.1.

Таблиця 4.1. Структурно-механічні властивості НФБТ

Вид коагулянту	Кількість внесення коагулянту, %	Одиниці penetрації, мм
Контроль 1	Рекомендація виробника ТМ «VIVO»	13,8±0,2
Сік <i>Plantago major</i> L.	7	14,5±0,1
	8	14,1±0,1
	9	13,5±0,2
	10	13,0±0,2
Контроль 2	10 % кислої сироватки	10,6±0,1
Сік <i>Rumex</i>	5	11,9±0,3
	7	10,8±0,1
	9	7,2±0,2

Згідно результатів максимально наближене значення пенетрації до контролю мають зразки отримані осадженням білків молока соком *Plantago major* L. в кількості 8 % та зразок із 7 % соку *Rumex* відповідно. Зразок з внесенням 9 % соку щавлю, що відповідає $7,2 \pm 0,2$ одиницям пенетрації, має більш твердоподібну, без здатності до легкого розмазування текстуру. Процес зсідання, вид та кількість коагулянту впливає на міцність молочного згустку.

Для вироблення напівфабрикатів білково-трав'яних відповідної якості необхідно врахувати зміни, що відбуваються в білковій фазі молока в процесі осадження. Як відомо, одним з основних параметрів таких напівфабрикатів є консистенція отриманого продукту. Проводили фіксацію структури згустку мікроскопічним методом.

З метою визначення особливостей будови білково-трав'яного згустку, отриманого із застосуванням соку *Plantago major* L., проводили порівняльні дослідження мікроструктури контрольного і дослідного зразків (рисунок 4.1.). Результати мікроструктурного аналізу були порівняні з даними, отриманими при оцінці якісних показників зразків молочно-білкового концентрату, отриманого з препаратом ТМ «VIVO».

Мікроструктура білково-трав'яного згустку (таблиця 4.2, рисунок 4.1.) являє собою конгломерати з ущільненою білковою структурою та мікропорожнечі неправильної форми.

Таблиця 4.2. Параметричні характеристики мікроструктури НФБТ, мкм

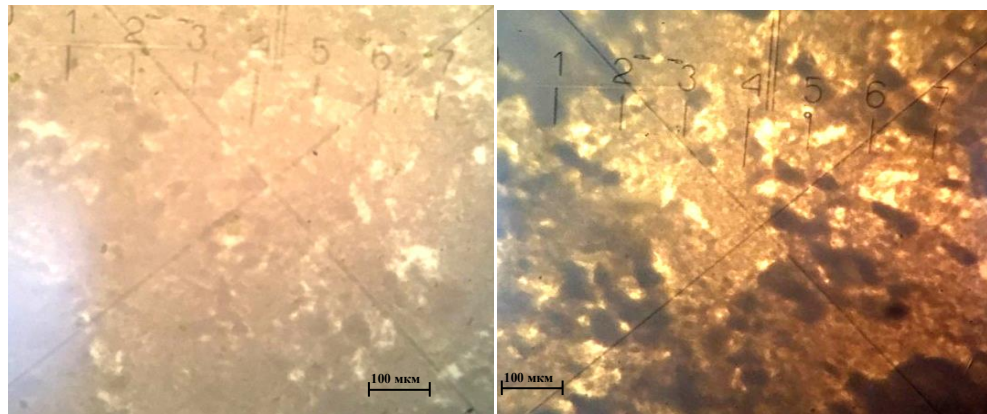
Напівфабрикат	Ділянки з ущільненою білковою структурою	Мікропорожнечі
Контроль	50–370	30–140
НФБТ	40–450	40–80

Мікроструктура НФБТ має свої відмінності (рисунок 4.1 та таблиця 4.3).

Таблиця 4.3. Характеристика мікроструктури НФБТ

Білковий згусток	Характеристика мікроструктури
Контроль	Однорідна, що складається з суцільних дрібнодисперсних білкових агрегатів, між якими розташовані мікропорожнечі неправильної форми;

НФБТ	Суцільні крупнодисперсні та дрібнодисперсні білкові агрегати, між якими зустрічаються поодинокі вкраплення мікропорожнеч. Серед білкових конгломератів зустрічаються поодинокі включення – волокна рослинної сировини довжиною до 180 мкм
------	---



а)

б)

Рис. 4.1. Мікрофотографії дослідних зразків: а) контроль; б) НФБТ отриманий з використанням соку *Plantago major* L. в кількості 8 ± 1 %

Очевидно (рисунок 4.1.), що мікроструктура зразків, сформована в присутності соку *Plantago major* L. мала відмінні риси від контролю. Так, в дослідних зразках, вироблених з активним комплексом дикоросу, можна бачити більшу кількість структурних одиниць в білковому згустку. Вони мають виражену гомогенну консистенцію. Їх мікроструктура більш однорідна і включає рівномірно розподілені мікропори мінімального розміру. На мікрофотографіях зразків НФБТ отриманого з соком *Plantago major* L. білкова структура складається з частинок більш щільно пов'язаних між собою, ніж в контрольному зразку. Структура згустку має більш розвинену просторову конфігурацію – «каркас», характерний для зв'язано дисперсних систем, що, перешкоджає вільному взаємному переміщенню його ланок. Більша жорсткість структури забезпечує найкращі для дослідного зразку структурно-механічні характеристики і вологоутримуючу здатність.

У зразках білково-трав'яного напівфабрикату такий компонент як жир розподілений рівномірно у вигляді невеликих включень. Дисперсність жирових компонентів в модельних зразках визначається структурою білкового згустку.

4.2. Перехід поліфенольних сполук в напівфабрикати білково-трав'яні при осадженні соком *Plantago major* L. білків молока

Для визначення ступеня переходу біологічно активних речовин в НФБТ було проаналізовано поліфенольний склад коагулянту – соку з наземної частини подорожнику та сироватки – отриманої при осадженні білків молока. Дестабілізація колоїдного стану золю міцели казеїну відбувається в основному під дією протеолітичних ферментів, органічних кислот (зміни величини рН). Молочний гель представляє собою структуру, що складається з гелевого каркасу, заповненого сироваткою. Характерною особливістю гелю є синерезис – зниження водоутримуючої здатності під впливом температури, величини рН та механічної дії (Остроумов, & Хуснуллина, 2010). В класичному варіанті молочно-білкові концентрати містять лише казеїнову фракцію молочних білків. Для досліджень проводили коагуляцію білків молока протеазами та органічними кислотами *Plantago major* L.

Для якісного визначення біологічно активних речовин вимірювали спектри поглинання характерні для даних сполук. З досліджуваних зразків розчином спирту повністю вивільняються флавоноїди, і спектри поглинання розчинів мають смуги, відповідні фенольним сполукам (225-350 нм).

Вміст досліджуваних речовин в спиртовому екстракті ($C_{екстр}$ мг/л) та в соці *Plantago major* L. (C мг/л_{соку}), які були ідентифіковані як флавоноїди, представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Вміст флаваноїдів у соці *Plantago major* L.

Пік	T утрим.	індекс відповідності, I_L	Ідентифікація	λ , нм	S (y.e.)	$C_{екстр}$ р мг/л	C мг/л соку
20	10,052	0,787	catechin-L	225	569483	11,92	23,85
21	10,645	0,673	catechin-L	225	221883	4,65	9,29
22	11,021	0,658	catechin-L	225	12590	0,26	0,53

23	11,494	0,719	catechin-L	225	78780	1,65	3,30
25	12,240	0,891	naringin-L	286	25290	1,21	2,42
26	12,502	0,650	hesperidin-L	286	10619	0,69	1,38
27	12,769	0,844	catechin-L	225	464447	9,73	19,45
30	14,036	0,843	catechin-L	225	24309	0,51	1,02
31	14,258	0,747	catechin-L	225	344752	7,22	14,44
32	14,524	0,685	myricetin-L	255	23669	0,73	1,47
37	16,096	0,934	catechin-L	225	44374	0,93	1,86
38	16,267	0,843	catechin-L	225	248952	5,21	10,43
39	16,865	0,875	catechin-L	225	145150	3,04	6,08
40	17,125	0,938	Naringin	286	31679	2,06	4,12
44	18,461	0,807	Hesperidin	286	95157	4,55	9,10
50	20,256	0,933	rutin-L	255	268823	15,25	30,50
51	20,567	0,672	apigenin-L	350	2348	0,07	0,14
55	21,876	0,823	naringin-L	286	27823	1,33	2,66
56	22,201	0,713	rutin-L	286	2519	0,11	0,22
57	22,534	0,624	apigenin-L	350	3904	0,12	0,23
58	22,899	0,739	Luteolin	350	8030	0,15	0,29
61	25,639	0,854	quercetin-L	255	34893	0,90	1,79

Вміст речовин в зразку сироватки, отриманої при осадженні білків молока соком *Plantago major* L., які були ідентифіковані як флаваноїди, представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Вміст флаваноїдів в сироватці отриманої при осадженні білків молока соком *Plantago major* L.

Пік	T утрим.	Індекс відповідності, I _L	Ідентифікація	λ, нм	S (y.e.)	C _{екстр} МГ/Л	C _{зразку} МГ/Л
15	9,151	0,863	Catechin	225	162942	3,41	6,82
17	10,000	0,881	catechin-L	225	84781	1,78	3,55
19	11,480	0,759	catechin-L	225	20216	0,42	0,85
21	12,874	0,872	catechin-L	225	28707	0,60	1,20

23	14,310	0,898	catechin-L	225	485960	10,18	20,35
24	14,711	0,613	myricetin-L	255	16290	0,50	1,01
27	16,140	0,954	catechin-L	225	12055	0,25	0,50
28	16,407	0,843	catechin-L	225	9944	0,21	0,42
30	17,049	0,954	Naringin	286	1333	0,06	0,13
33	18,436	0,836	Hesperidin	286	6972	0,45	0,91
38	19,787	0,642	rutin-L	255	4058	0,23	0,46
39	20,253	0,820	luteolin-L	350	25057	0,45	0,91

Ідентифікацію проводили шляхом подібності часу утримання (Т утрим.) досліджуваних речовин та індексу подібності (I_L), що вказує на схожість між речовиною і стандартом за спектральними характеристиками, до якого речовина є більш схожою.

Більшу кількість флаваноїдів ідентифіковано при довжині хвилі (λ) 225 нм, за якою було проведено калібрування залежності «площа піку-вміст» (S) для конкретного стандарту.

Оформлення виду – Quercetin – відносяться до точно ідентифікованих речовин. Оформлення виду rutin-L (рутиноподібні) - речовина відноситься до тієї ж групи поліфенолів, що і rutin, тобто в даному випадку це флавонол, і є глікозидом (або агліконом в залежності від назви стандарту, наприклад, rutin - глікозид, quercetin - аглікон, daidzin - глікозид, daidzein - аглікон).

В процесі дослідження було визначено речовини (не включено до таблицях 4.3, 4.4), які не ідентифіковано через низьке значення індексу подібності зі стандартами. Їх вміст визначено за стандартом, схожість з яким було найбільша.

Належність речовин до поліфенолів встановлювали за піками на хроматограмах (рисунок 4.2, 4.3) соку подорожника та молочної сироватки після осадження білків трав'яним коагулянтном.

Отримані результати представлені на хроматограмах (рисунок 4.2, 4.3.).

Склад флавоноїдів соку *Plantago major* L. багатокомпонентний. При дослідженні виду спектру поглинання спиртового вилучення з соку наземної частини подорожнику великого встановлено, що максимум знаходиться при довжині хвиль 225-350 нм. З 22 виділених флавоноїдів 9 речовин являються 6-оксифлавонами, для яких характерне наявність максимуму в межах 255-285 нм.

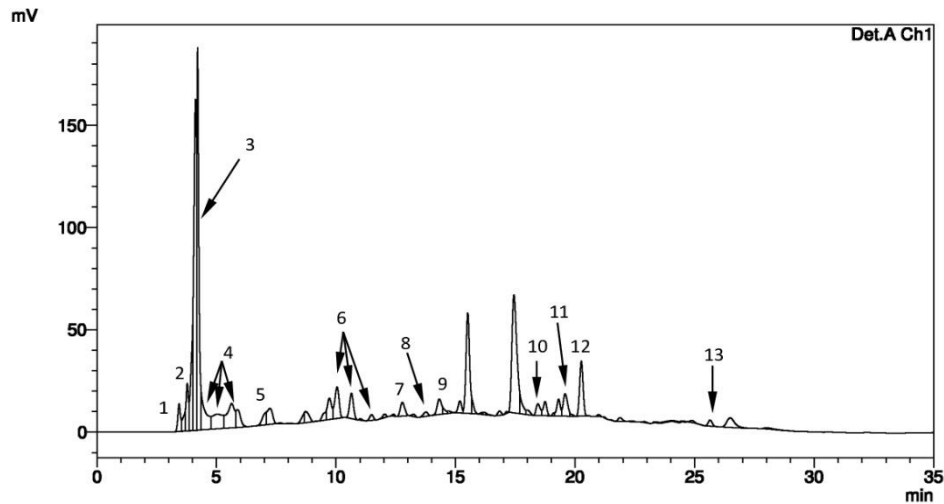


Рис. 4.2. Хроматограма соку *Plantago major* L.: катехіноподібні (1-5), катехіни (6-7, 9), фенольні кислоти (8, 11), гесперидин (10), флавонол (глікозид) (12), флавонол (аглікон) (13).

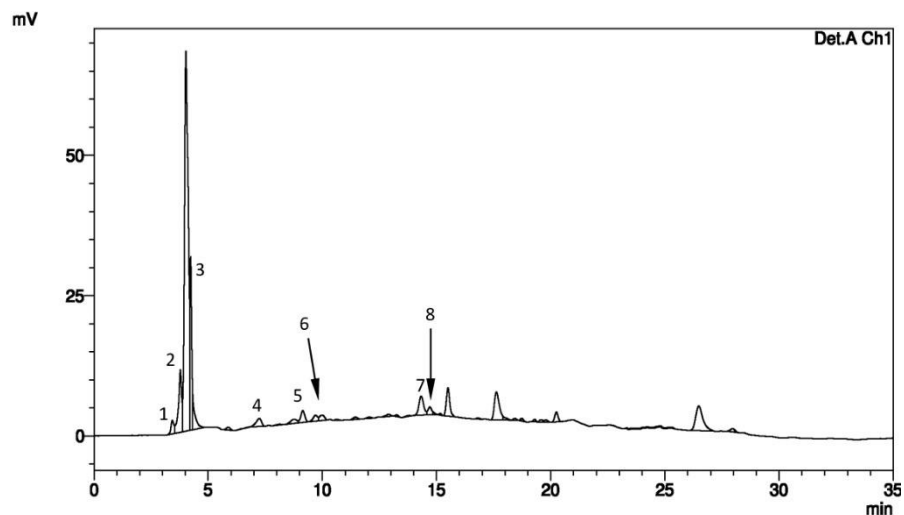


Рис. 4.3. Хроматограма молочної сироватки після осадження білків молока соком *Plantago major* L.: катехиноподібні (1-4), катехін (5), катехіни (6, 7), глікозиди мірицетина (8).

Загалом в сироватці трав'яній, що була вилучена після осадження білків молока активним комплексом *Plantago major* L., ідентифіковано 12 сполук

класу флавоноїдів, що на 10 менше, порівняно з їх вмістом в соці *Plantago major L.* Ймовірно, це пов'язано з тим, що значна кількість поліфенольних сполук з соку перейшла до напівфабрикату білково-трав'яного під час осадження.

Загальний вміст поліфенолів у всіх досліджуваних зразках визначали підсумовуванням вмісту речовин, виявлених в діапазоні піків флавоноїдів, нефлавоноїдів і фенольних кислот на хроматограмах. Поліфеноли, піки яких, розташовувалися поза області піків катехінів, але зі спектральними характеристиками катехінів, відносили до групи катехіноподібних і не вважали їх флавоноїдами. Їх вміст становив 1036,72 та 166,53 мг/л відповідно в соці подорожника та сироватки.

Загальний вміст флавоноїдів у всіх досліджуваних зразках дорівнював вмісту речовин, які мають схожість зі стандартами флавоноїдів (фенольні кислоти, катехіни, флавоноли, флавонони та флаволи) за винятком катехіноподібних речовин. Флавоноли представлені глікозидами мірицитина; нарінгін та гесперидин входять до складу флавононів; флаволи в кількісному значенні мають найменшу кількість, та представлені лютеоліном та його глікозидами і глікозидами апігенина. Вміст фенольних кислот, коливався на рівні 12,36 мг/л для соку подорожника і 0,07 мг/л для забарвленої сироватки. Результати дослідження представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Загальний склад та вміст поліфенолів в зразках соку подорожника та сироватки

Група поліфенолів	Вміст, мг/л	
	Сік <i>Plantago major L.</i>	Сироватка
Фенольні кислоти	12,36	0,07
Катехіни, в тому числі окремі речовини:	90,25	33,69
- катехин		6,82
Катехіноподібні*	1036,72	166,53
Флавоноли, в тому числі окремі речовини:	33,98	1,47
- глікозиди мірицитина	1,47	1,01
Флаванони, в тому числі окремі речовини:	19,68	1,04
- нарінгін	4,12	0,13

- гесперидин	9,1	0,91
Флаволи, в тому числі окремі речовини:	0,52	0,31
- лютеолін	0,29	-
- гликозиди апігенина	0,23	-
- гликозиды лютеолина		0,31
Неідентифіковані	217,62	120,72
Сумма поліфенолів	1411,13	324,43

* – катехиноподобні – поліфеноли, піки яких розташовані поза області піків катехінів, але зі спектральними характеристиками катехінів.

Взаємодія поліфенолів з білками залежить від структури як поліфенолу, так і білка, а також рН розчину, іонної сили, температури, співвідношення поліфенол – білок (Yildirim-Elikoglu, 2018). Згідно досліджень, зв'язування поліфенолів з різними білковими ланцюгами призводить до повного або часткового «розгортання» останніх (Vandyopadhyay et al., 2012).

Отже, зміна нативного стану білка супроводжується втратою організованої структури молекули білків без порушень ковалентних зв'язків в них. В даному випадку денатурації як казеїну, так і сироваткових білків, сприяє підвищення температури і ведення процесу в присутності активного комплексу *Plantago major L.* Під час денатурації білків руйнуються водневі зв'язки і дисульфідні містки, що визначають просторову структуру їх молекул, це супроводжується зміною конфігурації, гідратації та агрегатного стану часток. Розрив внутрішньо молекулярних зв'язків підвищує реакційну здатність молекул, в результаті чого утворюються комплекси між пептидами і фенольними сполуками.

На другій стадії – коагуляційній, дестабілізовані міцели білкової молекули силами молекулярної взаємодії і кальцієвими «містками» об'єднуються в агрегати, потім в ланцюжки, які згодом повздовжніми і поперечними зв'язками структуруються в просторову сітку. При цьому проходить захоплення молекул поліфенольних сполук. На завершальному етапі відбувається структуроутворення і зміцнення згустку білково-поліфеноліфенольних комплексів. Кількісне відображення цього механізму

представлено в таблиці 4.5, де різниця між значеннями вмісту поліфенолів в соці та сироватці показує ступінь переходу їх в напівфабрикат білково-трав'яний.

Поліфеноли мають ідеальну структуру для поглинання вільних радикалів і є більш ефективними антиоксидантами *in vitro*, ніж вітаміни Е і С (Золотарьова, Подорванов, & Дубина, 2017).

За результатами вимірювань та розрахунків зафіксована сума поліфенолів у соці подорожнику – 1411,13 мг/л, а у сироватці – 324,43 мг/л. Вміст флавоноїдів становить 144,57 мг/л та 37,11 мг/л відповідно.

4.3. Дослідження безпечності напівфабрикатів білково-трав'яних в умовах *in vivo*

Незважаючи на наявність даних про позитивний вплив *Plantago major* L. на організм людини, інформації, щодо трансформації його властивостей після обробки та в складі молочно-білкових виробів не достатньо. Доцільно здійснити дослідження оцінки нешкідливості впливу на клініко-фізіологічні показники лабораторних щурів в умовах «*in vivo*» НФБТ для виготовлення яких було використано рослини-дикороси.

Дослідження проведено на 16 клінічно здорових безпородних щурах вагою 280 ± 15 г та віком 100 ± 5 днів, яких попередньо тримали в умовах карантину 5 діб.

Тривалість досліду складала 30 діб за схемою представленою в розділі 2.3.2. Проводили контроль маси піддослідних щурів, спостерігаючи за фізіологічним станом. Ступінь виживання тварин була на рівні 100%.

У щурів всіх груп показано збільшення середньодобових приростів живої маси протягом експерименту, зміну якої в процесі дослідження наведено в таблиці 4.6.

Тривале згодовування щурам напівфабрикату білково-трав'яного не вплинуло негативно на ріст та розвиток тварин. Наявний незначний приріст.

Таблиця 4.6. Динаміки накопичення живої маси (г) контрольної та дослідної груп щурів

Група щурів	Тривалість експерименту, діб				Загальний приріст, %
	1		30		
	Вага щурів, г	Приріст, г	Вага щурів, г	Приріст, г	
1-ша (дослід)	280±15	-	303±5,8	23	108,06
2-га (контроль)	280±15	-	290±6,2	10	103,55

Так, прирости після закінчення експериментів склали для тварин 1-ї групи 108,06 %, 2-ї – 103,55 %. Ймовірно, це пов'язано з тим, що сік подорожнику, що входить до складу білково-трав'яного напівфабрикату підсилює секрецію шлункового соку.

У групі дослідних щурів було відмічене краще споживання корму, водоспоживання при цьому залишалось звичайним, видимі слизові оболонки були рожевими, шерсть чиста, блискуча, калові маси сформовані, розладів шлунку не відмічалось. Реакція на зовнішні подразнювачі у дослідних тварин була аналогічна контрольній групі.

Встановлено, що формула крові дослідної та контрольної груп майже однакова, а гематологічні показники відповідають нормі – це свідчення про відсутність негативного впливу на організм щурів вживання напівфабрикату білково-трав'яного.

Аналіз впливу НФБТ на клініко-фізіологічні показники щурів при введенні їх в раціон протягом 30 діб показав, що тварини всіх груп стабільно набирали масу протягом усього експерименту.

Проведені дослідження показали, що споживання в складі змішаного раціону модифікованого молочно-білкового напівфабрикату в технології якого використовували сік *Plantago major L.*, протягом 30 діб не викликає яких-небудь відхилень фізіологічного стану лабораторних щурів, не призводить до інтоксикації чи загибелі тварин. Даний НФБТ засвоюється тваринами так само, як і молочно-білковий продукт, вироблений за традиційною технологією.

4.4. Дослідження активності води та стану вологи в напівфабрикатах білково-трав'яних

Дослідження активності води напівфабрикатів білково-трав'яних проводили згідно методики, що вже використана для молочно-білкових концентратів і є достатньо інформативною (Sukmanov, Sklyarenko, 2012). Технологічні та споживчі властивості, термін зберігання таких виробів багато в чому визначається властивостями води, що в них міститься (Грек, Онопрійчук, Пасічний, Пшенична, & Чубенко, 2018). Рівень активності води фіксує вплив інтенсивності реакцій, таких як окислення ліпідів, активність ферментативних, мікробіологічних та інших процесів. За допомогою показника активності води встановлюється взаємозв'язок між наявністю в продукті доступної для мікроорганізмів води та ймовірність життєдіяльності тих чи інших видів мікрофлори (Gustavo, & Barbosa-Cánovas, 2007).

Таким чином, контролюючи показник «активність води» (A_w), можна прогнозувати оптимальні умови та здатність до зберігання. За рівнем «активності води» виділяють продукти з високою вологістю ($A_w = 1,0-0,9$), продукти з проміжною вологістю ($A_w = 0,9-0,6$) і продукти з низькою вологістю ($A_w = 0,6-0,0$).

Значення «активності води» в напівфабрикатах білково-трав'яних представлено в таблиці 4.7.

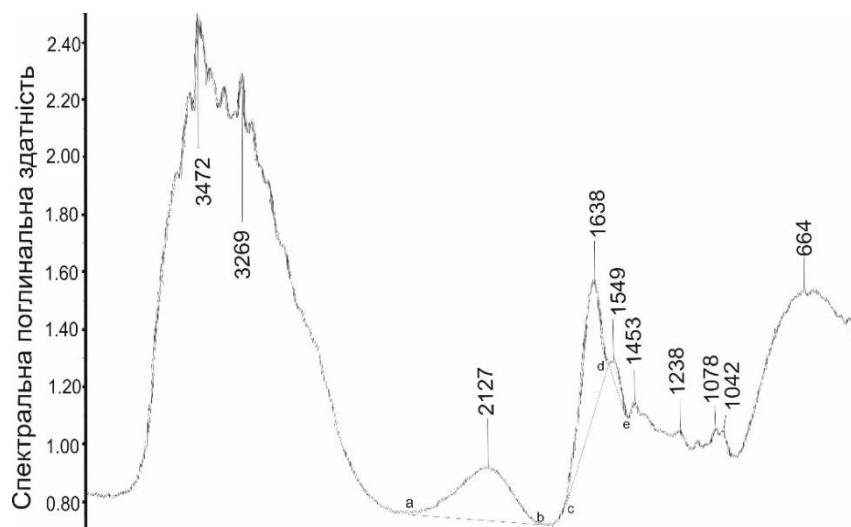
Таблиця 4.7. A_w в напівфабрикатах білково-трав'яних ($n = 3, p \geq 0,05$)

Вид коагулянту	Кількість внесення коагулянту, %	A_w
Контроль 1	Рекомендація виробника ТМ «VIVO»	0,968
Сік <i>Plantago major L.</i>	7	0,971
	8	0,968
	9	0,963
	10	0,956

Контроль 2	–	0,961
Сік <i>Rumex acetosa</i> L.	5	0,970
	7	0,962
	9	0,947

Досліджувані НФБТ відносяться до високовологих продуктів харчування ($A_w = 1,0-0,9$). Більша частина вологи знаходиться у вільному, не зв'язаному стані, що дає можливість розвитку біохімічних та окислювальних процесів. Такі напівфабрикати мають досить обмеженим термін зберігання за відповідних температурних умов. Різниця в значеннях між контролем і дослідними зразком не суттєва, що дає підставу не уточнювати умови зберігання НФБТ, а застосовувати прийняті у виробничих умовах параметри – температура 4 ± 2 °C та тривалість 72 год.

В результаті дослідження методом ІЧ-спектроскопії стану вологи як в контролі, так і в НФБТ, отриманого з використанням соку *Plantago major* L. (масова частка вологи – 52,77 %, ВУЗ – 62,36%, рН – 6,12), було зафіксовано віднесення смуг пропускання ІЧ-спектрів дослідних зразків та ідентифікацію функціональних груп. Приклади графічного зображення контролю та зразка НФБТ представлено на рисунку 4.4 (а, б).



а)

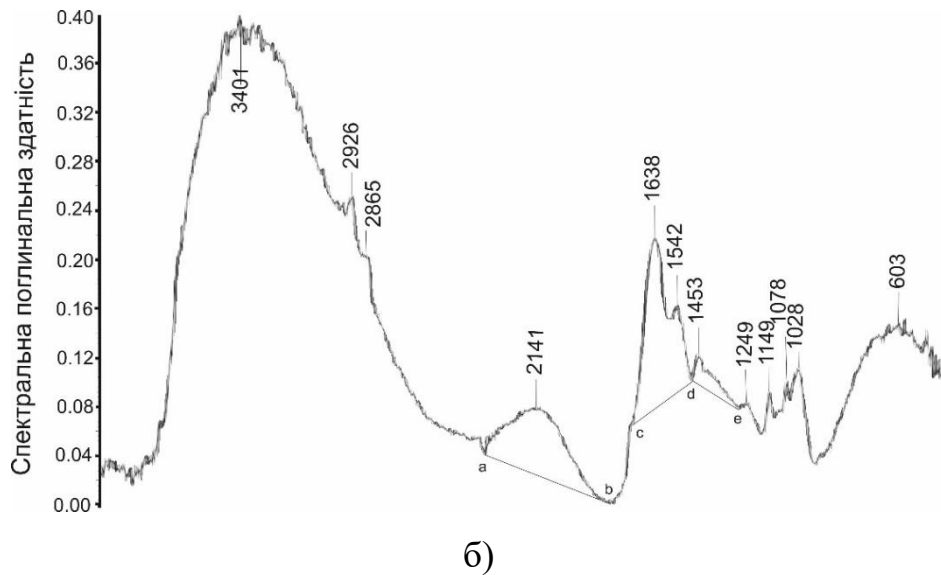
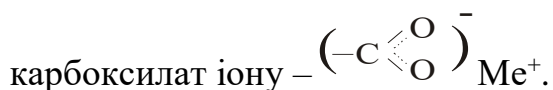


Рис. 4.4. Інфрачервоні спектри пропускання зразків напівфабрикатів: а – молочно-білкового (контроль); б – НФБТ

При порівнянні спектрів досліджених зразків спостерігається схожість основних смуг (рисунок 4.4.). Видно, що спектр напівфабрикату, отриманого осадженням білків молока з використанням ферменту рослинного походження ТМ «VIVO», відрізняється від спектрів НФБТ присутністю смуг поглинання 3269 см^{-1} . Широка смуга поглинання в області $3400\text{-}3200\text{ см}^{-1}$ зумовлена валентними коливаннями Н-зв'язаних ОН-груп.

Поява в ІЧ-спектрі інтенсивної смуги валентних коливань $\text{C}=\text{O}$ -груп при 1638 см^{-1} свідчить про деформаційне коливання адсорбційно-зв'язаної води.

Смуги поглинання при $1550\text{-}1542\text{ см}^{-1}$ зумовлені деформаційним коливанням NH -груп амінокислот білкової частини НФБТ. Як видно з рисунка 4.4 (а, б), дана смуга присутня у всіх спектрах. Смуга 1549 см^{-1} характерна для карбоксилат іону



Широка смуга в області $2133\text{-}2127\text{ см}^{-1}$ відноситься до рухливого протона, що здатен утворювати Н-зв'язки «місткового» типу. Утворена смуга в даній області вказує на присутність слабкозв'язаної вологи. В спектрах білково-трав'яного згустку зареєстровані невеликі зміни в районі коливань C-H і O-H зв'язків порівняно зі спектром молочно-білкового згустку. Поява смуг поглинання валентних коливань OH -груп до $2962\text{-}2865\text{ см}^{-1}$ свідчить про

утворення карбоксильних груп. У всіх зразках спостерігаються смуги 1449, 1453 cm^{-1} , що вказують на деформаційні коливання метильних і метиленових груп матриці. Ряд смуг в області 1243-1041 cm^{-1} відноситься переважно до зв'язків С-О, С-С матриці.

З метою вивчення механізму адсорбції різних типів Н-зв'язаної вологи в НФБТ обраховано відносну інтенсивність смуг пропускання, де R_1 – показник міцнозв'язаної вологи; R_2 – показник слабкозв'язаної вологи. Розрахунок площ виконано за методом трикутника. В якості базових ліній взяті відповідні дотичні – ab, cd і dc. Внутрішнім стандартом обрахунків слугує смуга 1539 cm^{-1} , яка об'єктивно характеризує зміну стану вологи в зразках. Для прикладу нижче наведено обрахунок R_1 та R_2 для контролю (рисунок 4.4а):

$$R_1 = \frac{S_{1640}}{S_{1539}}; \quad R_2 = \frac{S_{2127}}{S_{1539}}$$

S – площа (або інтегральна інтенсивність) відповідної смуги.

Відносні інтенсивності різних типів Н-зв'язаної води ($X=0,95$; $n=3$; $S_{\text{ч}}=10\%$) дослідних напівфабрикатів контрольного та білково-трав'яного представлені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8. Відносні інтенсивності різних типів Н-зв'язаної води
($X=0,95$; $n=3$; $S_{\text{ч}}=10\%$)

Показники	Дослідні зразки	
	Контроль	НФБТ
R_1	9,8	7,4
R_2	14,8	10,7

Доведено ефективність методу ІЧ-спектроскопії для визначення стану вологи в НФБТ. Підтверджено, що осадження білків молока активним комплексом соку *Plantago major* L. сприяє посиленню синеретичним явищам, що візуалізуються появою в ІЧ-спектрі інтенсивної смуги валентних коливань С=О-груп при 1638 cm^{-1} – адсорбційно-зв'язаної води.

Висновки за розділом 4.

Досліджено мікроструктуру зразків НФБТ отриманих з використанням соку *Plantago major* L. виявлено, що НФБТ порівняно з контролем мали більш розвинену просторову конфігурацію. Саме «каркас» зразків отриманих з максимальним вмістом рослинного коагулянту, обумовлює більшу жорсткість структури, і тому забезпечує найкращі структурно-механічні характеристики і, відповідно, вологоутримуючу здатність.

В сироватці трав'яній, яка була вилучена після осадження білків молока *Plantago major* L., ідентифіковано 12 сполук класу флавоноїдів, що на 10 менше, порівняно з їх вмістом в соці *Plantago major* L. Ймовірно, це пов'язано з тим, що значна кількість поліфенольних сполук з соку перейшла до напівфабрикату білково-трав'яного під час коагуляції.

Зв'язування поліфенолів білками залежить від структури білкової молекули, просторового розподілу амінокислотних залишків, відповідальних за зв'язування поліфенолів, і ряду умов такої взаємодії. До того ж такий зв'язок може стати причиною зміни просторової структури білка не пов'язаного з біодоступністю обох компонентів.

При дослідженні безпечності напівфабрикату білково-трав'яного в умовах *in vivo* встановлено, що він є нетоксичним, оскільки не викликає будь-яких відхилень у розвитку досліджуваних щурів. Метаболічна ефективність при споживанні НФБТ підтверджена покращенням обмінних процесів в організмі та приростом маси тіла піддослідних тварин.

Наукові результати даного розділу дисертації були висвітлені в статтях та матеріалах конференцій (Grek, Onopriichuk, Chubenko, & Tymchuk, 2017; Grek, Kumar, Khareba, Tymchuk, Onopriichuk, & Chubenko, 2019; Grek, Pshenychna, Chubenko, & Onopriichuk, 2020; Грек, & Чубенко, 2019; Грек, & Чубенко, 2020).

РОЗДІЛ 5. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ ВИРОБІВ З ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ НА ОСНОВІ НАПІВФАБРИКАТІВ БІЛКОВО-ТРАВ'ЯНИХ

5.1. Особливості технології виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних

Результати дослідження, що проведені на попередніх етапах, необхідні та в повній мірі достатні для удосконалення технології напівфабрикатів білково-трав'яних.

Технологічний процес виробництва НФБТ здійснювали за двома схемами, в залежності від виду активного комплексу рослин-дикоросів. За першою схемою здійснювалось виробництво НФБТ термокислотним осадженням за класичних режимів, за другою схемою – ферментною коагуляцією з підігрівом.

Параметрично-технологічна та апаратурно-технологічна схеми виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних представлені на рисунках 5.1 та 5.2 відповідно.

Молоко приймають, проводять оцінку якості та сортують, перекачують відцентровим насосом (поз. 1) через деаератор (поз. 2) на лічильник (поз. 3) та на сепаратор молокоочишувач (поз. 4). Потім очищене та доохолоджене (поз. 5) за температури (4 ± 2) °C молоко зберігають не більше 6 год. Для переробки сировину підігрівають до (40 ± 5) °C в секції рекуперації на пластинчастій пастеризаційно-охолоджувальній установці (ППОУ) (поз. 10) та піддають сепаруванню (або нормалізації) (поз. 12). З метою видалення загальної кількості мікроорганізмів та пригнічення патогенної мікрофлори нормалізоване молоко пастеризують за температури (75 ± 1) °C з витримкою 15-20 с в ППОУ (поз. 10). При другому осадженні молока активним комплексом *Plantago major* L. нормалізоване молоко охолоджують до температури $(50...65)$ °C.

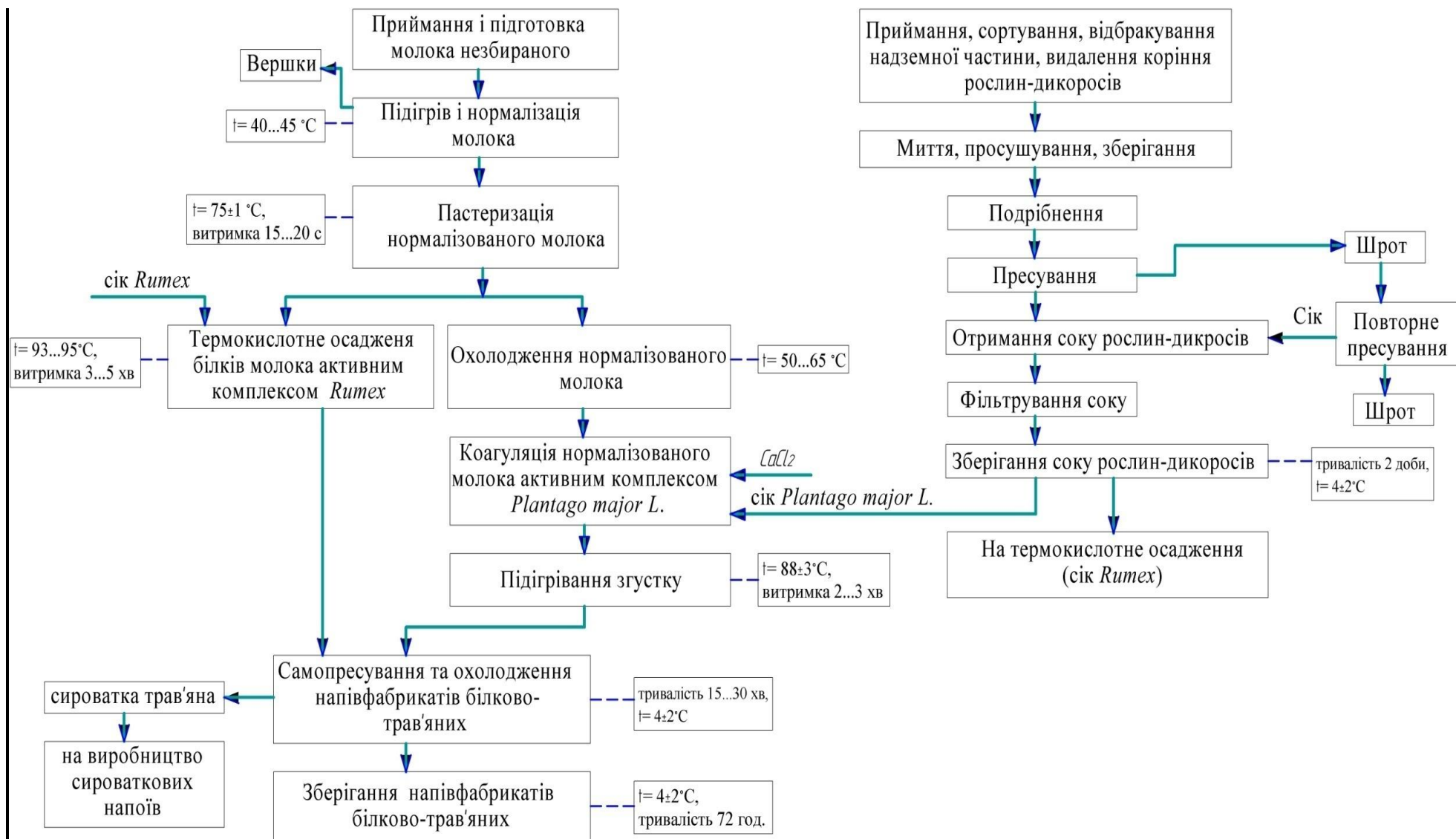
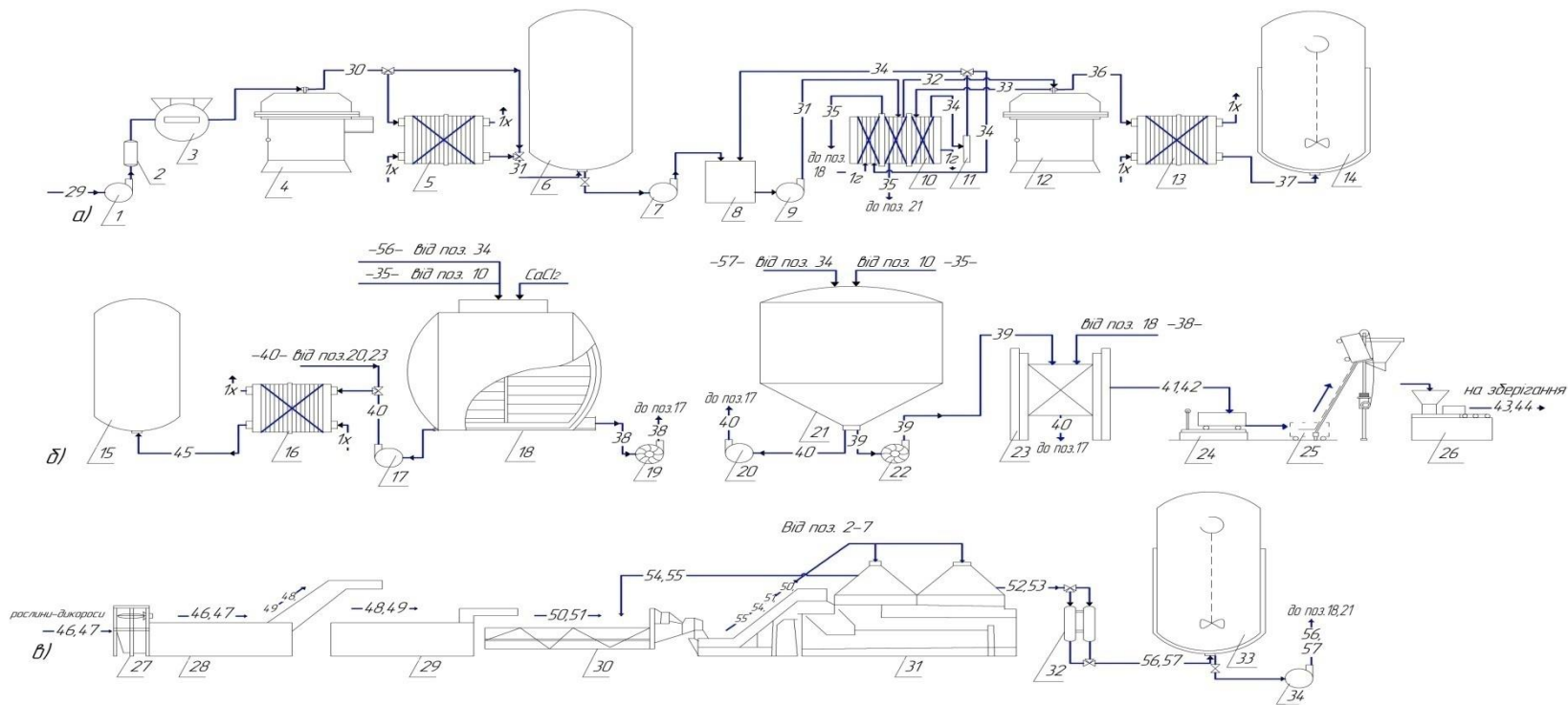


Рис. 5.1. Параметрично-технологічна схема виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних



Умовні позначення

-1- вода, -1х- вода холодна, -1г- вода гаряча, -29- молоко нездиране, -30- молоко нездиране очищене, -31- молоко нездиране очищене охолоджене, -32- молоко підігріте до температури нормалізації, -33- молоко нормалізоване, -34- пастеризоване нормалізоване молоко, -35- молоко нормалізоване охолоджене до температури коагуляції, -36- вершки, -37- охолоджені вершки, -38- напівфабрикат дірково-трав'яний отриманий коагуляцією соком *Plantago major* L., -39- напівфабрикат дірково-трав'яний триманий коагуляцією соком *Rumex acetosa* L., -40- сироватка трав'яна, -4,1,4,2- підпресовані НФБТ -4,3,4,4- фасовані НФБТ, -45- охолоджена сироватка трав'яна, -4,6- *Plantago major* L., -4,7- *Rumex acetosa* L., -4,8,4,9- промиті та просушені рослини-дикороси, -50,51- подріднені до гомогенного стану рослини-дикороси, -52,53- сік рослин-дикоросів, -54,55- шрот росли-дикоросів, -56,57- профільтрований сік *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L.

а) приймання та первинна обробка молока нездираного і загальні операції його оброблення: 1,7,9,17,20,34-насос відцентровий; 2-деаератор, 3-лічильник; 4-сепаратор-молокоочишник; 5,13,16-пластинчастий охолоджувач; 6-резервуар для зберігання молока; 8-зрівноважувальний датчик; 10-пластинчаста ПОУ; 11-панель керування; 12-сепаратор-нормалізатор; 14-резервуар для зберігання вершків.

б) виробництво напівфабрикатів дірково-трав'яних: 15-резервуар проміжний для сироватки трав'яної; 18,21-коагулятор; 19,22-насос для діркового зерна; 23-модуль для пресування напівфабрикатів дірково-трав'яних; 24-ваги; 25-підйомник для візка; 26-фасувальний автомат.

в) отримання соку з рослин-дикоросів (*Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L.): 27-підйомник; 28-машина мийна конвеєрна; 29-бункр для тимчасового зберігання; 30-подріднювач; 31-прес; 32-фільтр; 33-резервуар для тимчасового зберігання соку *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L.

Рис. 5.2. Апаратурно-технологічна схеми виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних

Підготовка рослин-дикоросів передбачає наступні операції: наземну частину *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. миють і просушують (поз. 28). Свіжу рослинну сировину двічі пропускають через вальці (поз. 30). Подрібнену мезгу загортають в полотняні мішки, які поміщають в циліндр преса і пресують під тиском на гідравлічних пресах (поз. 31). В результаті пресування отримують 65-70% соку. Шрот вдруге подрібнюють на вовчках (поз. 30), віджимають на пресі і отримують ще 10% соку. Від зважених частинок матеріалу соки очищають (поз. 32) за температури не вище 8 °С. Терміни зберігання соків *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. – 2 доби за температури (4 ± 2) °С.

Термокислотне осадження білків молока активним комплексом Rumex acetósa L. Підтримуючи вищевказану температуру в пастеризоване молоко додають сік *Rumex acetósa* L. з рН $3,1 \pm 0,1$ в кількості $(7 \pm 0,5)$ % від маси молока і проводять термокислотне осадження білків молока за температури 93...95 °С з витримкою 3...5 хв в коагуляторі (поз. 21).

Коагуляція нормалізованого молока активним комплексом *Plantago major* L. проходить в наступній послідовності. В нормалізовану охолоджену до температури коагуляції молочну суміш вносять хлорид кальцію у вигляді 40%-го водного розчину із розрахунку 40 г безводної солі на 100 кг молока та сік *Plantago major* L. у кількості 8 ± 1 %. Процес коагуляції молока проводять за температури 50...65 °С з витримкою від 50 до 90 хв (поз. 18). Згусток розрізають на кубики з розміром 2x2 см. Потім підігривають згусток до температури 88 ± 3 °С і витримують 2...3 хв.

За будь якою схемою отримані напівфабрикати білково-трав'яні піддають самопресуванню або пресуванню протягом 15...30 хв та визначають масову частку вологи НФБТ (не вище 75,0 %) (поз. 23). Після закінчення оброблення напівфабрикати фасують (поз. 26) та охолоджують до температури не вище (4 ± 2) °С і направляють на зберігання або подальшу переробку.

Органолептична оцінка сироватки трав'яної, отриманої в результаті осадження білків молока рослинними коагулянтами, а саме соком *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L., наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Органолептичні показники молочної сироватки трав'яної

Найменування показника	Кількість соку при осадженні білків молока, %			
	<i>Plantago major</i> L			<i>Rumex acetósa</i> L.
	7	8	9	7
Консистенція та зовнішній вигляд	Злегка каламутна рідина, з видимими включеннями білку, який згодом випадає в осад	Однорідна, прозора рідина, з незначними включеннями білку		Однорідна, прозора рідина, з наявністю незначної кількості осаду
Смак і аромат	Молочний, з ледь помітним трав'яним ароматом	Злегка гіркуватий, з приємним трав'яним запахом та присмаком		Молочний, з ледь помітним трав'яним ароматом
Колір	Зеленуватий, рівномірний за об'ємом	Насичений зелений, рівномірний за об'ємом		Зеленуватий, рівномірний за об'ємом

Отримані зразки молочної сироватки мали відповідні відтінки, що обумовлено наявністю специфічних барвних речовин – флавоноїдних пігментів та хлорофілу у соці подорожника (Pavliuk et al., 2019). Хлорофіл, який локалізований в хлоропластах, знаходиться в неоднорідному стані, з'єднаний з білками та ліпідами за допомогою адсорбційних або хімічних зв'язків, здійснює позитивну фізіологічну дію при споживанні продуктів харчування.

Показники оптичної густини каламутності та кольоровості молочної сироватки трав'яної важливі для визначення шляхів її використання на технологічні цілі. Оптична густина, що характеризує каламутність та кольоровість молочної сироватки трав'яної наведена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Оптична густина, що характеризує каламутність та кольоровість молочної сироватки трав'яної (n=3, p≤0,05)

Кількість рослинного коагулянту при осадженні білків молока, %	Сироватка трав'яна після осадження білків молока соком <i>Plantago major L</i>	
	D _к , ум. од.	D, ум. од.
7	1,953±0,058	1,127±0,034
8	1,625±0,049	1,233±0,037
9	1,547±0,046	1,295±0,039
Контроль*	1,605±0,048	1,255±0,038

*Напої сироваткові забарвлені «Актуаль» (зі смаком неоновий мохіто) виробника ТОВ «Данон Дніпро» (ТУ У 15.5 – 31489175 – 004:2007).

Показники оптичної густини, до та після фільтрування, для сироватки трав'яної, отриманої в результаті осадження молока соком *Plantago major L*. зафіксовано на рівні 1,55...1,95 ум. од. та 1,13...1,29 ум. од., а для *Rumex acetosa L.* – 1,609±0,044 ум. од. та 1,262±0,33 ум. од. відповідно, що незначно відрізняється від контрольних значень.

Згідно даних у таблиці 5.2., зі збільшенням кількості рослинного коагулянту для осадження білків молока від 7 % до 9 % – значення оптичної густини для каламутності (D_к) сироватки забарвленої зменшується на 0,406 ум. од. для сироватки трав'яної після осадження білків молока соком *Plantago major L*. Даний ефект пов'язаний з механізмом осадження білків молока та підвищенням ступеня переходу казеїну і максимальної кількості сироваткових білків в напівфабрикати білково-трав'яні (Grek et al., 2020).

Показники оптичної густини, що характеризують кольоровість навпаки збільшуються з підвищенням кількості коагулянту від 7 % до 9 % на 0,168 ум. од. для сироватки трав'яної після осадження білків молока соком *Plantago major L*. Ймовірно, це пов'язано зі збільшенням ступеня переходу специфічних барвних речовин – хлорофілу, поліфенольних сполук, в тому числі флаваноїдів та антоціанів, рослинної сировини у НФБТ та сироватку. Однак, майже всі ці значення мають відхилення від контрольних зразків – сироваткових напоїв відповідного забарвлення до 5 %.

Зміна масової частки сухих речовин у молочній сироватці трав'яній залежно від кількості та виду рослинного коагулянту наведена на рисунку 5.3.

Масова частка сухих речовин молочної сироватки трав'яної коливається від 6,8 % до 8,5 %, в тому числі білку 0,9...1,3 % та залежить від кількості рослинного коагулянту при осадженні білків молока.



Рис. 5.3. Масова частка сухих речовин у молочній сироватці трав'яній залежно від кількості рослинного коагулянту

Так, вміст білку у молочній сироватці трав'яній становив в середньому $1,3 \pm 0,04$ % після осадження з використанням 7 % соку *Plantago major L.*, $1,0 \pm 0,03$ % – 8 % коагулянту, та $0,9 \pm 0,036$ % при додаванні 9 % рослинного коагулянту, що свідчить про більш повне осадження казеїну та сироваткових білків органічними кислотами та активним комплексом соку *Plantago major L.* та перехід протеїнів молока у НФБТ. Зберігається аналогічна тенденція і для соку *Rumex acetosa L.*, щодо показників масової частки сухих речовин сироватки. При використанні $7,0 \pm 0,5$ % соку *Rumex* для осадження білків молока цей показник склав $6,4 \pm 0,1$ %.

Контрольний зразок (осадження білків молока сироваткою кислотністю 190 ± 2 °Т), мав вміст білку на рівні $1,3 \pm 0,1$ %. Порівнюючи з контролем, молочна сироватка трав'яна, отримана після осадження білків молока рослинним коагулянтом у кількості 8% та 9% мала менший вміст білку на 0,3...0,4%.

Кількість рослинного коагулянту впливає на активну кислотність, змінюючи її в кислу сторону на 0,5 од. рН. За 48 год зберігання сироватки активна кислотність зменшилася у контрольному зразку на 0,3 рН, порівняно з початковим значенням 5,9 рН, у сироватці трав'яній після осадження білків соком *Plantago major* L. в середньому на 0,2 рН. На всіх етапах зберігання за температури (4 ± 2) °С сироватка трав'яна зберігала свої органолептичні показники, в тому числі інтенсивність забарвлення.

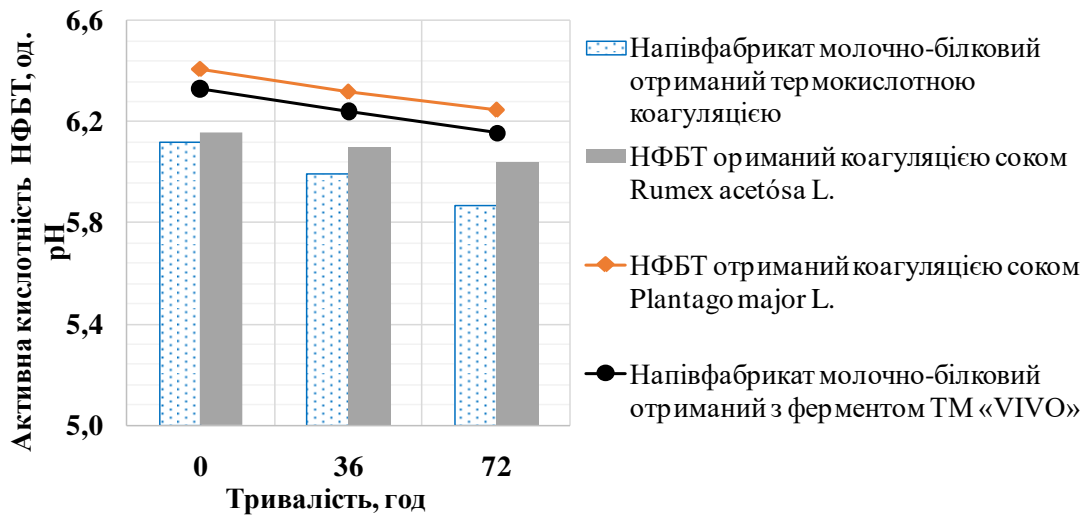
Молочна сироватка трав'яна, отримана після осадження білків молока соком *Plantago major* L. може бути використана з або без додаткового оброблення (освітлення, розкислення) в якості основи та рецептурного компоненту для сироваткових напоїв – сироватки пастеризованої, сироватки пастеризованої з цукром та ін., без додавання барвників та ароматизаторів штучного походження. Дані технології є класичними і не потребують додаткового уточнення параметрів.

5.2. Дослідження термінів зберігання напівфабрикатів білково-трав'яних

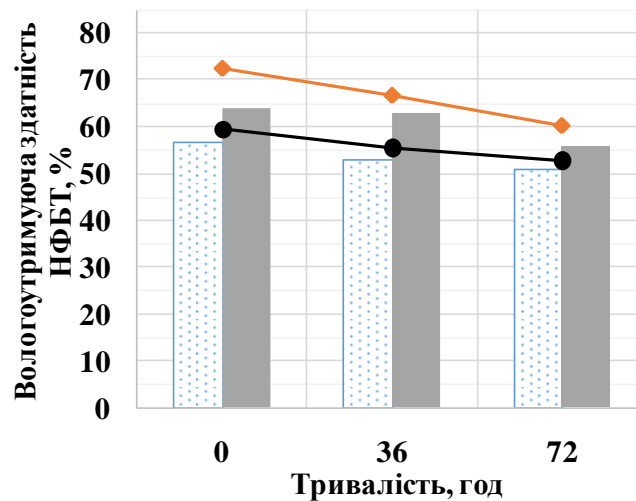
Досліджували зміну показників якості отриманих НФБТ протягом 72 год зберігання за температури 4 ± 2 °С за умов та у пакуванні передбаченому реальним виробництвом.

В якості контролю використовували молочно-білковий згусток отриманий способом осадження білків молока ферментом рослинного походження *VIVO*. Зміни активної кислотності та вологоутримуючої здатності під час зберігання модельних зразків наведені на рисунку 5.4. а, б відповідно.

З отриманих графічних залежностей (рисунок 5.4 а) можна зробити висновок, що зниження активної кислотності для НФБТ та контролю протягом 72 год лежить в межах від 0,12 до 0,24 од. рН. Повторне підігрівання НФБТ до температури 88 ± 3 °С протягом 2...3 хв з метою ущільнення згустків сприяє підвищенню кислотності лише на $0,25\pm 0,4$ од. рН.



а)



б)

Рис. 5.4. Зміна активної кислотності (а) та вологоутримуючої здатності (б) НФБТ під час зберігання

Це дає можливість стверджувати, що використання різної кількості соку *Plantago major* L. та термічна обробка не значно впливають на даний показник як при виготовленні, так і в процесі зберігання.

Згідно графічних залежностей для показника вологоутримуючої здатності НФБТ для всіх зразків та контролю прослідковується подібна тенденція. Середнє значення ВУЗ напівфабрикатів білково-трав'яних протягом всього терміну дослідження становить 58 ± 1 %. В кінці зберігання показник ВУЗ для НФБТ з додаванням 8 ± 1 % соку *Plantago major* L. та $7 \pm 0,5$ % соку *Rumex* зменшується на $12,15 \pm 0,07$ % та $8,32 \pm 0,06$ % відповідно, що в середньому на

2,75±0,06 % та 5,11±0,07 % нижчі ніж у відповідних контролях. Отже, використання соку *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. дозволяє отримувати НФБТ зі стабільними фізико-хімічними показниками.

Проаналізовано вище зазначені якісні показники напівфабрикатів білково-трав'яних та їх мікробіологічні показники на протязі 4 діб (Додаток Д.), які зберігалися за температури 4±2 °С. До зразків №3 та №6 додавали закваску ТМ «VIVO» в кількості передбаченій виробником та фіксували зміни мікробіологічних показників під час зберігання (таблицях 5.3 та 5.4).

Таблиця 5.3. Мікробіологічні показники модельних зразків НФБТ з соком *Plantago major* L.

Зразок	Показник			
	Кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту – не менше $1 \cdot 10^6$ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ISO 15214:2007)	Бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01 г продукту-не дозволено (згідно з ГОСТ 9225 або ДСТУ IDF 73A)	Кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту, не більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015)	Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015)
<i>свіжовиготовлені модельні зразки НФБТ</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$1,4 \cdot 10^{10}$		$0,8 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$
№4	-		-	-
№5	-		-	-
№6	$1,3 \cdot 10^{10}$		Не виявлено	Не виявлено
<i>2 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	$2,3 \cdot 10^1$	$4,0 \cdot 10^1$
№2	-		$2,0 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$
№3	$0,8 \cdot 10^9$		$2,9 \cdot 10^1$	$4,3 \cdot 10^1$
№4	-		$1,7 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$
№5	-		$2,0 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^1$
№6	$1,1 \cdot 10^8$		$2,2 \cdot 10^1$	$3,5 \cdot 10^1$
<i>4 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	$4,5 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^1$
№2	-		$4,0 \cdot 10^1$	$8,4 \cdot 10^1$

№3	$1,3 \cdot 10^8$		$4,5 \cdot 10^1$	$8,7 \cdot 10^1$
№4	-		$4,0 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10^1$
№5	-		$3,7 \cdot 10^1$	$7,5 \cdot 10^1$
№6	$0,7 \cdot 10^8$		$4,1 \cdot 10^1$	$7,8 \cdot 10^1$

Таблиця 5.4. Мікробіологічні показники модельних зразків НФБТ з соком *Rumex acetosa* L.

Зразок	Показник			
	Кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту – не менше $1 \cdot 10^6$ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ISO 15214:2007))	Бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01г продукту-не дозволено (згідно з ГОСТ 9225 або ДСТУ IDF 73A)	Кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту, не більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015)	Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015)
<i>свіжовиготовлені модельні зразки НФБТ</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$1,1 \cdot 10^{10}$		$0,3 \cdot 10^1$	$0,9 \cdot 10^1$
<i>2 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$1,3 \cdot 10^9$		$2,9 \cdot 10^1$	$4,9 \cdot 10^1$
<i>4 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$0,7 \cdot 10^8$		$4,8 \cdot 10^1$	$8,6 \cdot 10^1$

Для всіх дослідних зразків мікробіологічні показники не перевищували нормативних значень.

Комплексною оцінкою фізико-хімічних показників таких як вологоутримуюча здатність, активна кислотність, активність води та вище зазначених мікробіологічних показників підтверджено терміни зберігання НФБТ протягом 72 год. за температури $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

5.3. Визначення біологічної цінності напівфабрикатів білково-трав'яних

Напівфабрикати білково-трав'яні відрізняються за своїм хімічним складом від традиційних молочно-білкових за рахунок вмісту залишкових сполук соку рослин-дикоросів – *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. У зв'язку з цим, під час визначення їх біологічної цінності – як критерію якості білка, необхідно врахувати особливості амінокислотного складу тваринних і рослинних білків та ступінь їх засвоюваності (Бражников, & Рогов, 1985). Амінокислотний склад соку *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L. наведено на рисунку 5.5. (Хортецька, Мазулін, & Смойловська, 2012).

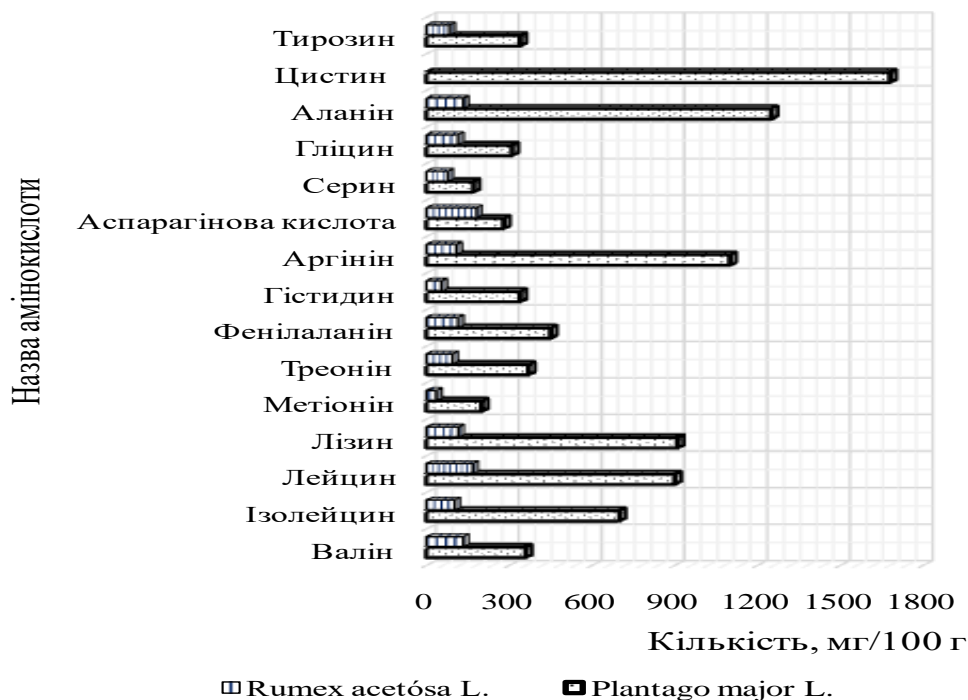


Рис. 5.5. Амінокислотний склад соку *Plantago major* L. та *Rumex acetósa* L.

В ході проведення досліджень визначено вміст амінокислот напівфабрикатів молочно-білкових та білково-трав'яних, результати яких представлені в таблиці 5.5.

Використання соку *Plantago major* L. в якості коагулянту призводить до незначного зниження загальної кількості амінокислот на 1456,00 мг/100 г. Для НФБТ отриманого коагуляцією соком *Rumex acetósa* L. спостерігається теж зниження амінокислот на 2301,34 мг/100 г у порівнянні з контролем –

напівфабрикатом молочно-білковим отриманим термокислотою коагуляцією. Однак, отримані напівфабрикати білково-трав'яні є більш збалансованими за складом щодо співвідношення сум незамінних до замінних амінокислот на рівні 0,833 (при застосуванні соку *Plantago major* L.) та 0,706 (при застосуванні соку *Rumex acetosa* L.) відповідно.

Таблиця 5.5. Вміст амінокислот у напівфабрикатах молочно-білкових та білково-трав'яних

Показник	Напівфабрикат							
	молочно-білковий отриманий коагуляцією ферментом ТМ «VIVO»		отриманий коагуляцією соком <i>Plantago major</i> L.		молочно-білковий отриманий термокислотою коагуляцією		отриманий коагуляцією соком <i>Rumex acetosa</i> L.	
	мг / 100 г	% до заг. суми	мг / 100 г	% до заг. суми	мг / 100 г	% до заг. суми	мг / 100 г	% до заг. суми
Незамінні амінокислоти:								
Валін	2236,73	10,74	1923,01	9,93	2601,62	11,39	1970,69	9,60
Ізолейцин	877,70	4,21	817,03	4,22	942,87	4,13	897,01	4,37
Лейцин	1960,20	9,41	1762,22	9,10	2180,41	9,55	1614,72	7,86
Лізин	1729,87	8,31	1443,40	7,45	2073,19	9,08	1340,78	6,53
Метіонін	467,13	2,24	661,87	3,42	329,69	1,44	660,97	3,22
Треонін	792,16	3,80	743,60	3,84	863,45	3,78	780,53	3,80
Триптофан	212,00	1,02	262,00	1,35	254,40	1,11	265,59	1,29
Феніл-аланін	832,38	4,00	1189,54	6,14	582,45	2,55	969,27	4,72
Всього	9108,16	43,74	8802,67	45,45	9828,09	43,04	8499,57	41,39
Замінні амінокислоти:								
Аланін	567,29	2,72	517,72	2,67	621,60	2,72	311,56	1,52
Аргінін	671,50	3,22	612,83	3,16	735,79	3,22	459,10	2,24
Аспарагінова кислота	1352,01	6,49	1283,24	6,63	1424,48	6,24	887,33	4,32
Гістидин	483,37	2,32	430,11	2,22	543,23	2,38	239,09	1,16
Гліцин	389,44	1,87	354,26	1,83	428,10	1,87	266,29	1,30
Глютамінова кислота	3739,28	17,96	3363,81	17,37	4156,67	18,20	7156,42	34,85
Пролін	1926,25	9,25	1631,37	8,42	2274,43	9,96	1118,49	5,45
Серін	1034,56	4,97	924,53	4,77	1157,69	5,07	749,34	3,65
Тирозин	852,56	4,09	804,90	4,16	903,05	3,95	575,48	2,80
Цистин	699,62	3,36	642,61	3,32	761,69	3,34	270,80	1,32

Всього	11715,89	56,26	10565,38	54,55	13006,73	56,96	12033,91	58,61
Загальна кількість амінокислот	20824,05	100,00	19368,05	100,00	22834,82	100,00	20533,48	100,00

В такому випадку, білок на анаболітичні потреби організму використовується більш повно, а надлишковий вміст інших есенціальних речовин іде на компенсацію енерговитрат та біосинтез замісних амінокислот (ЗАК).

Розраховано амінокислотний скор та основні показники, що характеризують біологічну цінність напівфабрикатів молочно-білкових та білково-трав'яних. Результати представлені в таблицях 5.6. – 5.9.

Таблиця 5.6. Амінокислотний скор напівфабрикату молочно-білкового отриманого коагуляцією ферментом рослинного походження ТМ «VIVO»

Незамінні амінокислоти (НАК)	НАК, мг/100 г білку	Масова частка НАК (А), мг/100 г білку	Амінокислотний скор (АС), %	Коефіцієнт надлишкості НАК (t)	Різниця амінокислотного скору (Δ РАС), %
Валін	2236,73	10,74	214,82	5,99	119,72
Ізолейцин	877,70	4,21	105,37	0,41	10,27
Лейцин	1960,20	9,41	134,47	2,76	39,37
Лізин	1729,87	8,31	151,04	3,08	55,94
Метіонін+цистин	1166,75	5,60	160,08	2,27	64,98
Треонін	792,16	3,80	95,10	0,00	0,00
Триптофан	212,00	1,02	101,81	0,07	6,70
Фенілаланін+тирозин	1684,94	8,09	134,86	2,39	39,75
Сума, мг/100 г білку	20824,05				
Сумарна масова частка НАК, мг/100 г білку		51,19			

Таблиця 5.7. Амінокислотний скор напівфабрикату молочно-білкового отриманого термокислотою коагуляцією

Незамінні амінокислоти (НАК)	НАК, мг/100 г білку	Масова частка НАК (А), мг/100 г білку	Амінокислотний скор (АС), %	Коефіцієнт надлишко вості НАК (t)	Різниця амінокисл отного скору (Δ РАС), %
Валін	2601,62	11,39	227,86	6,67	133,33
Ізолейцин	942,87	4,13	103,23	0,35	8,70
Лейцин	2180,41	9,55	136,41	2,93	41,88
Лізин	2073,19	9,08	165,07	3,88	70,54
Метіонін+цистин	1091,38	4,78	136,56	1,47	42,02
Треонін	863,45	3,78	94,53	0,00	0,00
Триптофан	254,40	1,11	111,41	0,17	16,88
Фенілаланін+тирозин	1485,50	6,51	108,42	0,83	13,89
Сума, мг/100 г білку	22834,82				
Сумарна масова частка НАК, мг/100 г білку		50,33			

Таблиця 5.8. Амінокислотний скор НФБТ отриманого коагуляцією соком *Plantago major* L.

Незамінні амінокислоти (НАК)	НАК, мг/100 г білку	Масова частка НАК (А), мг/100 г білку	Амінокислотний скор (АС), %	Коефіцієнт надлишко вості НАК (t)	Різниця амінокисл отного скору (Δ РАС), %
Валін	1923,01	9,93	198,58	5,13	102,59
Ізолейцин	817,03	4,22	105,46	0,38	9,48
Лейцин	1762,22	9,10	129,98	2,38	34,00
Лізин	1443,40	7,45	135,50	2,17	39,52
Метіонін+цистин	661,87	3,42	97,64	0,06	1,66
Треонін	743,60	3,84	95,98	0,00	0,00
Триптофан	262,00	1,35	135,27	0,39	39,29
Фенілаланін+тирозин	1189,54	6,14	102,36	0,38	6,38
Сума, мг/100 г білку	19368,05				
Сумарна масова частка НАК, мг/100 г білку		45,45			

Таблиця 5.9. Амінокислотний скор НФБТ отриманого коагуляцією соком

Rumex acetosa L.

Незамінні амінокислоти (НАК)	НАК, мг/100 г білку	Масова частка НАК (А), мг/100 г білку	Амінокислотний скор (АС), %	Коефіцієнт надлишкості НАК (t)	Різниця амінокислотного скору (Δ РАС), %
Валін	1970,69	9,60	191,95	4,85	96,92
Ізолейцин	897,01	4,37	109,21	0,57	14,18
Лейцин	1614,72	7,86	112,34	1,21	17,31
Лізин	1340,78	6,53	118,72	1,30	23,69
Метіонін+цистин	931,77	4,54	129,65	1,21	34,62
Треонін	780,53	3,80	95,03	0,00	0,00
Триптофан	265,59	1,29	129,35	0,34	34,32
Фенілаланін+тирозин	1544,75	7,52	125,38	1,82	30,35
Сума, мг/100 г білку	20533,48				
Сумарна масова частка НАК, мг/100 г білку		45,52			

Аналізуючи дані можна зробити висновок, що першою лімітуючою амінокислотою дослідних зразків є – треонін. При чому при коагуляції білків молока соком *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. амінокислотний скор лімітуючої амінокислоти напівфабрикату білково-трав'яного підвищується не значно – до 95,98 % та 95,03 % відповідно. Це значить, що в цілому від норми незамінних амінокислот організмом людини на відновлення балансу азоту та синтез спеціальних білків може використовуватися саме ця кількість амінокислот.

Обчислено коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС) для оцінки ступеня використання білка. Показник КРАС можна використати для порівняння біологічної цінності (БЦ) харчових білків (Горбатова, 2001).

Розрахунки були проведені для НФБТ отриманих з використанням соку *Rumex acetosa* L. та *Plantago major* L. Результати представлені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10. Оцінка збалансованості амінокислотного складу білків напівфабрикатів молочно-білкових та білково-трав'яних

Показник	Напівфабрикат			
	молочно-білковий отриманий коагуляцією ферментом ТМ «VIVO»	отриманий коагуляцією соком <i>Plantago major</i> L.	молочно-білковий отриманий термокислотою коагуляцією	отриманий коагуляцією соком <i>Rumex acetósa</i> L.
Коефіцієнт різниці амінокислотного скору, КРАС	42,092	29,114	40,90	31,424
Біологічна цінність, БЦ	57,908	70,886	59,10	68,576
Коефіцієнт утилітарності НАК продукту (U)	0,669	0,760	0,68	0,752
Коефіцієнт надлишковості НАК продукту (t)	17,829	11,352	17,241	11,895

Результати розрахунків аналітичних коефіцієнтів, що характеризують засвоюваність білків у напівфабрикаті білково-трав'яному отриманому коагуляцією соком *Plantago major* L. показують, що коефіцієнт різниці амінокислотного скору знижується на 12,978, а біологічна цінність зростає з 57,908 % до 70,886 %. Для НФБТ отриманому коагуляцією соком *Rumex acetósa* L. вище зазначені показники становлять: КРАС – 31,424, БЦ – 68,576 %. Тобто поєднання тваринних і рослинних білків підвищує біологічну цінність білку системи в цілому (таблиця 5.10). Можна зробити висновок, що білки соку *Plantago major* L. являються комплементарними до білків молока.

Коефіцієнт утилітарності незамінних амінокислот (U) напівфабрикатів білково-трав'яних розраховували для визначення ефективності використання організмом окремої незамінної амінокислоти.

В результаті відповідних розрахунків встановлено, що коефіцієнт утилітарності НФБТ дещо зростає до 0,760 (при застосуванні соку *Plantago major* L.) та 0,752 при застосуванні соку (*Rumex acetósa* L.), а коефіцієнт надлишковості знижується на 6,48 та 5,346 відповідно. Це свідчить про кращу збалансованість незамінних амінокислот і ефективнішу їх утилізацію.

Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу ($R_{\text{рац}}$) вищий в напівфабрикаті білково-трав'яному отриманому коагуляцією соком *Plantago major* L. у порівнянні з молочно-білковим отриманим коагуляцією ферментом ТМ «VIVO» і становить 12,034 %. Для НФБТ отриманому коагуляцією соком *Rumex acetosa* L. вище зазначений показник складає 10,042 %.

Таким чином, соки *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. мають білковий склад, що балансує вміст незамінних амінокислот молочної сировини, має відносно високі показники засвоюваності та не погіршує якість отриманих НФБТ. Профілактичні властивості зумовлені наявністю поліфенолів, хлорофілу, вітамінів тощо.

Використання соку *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. як технологічного інгредієнту при осадженні білків молока, дозволить підвищити збалансованість амінокислотного складу та засвоюваність, а також збагатити НФБТ вітамінами, мінеральними речовинами та іншими біологічно-активними речовинами природного походження і розширити асортимент молочно-білкових виробів.

5.4. Використання напівфабрикатів білково-трав'яних в технології молочно-білкових виробів з термічною обробкою

Розширення асортименту молочно-білкових виробів з термічною обробкою можливо за рахунок оптимізації рецептурного складу шляхом введення функціонально-технологічних складових, що корегують харчову цінність рослинними білками, вуглеводами, пектином, целюлозою, геміцелюлозою, вітамінами, мінеральними та іншими речовин без ускладнення апаратурного оформлення. Запіканки – класичні молочно-білкові вироби з термічною обробкою. Традиційними компонентами таких виробів є цукор-білий, яєчний меланж та продукти переробки зернових (в тому числі екструдати), подрібнені до стану борошна. В основу заміни складових покладено необхідність уточнення впливу окремих функціонально-технологічних компонентів (екструдату рису) сумісних з основою (НФБТ) та їх

композицій на фізико-хімічні показники замісів для запіканки.

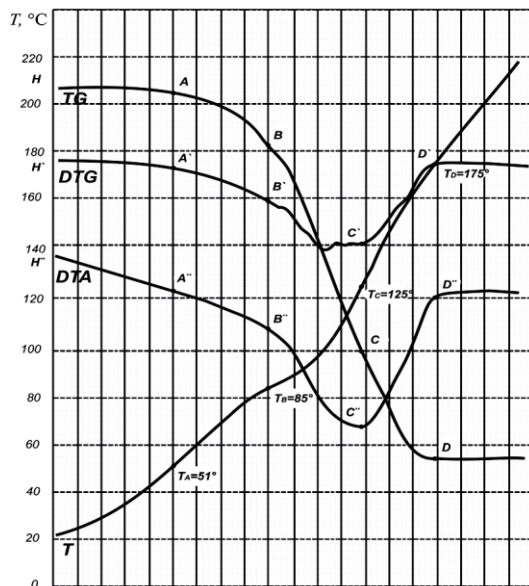
Вологотермічне оброблення екструдату рису (ЕР) (Грек, Тимчук, Онопрійчук, Пухляк, & Пасічний, 2015) і механічний вплив НФБТ викликають часткове структурне розгортання білку з розривом деяких слабких зв'язків. Тепловий рух пептидних ланцюгів викликає розрив водневих зв'язків між ланцюгами, а зв'язки між гідрофобними групами починають «плавитися». Одночасно із структурним розгортанням білків відбувається і їх агрегація. Очевидно, що зміни зумовлені цими процесами, знаходять своє відображення у формуванні фізико-хімічних показників білково-трав'яних замісів з додаванням екструдату.

Дослідження кількості вологи з різними формами зв'язку НФБТ з ЕР проводили за допомогою методу диференціального термічного аналізу з використанням дериватографа системи Паулік–Ердей Q-1000 (розділ 2, п. 2.3.2).

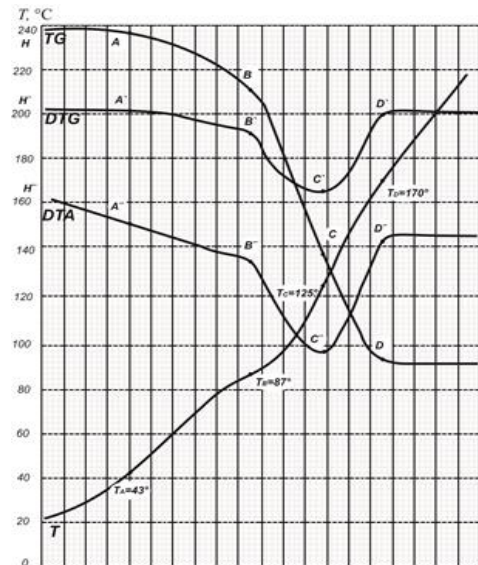
При вище зазначеному поєднанні, ймовірно, відбувається перерозподіл форм зв'язків вологи – збільшення кількості зв'язаної води, яка не замерзає при низьких температурах, не розчиняє електроліти, має густину вдвічі більшу, ніж густина вільної води. Це відбувається за рахунок зв'язків, які виникають при поєднанні вуглеводних та білкових комплексів ЕР з сироваткою.

Результати досліджень представлено у вигляді дериватограми на рисунку 5.6.

Крива Т фіксує зміни температури досліджуваного зразку, а термогравіметричні криві TG відображають зміну маси як функції температури. Криві диференційно-термогравіметричного дослідження DTG і диференційно-термічного аналізу DTA характеризують відповідно швидкість випарювання маси вологи і зміни тепловмісту. Аналіз отриманих дериватограм дозволяє виявити деякі закономірності для зразку НФБТ з ЕР. Так, характерним є наявність чотирьох критичних температур, за яких видаляється волога різних типів, що розрізняється міцністю зв'язку.



а)



б)

Рис. 5.6. Дериватограма НФБТ (а) та з екструдатом рису (б): де ТА – температурна крива, ДТА – крива диференційно-термічного аналізу ентальпії, DTG – крива диференційно-термічного аналізу втрати ваги, TG – крива втрати маси.

Швидкість зростання тепловмісту на ділянці АВ обумовлено не тільки зростанням температури, але й збільшенням теплоємності води до максимального значення. Ділянка АВ (А'В', А''В'', ТА–ТВ) характеризується постійно зростаючою швидкістю масопереносу (А'В') і тепловмісту, внаслідок чого підвищується температура від ТА 48...56 °С до ТВ 89...94 °С. Очевидно, видаляється вся вільна (механічно-зв'язана) волога, яка з'являється в результаті ущільнення структури замісу та знаходиться в прошарках. Характер кривих ДТА і DTG дає змогу стверджувати, що даний процес є ендотермічним. Максимуми цих кривих співпадають. Це означає, що при даних температурах відбуваються зміни, що не пов'язані з хімічним або фізичним перетворенням – розривом фізико-механічних та фізико-хімічних зв'язків вологи. Після досягнення температури фазового перетворення 128 °С інтенсифікується процес зменшення маси – ділянка В'С', в межах якої відбувається видалення із напівфабрикату білково-трав'яного з ЕР капілярної рідкої і парової фази. Тепловміст передбачувано падає, у зв'язку з інтенсивним випарюванням маси

вологи, про що свідчить хід кривої DTA на ділянці В"С". На ділянці CD та С'D' спостерігається зниження швидкості видалення вологи внаслідок завершення процесу молярного виносу залишків із замісу. У цей же період часу через випарювання всієї фізико-механічної капілярно-зв'язаної рідкої фази температура в комірках просторової структури, утворених в результаті формування з'єднувальних містків між білковими глобулами НФБТ та вуглеводним комплексом ЕР, зростає від ТС – 128 °С до TD – 176...181 °С і тиск всередині цієї структури досягає межі міцності. На цій ділянці відбувається збільшення швидкості випарювання внутрішньої рідкої фази по сформованим капілярно-структурним каналам. Ділянка С"D" на кривій DTA характеризує в цьому зв'язку зниження швидкості наростання ентальпії. Спостерігаються термічні процеси, що характеризують видалення вологи зв'язаної адсорбційними центрами – гідрофільними групами, які знаходяться на поверхні білкових глобул НФБТ та в макромолекулах вуглеводів ЕР. До моменту досягнення зразками температури 176...181°С завершується видалення з них всієї фізико-механічної зв'язаної внутрішньоклітинної вологи і швидкість зменшення маси різко падає, про що свідчить ділянки С'D' кривої DTG. За температури вище 181 °С починаються процеси випарювання хімічно зв'язаної вологи.

Проектуючи мінімуми кривої DTG на криву TG визначено кількість вільної та зв'язаної вологи: для НФБТ та МБВ з ЕР кількість зв'язаної та вільної вологи відповідно становить: 27,08 % та 71,26 %; 33,65 % та 68,32 %.. Враховуючи результати досліджень можна зробити висновок, що додавання екструдату рису до НФБТ дозволяє підвищити кількість зв'язаної вологи на 36,07 % порівняно з контролем.

Результати підтверджують доцільність поєднання НФБТ з ЕР для зв'язування вільної вологи та забезпечення сталих показників якості виробу з подальшою термічною обробкою – запіканки.

Технологічний процес виробництва запіканки на основі НФБТ з ЕР здійснювали на основі класичної схеми у наступній послідовності: приймання

сировини, підготовка компонентів, приготування суміші, формування, випікання, охолодження, пакування та зберігання.

ЕР приймають за якістю і в необхідній за рецептурою кількості вносять до НФБТ та перемішують протягом 5 ± 3 хв з послідуочим внесенням всіх інших складових. Далі заміс для запіканки закладають у бункер для дозування масою 130...350 г у термостійкі форми. Після чого запіканку направляються у тунель для термічної обробки за температури 230...280 °С впродовж 20...30 хв. Готові вироби охолоджують до 20 ± 2 °С та направляють на герметичне пакування. Запіканку зберігають протягом 10 діб за температури 4 ± 2 °С.

При розробці модельних рецептур до уваги приймалися наступні критерії: зовнішній вигляд готового продукту та споживчі властивості. Рецептури запіканок представлені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9. Рецептури запіканок, кг

Рецептурні компоненти	Контроль	Дослідний зразок
Молочно-білкова* основа з ЕР	75,5	–
НФБТ з ЕР	–	75,5
Меланж/молоко	8/ 13,4	8 /13,4
Цукор білий / Ванілін	3/0,1	3/0,1
Всього	100	100

*Масова частка вологи – 62 ± 2 %, рН – 5,9.

Після виготовлення контролю та дослідного зразка визначали їх органолептичні показники згідно нормативної документації (ДСТУ 5052:2008, 2010), які представлені в табл. 5.10.

Таблиця 5.10. Органолептичні показники запіканок

Показник	Номер зразка	
	Контроль	Дослідний зразок
Зовнішній вигляд та форма	Однорідна маса, без сколів та тріщин	
	Має прямокутну форму	
Вигляд на розрізі, колір, консистенція	Колір скоринки – золотистий, на розрізі-білий з незначним жовтим відтінком. М'яка	Колір скоринки – золотистий, на розрізі – фісташковий відтінок.

	злегка пориста консистенція з наявністю м'якої сирної крупки	Однорідна консистенція
Смак та запах	Чистий, характерний смак, притаманний даному виду продукту, без сторонніх присмаків та запахів, у міру солодкий	Чистий, легкий трав'яний присмак, у міру солодкий

Результати органолептичної оцінки показали, що додавання в рецептури НФБТ впливає виключно на колір та присмак.

За термічної обробки для контролю відбувались максимальні втрати маси, що становили $13,1 \pm 0,2$ %. При заміні молочно-білкової основи на НФБТ втрати зменшуються на $5 \pm 0,1$ %. Це пов'язано з тим, що в НФБТ частково зв'язана вільна волога у продукті до термічної обробки, що сприяє збереженню маси готових виробів після запікання.

В модельних зразках запіканки до та після термічної обробки визначили фізико-хімічні показники, які представлено в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11. Фізико-хімічні показники модельних зразків запіканки до та після термічної обробки

Показники	Запіканки	
	Контроль	Дослідний зразок
до термічної обробки		
Титрована кислотність, °Т	$140 \pm 1,3$	$139 \pm 1,2$
Масова частка вологи, %	$68,2 \pm 1,0$	$67,6 \pm 1,2$
Вологоутримувальна здатність, %	$70,7 \pm 1,3$	$73,6 \pm 1,4$
після термічної обробки		
Титрована кислотність, °Т	$171 \pm 1,1$	$168 \pm 1,2$
Масова частка вологи, %	$55,1 \pm 1,1$	$56,4 \pm 1,4$
Вологоутримувальна здатність, %	$75,0 \pm 1,2$	$78,1 \pm 1,3$

Титрована кислотність дослідного зразку запіканки зменшилась на 2 °Т у порівнянні з контролем як до так і після термічної обробки. Масова частка вологи дещо зменшилась, що пояснюється випаровуванням при запіканні, за рахунок чого і підвищилась вологоутримувальна здатність.

Технологічний процес при коректуванні рецептури не потребує додаткового апаратурного оформлення.

5.5. Економічна ефективність впровадження технології напівфабрикатів білково-трав'яних

Для оцінки економічної ефективності застосовували визначені оптимальні кількості соку *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. для максимального осадження білків молока, на основі яких було розраховано їх повна собівартість на 1 т в порівнянні з напівфабрикатами білковими без вище вказаних рослин-дикоросів (таблиця 5.12).

Таблиця 5.12. Зведена таблиця витрат 1 т напівфабрикатів білково-трав'яних

Стаття калькуляції	Витрати на 1 т без врахування втрат, грн			
	Напівфабрика т молочно-білковий отриманий термокислотною коагуляцією	НФБТ отриманий коагуляцією соком <i>Rumex acetosa</i> L.	Напівфабрикат молочно-білковий отриманий коагуляцією ферментом ТМ «VIVO»	НФБТ отриманий коагуляцією соком <i>Plantago major</i> L.
Сировина та основні матеріали, грн.	70936,53	97595,79	91251,18	125308,62
Допоміжні та таропакувальні матеріали, грн.	1501,42	1501,42	1501,42	1501,42

Паливо та енергія на технологічні цілі, грн.	6318,80	6318,80	6318,80	6318,80
Основна заробітна плата виробничого персоналу, грн.	563,33	563,33	563,33	563,33
Додаткова заробітна плата персоналу, грн	169,00	169,00	169,00	169,00
Відрахування до єдиного соціального фонду, грн.	161,11	161,11	161,11	161,11
Витрати на освоєння нових продуктів, грн.	56,33	56,33	56,33	56,33
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн.	1904,05	1904,05	1904,05	1904,05
Загальновиробничі витрати, грн.	2196,98	2196,98	2196,98	2196,98
Виробнича собівартість, грн.	75240,75	101900,02	104122,20	138179,64
Адміністративні витрати, грн.	3762,04	5095,00	5206,11	6908,98
Витрати від браку, грн	225,72	305,70	312,37	414,54
Витрати на збут, грн.	2257,22	3057,00	3123,67	4145,39

Інші витрати, грн	376,20	509,50	520,61	690,90
Повні витрати, грн.	81861,94	110867,22	113284,95	150339,45

Отже, проведені розрахунки щодо економічної ефективності технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів дозволяють зробити наступні висновки: повні витрати на виробництво НФБТ, отриманого коагуляцією соком *Rumex acetosa* L. становлять 110867,22 грн/т на НФБТ, отриманого коагуляцією соком *Plantago major* L. – 150339,45 грн/т відповідно.

Для впровадження технології НФБТ на підприємстві потрібно доукомплектування обладнанням, що забезпечить процес отримання соку з рослин-дикоросів. Реалізація перероблення НФБТ на молочно-білкові вироби з термічною обробкою можлива на існуючому обладнанні молочних підприємств.

Соціально-економічний ефект від впровадження технології НФБТ полягає в розширенні сучасного асортименту молочно-білкових виробів з підвищеною харчовою цінністю для широкого кола споживачів з різними харчовими уподобаннями або обмеженнями, заощадженні сировини тваринного походження та допоміжних технологічних інгредієнтів.

Виходячи з наведених результатів можна зробити висновок про економічну ефективність та доцільність впровадження технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів.

Висновки за розділом 5.

Розроблено параметрично-технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва напівфабрикатів білково-трав'яних та досліджено їх показники якості.

Доведена можливість використання НФБТ в якості основи для виробництва молочно-білкових виробів з термічною обробкою та перероблення сироватки трав'яної, що має відхилення за показниками каламутності та кольоровості до 5 % порівняно з контролем.

Розроблено проект нормативної документації ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021 «Напівфабрикат білково-трав'яний».

Нові технологічні рішення апробовано на ТОВ «Кременецьке Молоко» та ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна», що підтверджено актами та протоколами виробничої перевірки.

Запропоновано технологію молочно-білкового виробу з термічною обробкою – запіканки, на основі напівфабрикатів білково-трав'яних з додаванням екструдату рису та класичних інгредієнтів без зміни виробничих стадій.

Встановлено, що повні витрати на виробництво НФБТ отриманого коагуляцією соком *Rumex acetosa* L. становлять 110867,22 грн/т; на НФБТ отриманого коагуляцією соком *Plantago major* L. – 150339,45 грн/т відповідно.

Наукові результати даного розділу дисертації були висвітлені в статтях та матеріалах конференцій (Grek, Tymchuk, Chubenko, & Ovsiienko, 2017; Grek, Onopriichuk, Chubenko, & Tymchuk, 2017; Tsygankov, Grek, Krasulya, Onopriichuk, Savchenko, Snizhko, Ochkolya, & Chubenko, 2018; Пшенична, Грек, Онопрійчук, Пасічний, & Чубенко 2018; Grek, Osmak, Chubenko, & Mykhalevych, 2019; Grek, Pshenychna, Chubenko, & Onopriichuk, 2020; Грек, & Чубенко, 2019; Грек, & Чубенко, 2020).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі аналітично-теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів. На основі отриманих даних сформульовано наступні висновки:

1. Обґрунтовано вибір *Rumex acetosa* L. та *Plantago major* L. з поліфункціональними властивостями для використання в якості коагулянтів молочних білків і сформульовані критерії, що враховують обмежувальні фактори та переваги використання рослин-дикоросів. Встановлені раціональні методи обробки *Rumex acetosa* L. та *Plantago major* L. перед внесенням в молочну сировину у вигляді соку з контрольованим вмістом сухих речовин для максимального збереження ферментів, органічних кислот, поліфенольних речовин, вітамінів та інших біологічно-активних речовин здатних в комплексі осаджувати білки молока.

2. Підтверджено ефективність використання соку *Rumex acetosa* L. у кількості $7 \pm 0,5$ % для одержання напівфабрикату білково-трав'яного, термокислотою коагуляцією білків молока за температури – $93 \dots 95$ °C та тривалості процесу – $3 \dots 5$ хв органолептично придатного з масовою часткою вологи $61,0 \pm 1,1$ %, та рН – $5,92 \pm 0,05$. Доведено вплив складу активного комплексу коагулянту на ступінь переходу сухих речовин молока – максимальне значення ($70,6 \pm 0,1$ %) спостерігалось при внесенні $8,0 \pm 1,0$ % соку *Plantago major* L. та проведенні процесу коагуляції за температури 56 ± 2 °C протягом 75 ± 5 хв з послідувачим підігрівом для ущільнення згустку.

3. Встановлено пряму залежність масової частки вологи та вологоутримуючої здатності НФБТ від кількості соку *Plantago major* L. та параметрів процесу осадження білків молока. Для отримання пластичної консистенції НФБТ з масовою часткою вологи до 67 % та вологоутримуючою здатністю $62 \pm 1,5$ % за оптимальної кількості коагулянту були скореговані параметри процесу - підвищена температура до 62 ± 2 °C та зменшена тривалість до 60 ± 3 хв. Досліджено якісний склад та кількісний вміст поліфенолів та

флаваноїдів у напівфабрикатах білково-трав'яних. Ступінь переходу поліфенольних сполук у НФБТ становить 77% від загальної їх кількості, у тому числі 74 % флаваноїдів. Дослідження безпечності напівфабрикатів білково-трав'яних в умовах *in vivo* показали, що споживання в складі змішаного раціону не викликало відхилень фізіологічного стану та загибелі лабораторних щурів.

4. Визначено показник активності води в напівфабрикатах білково-трав'яних в яких більша частина вологи знаходиться у вільному стані, що дає можливість розвитку біохімічних та окислювальних процесів. Такі напівфабрикати мають обмежений термін зберігання за відповідних умов – температури (4 ± 2) °C протягом 72 год. Доведено ефективність методу ІЧ-спектроскопії для визначення стану вологи в НФБТ.

5. Обґрунтовано технологію напівфабрикатів білково-трав'яних, запропоновано параметричну та апаратурно-технологічну схеми виробництва. Доведено, що молочна сироватка трав'яна, отримана після осадження білків молока соком *Rumex acetosa* L. та *Plantago major* L. може бути використана в якості сировини для напоїв без додавання барвників та ароматизаторів.

6. Визначено амінокислотний склад та досліджено біологічну цінність напівфабрикатів білково-трав'яних. Використання соку рослин-дикоросів – *Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L. в якості коагулянту дозволяє отримати напівфабрикати білково-трав'яні з більш збалансованим складом за співвідношенням суми незамінних амінокислот до суми замінних амінокислот на рівні 0,760 та 0,752 відповідно. Обґрунтовано використання НФБТ в технології молочно-білкових виробів з термічною обробкою. Експериментально доведено, що при заміні молочно-білкової основи на НФБТ втрати при запіканні зменшувались на $5\pm 0,1$ %, що пов'язано з частковим зв'язуванням вільної вологи у замісі ще до термічної обробки.

7. За результатами досліджень розроблено проект нормативної документації ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021 «Напівфабрикат білково-трав'яний». Доцільність технологічних рішень підтверджена апробацією у

виробничих умовах ТОВ «Кременецьке Молоко» та ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна». Соціально-економічний ефект від впровадження технології НФБТ полягає в розширенні сучасного асортименту молочно-білкових виробів з підвищеною харчовою цінністю для широкого кола споживачів з різними харчовими уподобаннями або обмеженнями, заощадженні сировини тваринного походження та допоміжних технологічних інгредієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Ahmed, I. A., Morishima, I. M., & Babiker, E. E. (2009). Characterisation of partially purified milk-clotting enzyme from *Solanum dubium* Fresen seeds. *Food Chemistry*, 116, (2), 395–400. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.11.072.
- Alavi, F., & Momen, S. (2020). Aspartic proteases from thistle flowers: Traditional coagulants used in the modern cheese industry. *International Dairy Journal*, 107. DOI: 10.1016/j.idairyj.2020.104709.
- Alici, E. H., & Arabaci, G. (2016). Determination of SOD, POD, PPO and CAT enzyme activities in *Rumex obtusifolius* L. *Annual Research & Review in Biology*, 11(3), 1-7.
- Ayhan, F., Celebi, S.S., & Tanyolac, A. (2001). The effect of fermentation parameters on the production of *Mucor miehei* acid protease in a chemically defined medium. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 76, 153-160. DOI: 10.1002/jctb.364.
- Baba, W. N., Din, S., Punoo, H. A., Wani, T. A., Ahmad, M., & Masoodi, F. A. (2016). Comparison of cheese and paneer whey for production of a functional pineapple beverage: Nutraceutical properties and Shelf life. *Journal of food science and technology*, 53(6), 2558–2568. DOI: 10.1007/s13197-016-2218-8.
- Badalyan, Z. V., Stepanova, E. F., Temirbulatova, A. M., & Zilfikarov, I. N. (2011). Total plantain phytopreparations of great potential for improving technology. *Aktualnyie problemy meditsiny*, 22, (117), 125-130.
- Badgujar, S., & Mahajan, R. (2010). Biological aspects of proteolytic enzymes: A Review. *Journal of Pharmacy Research*, 3 (9), 2048-2068. Retrieved from <https://cutt.ly/0zlwCao>.
- Bah, S., Paulsen, B. S., Diallo, D., & Johansen, H. T. (2006). Characterization of cysteine proteases in Malian medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 107(2), 189–198. DOI: 10.1016/j.jep.2006.03.008.
- Bakker, M.I., Baas, W.J., Sum, D.T.H.M., & Koloffel, C. (1998). Leaf Wax of *Lactuca sativa* and *Plantago major*. *Phytochemistry*, 47, 1489–1493. DOI: 10.1016/S0031-9422(97)01084-4.

- Bal-Prilipko L.V., Venglyuk, Yu.P., Zaletok, S.P., & Moiseenko, A.M., (2013). Improving the technology of combined food products using high quality ingredients and dietary supplements. *Food Industry*, 2, 23–26.
- Bandyopadhyay, P., Ghosh, A. K., & Ghosh, C. (2012). Recent developments on polyphenol–protein interactions: effects on tea and coffee taste, antioxidant properties and the digestive system. *Food & function*, 3(6), 592–605. DOI: 10.1039/c2fo00006g.
- Bensmail, S., Boudjema, K., & Naimi-Fazouane, F. (2020). Production of Extracellular Rennin-Like Enzyme by a Newly Isolate *Mucor circinelloides* (von Tieghem) and its Application in Camembert Cheese Making. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 7(1), 16-24. DOI: 10.30491/JABR.2020.105914.
- Bimbo, F., Bonanno, A., Nocella, G., Viscecchia, R., Nardone, G., De Devitiis, B., & Carlucci, D. (2017). Consumers' acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: a systematic review. *Appetite*, 113, 141-154.
- Bogacheva, A., Rudenskaya, G., Dunaevsky, Ya., Chestuhina, G., & Golovkin, B. (2001). New subtilisin-like collagenase from leaves of common plantain. *Biochimie*, 83, 481-486. DOI: 10.1016/S0300-9084(01)01284-6.
- Bruno, M. A., Trejo, S. A., Avilés, X. F., Caffini, N. O., & López, L. M. (2006). Isolation and characterization of hieronymain II, another peptidase isolated from fruits of *Bromelia hieronymi* Mez (Bromeliaceae). *The protein journal*, 25(3), 224–231. DOI: 10.1007/s10930-006-9005-8.
- Brutti, C.B., Pardo, M.F., Caffini N.O., & Natalucci C.L. (2012). *Onopordum acanthium* L. (Asteraceae) flowers as coagulating agent for cheesemaking. *LWT – Food Science and Technology*, 45 (2), 172-179. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.09.001.
- Bryant, C. (2019). We Can't Keep Meating Like This: Attitudes towards Vegetarian and Vegan Diets in the United Kingdom. *Sustainability*, 11 (6844). DOI: 10.3390/su11236844.

- Chechetkina, A., Iakovchenko, N. & Zabodalova, L. (2016). The technology of soft cheese with a vegetable component. *Agronomy Research*, 14, 1562-1572.
- Chellappa, R. (2012). Mathematical statistics and computer vision. *Image and Vision Computing*, 30, (8), 467-468.
- Chen, S., Zhao, J., & Agboola, S. (2003). Isolation and partial characterization of rennet-like proteases from Australian cardoon (*Cynara cardunculus L.*). *J. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3127-3134. DOI: 10.1021/jf025842r.
- Choma, I., Olszowy, M., Studziński, M., & Gnat, S. (2019). Determination of chlorogenic acid, polyphenols and antioxidants in green coffee by thin-layer chromatography, effect-directed analysis and dot blot – comparison to HPLC and spectrophotometry methods. *Journal of Separation Science*, 42(8), 1542–1549. DOI: 10.1002/jssc.201801174. 13.
- Council Regulation (EC) on Organic Production and Labelling of Organic Products and Repealing Regulation (EEC)*. § 834. Brussels: Council of the European Union. (2007).
- Dunaev, A.V. (2009). Actual Issues of the production of processed cheeses. *Syrodelie i maslodelie*, 3, 26-27.
- Evdokimov, I.A., & Volodin, D.N. (2016). The current state and prospects for the whey processing. *Milk processing*, 8(203), 10–13.
- Fedoseeva, L.M., Kutateladze, G.R. (2019). Determination of the antioxidant activity of the infusion of common sorrel herba in vitro. *Research Results in Biomedicine*, 5(3), 64-70. DOI: 10.18413/2658-6533-2019-5-3-0-7.
- Garcia, V., Rovira Garbayo, S., Teruel, R., Boutoial, K. Rodríguez, J., Roa, I. & López, M. (2012). Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese. *Dairy Science and Technology*, 92, 691-707. DOI: 10.1007/s13594-012-0086-1.

- Gonzalez-Rabade, N., Badillo-Corona, J. A., Aranda-Barradas, J. S., & Oliver-Salvador, M. C. (2011). Production of plant proteases in vivo and in vitro-a review. *Biotechnology Advances*, 29 (6), 983-996.
- Grek, O., Krasulya, O., Tymchuk, A., & Chubenko, L. (2018). The investigation of the potential complex from plantago major to coagulate milk proteins. *Food and Environment Safety*, XVII (2), 165-175.
- Grek, O., Kumar, A., Khareba, V., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., & Chubenko, L. (2019). Polyphenolic compounds transition into protein-plant concentrates during the deposition of milk proteins by *Plantago major* L. *Ukrainian Food Journal*, 6 (4), 745–754. DOI: 10.24263/2304-974X-2019-8-4-6.
- Grek, O., Onopriichuk, O., & Pshenychna, T. (2017). The rationalization of the parameters of milk proteins' thermo acid coagulation by berry coagulants. *Food and Environment Safety*, 1, 1-7.
- Grek, O., Onopriichuk, O., Tymchuk, A., & Chubenko, L. (2017). Determination of moisture connection forms of protein-herbal clots. *Ukrainian Food Journal*, 6 (3), 147–157. DOI: 10.24263/2304-974X-2017-6-3-13.
- Grek, O., Pshenychna, T., Onopriichuk, O., & Tymchuk, A. (2019). Determination of amino acid composition and biological value protein-berry concentrates. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 29, 26-32. DOI: 10.24263/2310-1008-2018-6-2-6.
- Grek, O., Pshenychna, T., Tymchuk, A., Savchenko, O., & Ochkoymas, O. (2020). Research of quality indicators in protein-blueberry concentrates. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 156-163. DOI: 10.5219/1255.
- Grek, O., Pshenychna, T., Chubenko, L., & Onopriichuk, O. (2020). Polyphenol composition and technological characteristics of the coloured whey from various origin. *Ukrainian Food Journal*, 9 (4), 832-844. DOI: 10.24263/2304-974x-2020-9-4-9.

- Grech, O., Tymchuk, A., Chubenko, L., & Ovsienko, K. (2017). Research of quality indicators of curd products on basis of protein-herbal clots. *Food and Environment Safety*, XVI (4), 262-268.
- Grech, O., Tymchuk, A., Tsygankov, S., Onopriichuk, O., Savchenko, O., & Ochkolyas, O. (2019). Methods for determining the characterization of mashes with fiber for semi-finished products on the milk-protein base. *EUREKA: Life Sciences*, 6, 50-56.
- Grech, O., Tsygankov, S., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., Savchenko, O., & Ochkolyas, O. (2019), Research of recipe components influence on the properties of dairy-protein mashes for semi-finished products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/11 (102), 41-48. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.183549.
- Guil, J. L., Torija, M. E., Giménez, J. J., & Rodríguez, I. (1996). Identification of fatty acids in edible wild plants by gas chromatography. *Journal of chromatography*. 719(1), 229–235. DOI: 10.1016/0021-9673(95)00414-9.
- Guyomarc'h, F., Arvisenet, G., Bouhallab, S., Canon, F., Deutsch, S.-M., Drigon V., & Gagnaire, V. (2020). Mixing milk, egg and plant resources to obtain safe and tasty foods with environmental and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 119-132. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.12.010.
- Herasymova, I.V. (2015). Prospects for the plantain use in medical and pharmaceutical practice. *Scientific Journal «ScienceRise»*, 11/4(16), 20–24. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.54487.
- Horne, D., & Banks J. (2004). *Rennet-induced coagulation of milk Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. London: Academic Press.
- Horne, D.S. & Lucey, J.A. (2017). Rennet-Induced Coagulation of Milk. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 115–143. DOI: 10.1016/B978-0-12-417012-4.00005-3.
- Huang, X. W., Chen, L. J., Luo, Y. B., Guo, H. Y., & Ren, F. Z. (2011). Purification, characterization, and milk coagulating properties of ginger proteases. *Journal of dairy science*, 94(5), 2259–2269. DOI: 10.3168/jds.2010-4024.

- Janković, T., Zdunić, G., Beara, I., Balog, K., Pljevljakušić, D., Stešević, D. & Šavikin, K. (2012). Comparative study of some polyphenols in *Plantago* species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 42, 69–74. DOI: 10.1016/j.bse.2012.02.013.
- Jerezano, A., & Pazos, C. (2016). Some Traditional Medicinal Plants of North Region from Puebla, Mexico: Uses and Potential Pharmacological Activity of *Rumex* spp.. *Natural Products Chemistry & Research*, 4 (4), 223–230. DOI: 10.4172/2329-6836.1000223.
- Karki, A., & Ojha, P. (2018). Quality Evaluation of Kiwi Juice Coagulated Mozzarella Cheese. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 10, 7–10. DOI: 10.3126/jfstn.v10i0.17920.
- Keivani, M., Mehregan, I. & Albach, D.C. (2021). Evaluating morphological diversity among *Plantago major* L. populations and influence of ecological variables. *Biologia*. DOI: 10.1007/s11756-021-00711-2.
- Khodakov, I.V. (2012). Sposob identifikatsii polifenolov v rastitelnykh ekstraktakh. *Visnik stomatologii*, 80 (7), 42. 16.
- Khodakov, I.V. (2013). Sposob identifikatsii polifenolov v rastitelnykh ekstraktakh pri pomoshchi VEZhKh. Opređenje sostava izoflavonovsoi. *Metodyi obiekty khimicheskogo analiza*, 8 (3), 132–142.
- Khodakov, I.V., & Makarenko, O.A. (2010), Vysoko effect ivnaiazhid kostnaia khromatografiia v issledovanii rastitelnykh polifenolov. *Visnik stomatologii*, 73(5), 59–60.
- Kim, J.-M., Jang, D.-S., Lee, Y.-M., Lee, G.-Y., & Kim, J.-S. (2008). Constituents of the Fruits of *Rumex japonicus* with Inhibitory Activity on Aldose Reductase. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 51(1), 13–16. DOI: 10.3839/jabc.2008.003.
- Kochubei-Lytvynenko, O., Marynin, A., Yushchenko, N., Kuzmyk, U., & Lazarenko, M. (2017). Study of the state of moisture in the curd paste with sumach extract and the addition of buckwheat groats. *astern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11), 22-26. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.116918.

- Kumar, A., Grover, S., Sharma, J., & Batish, V. K. (2010). Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions. *Critical reviews in biotechnology*, 30(4), 243–258. DOI: 10.3109/07388551.2010.483459.
- Kumar, S., Rai, D. C., Niranjana, K., & Bhat, Z. F. (2014). Paneer-An Indian soft cheese variant: a review. *Journal of food science and technology*, 51(5), 821–831. DOI: 10.1007/s13197-011-0567-x
- Kumari, M., Sharma, A., & Jagannadham, M.V. (2012). Decolorization of Crude Latex by Activated Charcoal, Purification and Physico-Chemical Characterization of Religiosin, a Milk-Clotting Serine Protease from the Latex of *Ficus religiosa*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58 (13), 8027–8034. DOI: 10.1021/jf101020u.
- Kutateladze, G.R., & Fedoseeva, L.M. (2019). Research in the Development and Validation of the Method of Quantitative Determination of Flavonoids in the Common Sorrel Herba, Gathered in the Altai Territory. *Drug development & registration*, 8(2), 80-86. DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-2-80-86.
- Leitzmann, C. (2014). Vegetarian nutrition: past, present, future. *The American journal of clinical nutrition*, 100 (1), 496–502. DOI: 10.3945/ajcn.113.071365.
- Lo Piero, A. R., Puglisi, I., & Petrone, G. (2002). Characterization of "lettucine", a serine-like protease from *Lactuca sativa* leaves, as a novel enzyme for milk clotting. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(8), 2439–2443. DOI: 10.1021/jf011269k.
- Lucey, J.A. (2016). *Acid Coagulation of Milk*. New York: Springer, NY. DOI: 10.1007/978-1-4939-2800-2_12.
- Lufrano, D., Faro, R., Castanheira, P., Parisi, G., Veríssimo, P., Vairo Cavalli, S. ...Faro, C. (2012). Molecular cloning and characterization of procirsin, an active aspartic protease precursor from *Cirsium vulgare* (Asteraceae). *Phytochemistry*, 81, 7-18. DOI: 10.1016/j.phytochem.2012.05.028.
- Luo, J., Xiao, C., Zhang, H., Ren, F., Lei, X., Yang, Z., & Yu, Z. (2018). Characterization and milk coagulating properties of *Cynanchum otophyllum*

- Schneid. proteases. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2842–2850. DOI: 10.3168/jds.2017-13888.
- Macedo, I.Q., Faro, C.J., & Pires, E.M. (1993). Specificity and kinetics of the milk-clotting enzyme from Cardoon (*Cynara cardunculus L.*) toward bovine κ -casein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1537–1540. DOI: 10.1021/jf00034a001.
- Malenčić, D., Cvejić, J., & Miladinović, J. (2012). Polyphenol Content and Antioxidant Properties of Colored Soybean Seeds from Central Europe. *Journal of Medicinal Food*, 15(1), 89–95. DOI: 10.1089/jmf.2010.0329.
- Mazorra-Manzano, M. A., Perea-Gutiérrez, T. C., Lugo-Sánchez, M. E., Ramírez-Suarez, J. C., Torres-Llanez, M. J., González-Córdova, A. F., & Vallejo-Cordoba, B. (2013). Comparison of the milk-clotting properties of three plant extracts. *Food chemistry*, 141 (3), 1902–1907. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.042.
- Mazorra-Manzano, M., Mora-Cortes, W., Leandro-Roldan, M., González-Velázquez, D., Torres-Llanez, M., & Ramírez-Suarez, Ju., ...Vallejo-Cordoba, B. (2020). Production of whey protein hydrolysates with angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity using three new sources of plant proteases. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 28. DOI: 101724. 10.1016/j.bcab.2020.101724.
- Mozzon, M., Foligni, R., Mannozi, C., Zamporlini, F., Raffaelli, N., & Aquilanti, L. (2020). Clotting Properties of *Onopordum tauricum* (Willd.) Aqueous Extract in Milk of Different Species. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(6), 692. DOI: 10.3390/foods9060692.
- Najafian, Y., Hamed, S. S., Farshchi, M. K., & Feyzabadi, Z. (2018). *Plantago major* in Traditional Persian Medicine and modern phytotherapy: a narrative review. *Electronic physician*, 10(2), 6390–6399. DOI: 10.19082/6390.
- Okamura-Matsui, T., Takemura, K., Sera, M., Takeno, T., Noda, H., Fukuda, S., & Ohsugi, M. (2001). Characteristics of a cheese-like food produced by fermentation of the mushroom *Schizophyllum commune*. *Journal of bioscience and bioengineering*, 92(1), 30–32. DOI: 10.1263/jbb.92.30.

- Oleinikov, D.N., Samuelsen, A.V., & Tankhaeva, L.M. (2007). Big plantain (*Plantago major* L.). Chemical composition and application. *Himiya rastitel'nogo syirya*, 2, 37-50.
- Olenikov, D.N., & Tanhaeva, L.M. (2006). Development of a technology for obtaining a large dry plantain extract. *Chemistry of plant raw materials*, 1, 47–52.
- Oluwasesan, B., Fasinu, P., Bello, O., Ogbesejana, A., Adetunji, C., Dada, A. O., ...Oguntoye, S. (2019). Wild vegetable *Rumex acetosa* Linn.: Its ethnobotany, pharmacology and phytochemistry—A review. *South African Journal of Botany*, 125, 149-160 DOI: 10.1016/j.sajb.2019.04.018.
- Osintsev, A. M., Gromov, E. S., & Braginsky, V. I. (2013). A phenomenological model of milk coagulation. *Foods and Raw Materials*, 1 (1), 11–18. DOI: 10.12737/1512.
- Osintsev, A.M. (2014). Theoretical and practical aspects of the thermographic method for milk coagulation research. *Foods and Raw Materials*, 2 (2), 147-155.
- Pavlyuk, R, Pogarskaya, V., Radchenko, L., Pavlyuk, V., Bilenko, L., Stukonozhenko, T., & Loseva, S. (2019). Discovery of latent reserves of fruit and vegetable raw materials during the production of healthful food products for the world culinary specialists. *Science Rise*, 5, 57-64. DOI: 10.15587/2313-8416.2019.168943.
- Pavlyuk, R., Pogarskaya, V., Balaba, K., Kravchuk, T., & Pogarskiy, A. (2019). Of sour-milk healthy beverages with the use of natural herbal. *Food Science and Technology*, 13 (4). DOI:10.15673/fst.v13i4.1566.
- Quradha, M.M., Khan, R., Rehman, M.-Ur., & Abohajeb, A. (2018). Chemical composition and in vitro anticancer, antimicrobial and antioxidant activities of essential oil and methanol extract from *Rumex nervosus*. *Natural Product Research*, 33. DOI: 10.1080/14786419.2018.1452009.

- Rao, K. V., Sunitha, C., Banji, D., Sandhya, S., & Mahesh, V. (2011). A study on the nutraceuticals from the genus *Rumex*. *Hygeia journal for drugs and medicines*, 3 (1), 76– 88. Retrieved from <https://cutt.ly/4zQ25bR>.
- Rawlings, N. D., Barrett, A. J., & Bateman, A. (2012). MEROPS: the database of proteolytic enzymes, their substrates and inhibitors. *Nucleic Acids Research*, 40, 343–350. DOI: 10.1093/nar/gkr987.
- Roa, I., López, M.B., & Mendiola, F.J. (1999). Residual clotting activity and ripening properties of vegetable rennet from *Cynara cardunculus* in La Serena cheese. *Food Research International*, 32, 413–419. DOI: 10.1016/S0963-9969(99)00098-8.
- Roseiro, L.B., Barbosa, M., Ames, J.M., & Wilbey, R.A. (2003) Cheesemaking with vegetable coagulants – the use of *Cynara L.* for the production of ovine cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 56, 76–85. DOI: 10.1046/j.1471-0307.2003.00080.x.
- Samah, M., & El-Sayed Ahmed, M. (2019). Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon*, 5 (6). DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01989.
- Sandra, S., Ho, M., Alexander, M., & Corredig M. (2012). Effect of soluble calcium on the renneting properties of casein micelles as measured by rheology and diffusing wave spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 95, 75-82.
- Sanjuán, E, Millán, R, Saavedra, P, Carmona, MA, Gómez, R, & Fernández-Salguero, J (2002). Influence of animal and vegetable rennet on the physiochemical characteristics of Los Pedroches cheese during ripening. *Food Chemistry*, 78, 281–289. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00098-5.
- Sethuramiah, A., & Kumar, R. (2016). Statistics and Experimental Design in Perspective. In: (1st Ed.) Modeling of Chemical Wear. *Elsevier*, 2, 129-159.
- Shah, M.A., Mir, S.A., & Paray, M.A. (2014). Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking: a review. *Dairy Science & Technology*, 94, 5-16. DOI: 10.1007/s13594-013-0144-3.

- Sharma, A., Kumari, M., & Jagannadham, M. V. (2009). Benghalensin, a highly stable serine protease from the latex of medicinal plant *Ficus benghalensis*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(23), 11120–11126. DOI: 10.1021/jf902279u.
- Smith, G. M. (1975). The production and utilization of milk proteins. *Milk md.*, 76(2), 25.
- Sosnina, S.A., Oleshko, G.I., & Pecherskaya, L.G. (2008). Plantain species: active ingredients content. *Farmatsiya*, 8, 21-24.
- Sosnina, S.A., Oleshko, G.I., & Pecherskaya, L.G. (2008). Plantain Species: content of active ingredients. *Pharmacy*, 8, 21–24.
- Sukmanov, V.A., & Sklyarenko, E.V. (2012), Issledovanie aktivnosti vodyi v svezhih myagkih syrakh. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii*, 41(1), 18-22.
- Suthar, Ja., Jana, A., Modha, H., & Balakrishnan, S. (2018). Yield and quality characteristics of paneer made from milk blend containing homogenized milk. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 37, 267-272. DOI: 10.18805/ajdfr.DR-1393.
- Tabayehnejad, N., Castillo, M., & Payne, F.A. (2012). Comparison of total milk-clotting activity measurement precision using the Berridge clotting time method and a proposed optical method. *Journal of Food Engineering*, 108, 549–556. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.09.009.
- Ukrainets, A., Pasichnyi, V., Shvedyuk, D., & Matsuk, Y. (2017). Investigation of proteolysis ability of functional destined minced half-finished meat products. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 19(75), 129–133.
- Vairo-Cavalli, S., Claver, S., Priolo, N., & Natalucci, C. (2005). Extraction and partial characterization of a coagulant preparation from *Silybum marianum* flowers. Its action on bovine caseinate. *Journal of Dairy Research*, 72(3), 271-275. DOI:10.1017/S0022029905000749.

- Vasas, A., Orbán-Gyapai, O., & Hohmann, J. (2015). The Genus *Rumex*: Review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of ethnopharmacology*, 175, 198–228. DOI: 10.1016/j.jep.2015.09.001.
- Wang, Q., & Xiong, Y.L. (2019). Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 936-952. DOI: 10.1111/1541-4337.12450.
- Yıldırım-Elikoğlu, S. (2018). Interactions Between Milk Proteins and Polyphenols in Model Systems or Complex Dairy Matrices. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 4, 554-559. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21858-1.
- Бадалян, З. В., Степанова, Э. Ф., Темирбулатова, А. М., & Зилфикаров, И. Н. (2011). Суммарные фитопрепараты подорожника большого возможности совершенствования технологии. *Актуальные проблемы медицины*, 16-2 (22 (117)), 125-130.
- Баль-Прилипко, Л., & Савченко, О. (2012). Технологічна доцільність виготовлення м'яких сирних продуктів методом термокислотної коагуляції. *Продовольча індустрія АПК*, 6, 12-15.
- Беланова, Н.А. Карпов, С.И., & Селеменев, В.Ф. (2011). Определение катехинов методами ТСХ и УФ спектрофотометри. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, 77 (12), 21–23.
- Беляєва, С.С., Бишовець, Л.Г., & Куракін, О.Б. (2020). Нормативно-правове регулювання безпечності та якості харчових продуктів в Україні в сучасних умовах. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг*, 1 (31), 257-268. DOI: 10.5281/zenodo.3932799.
- Бобылин, В.В., & Темерко, Н.Л. (2000). Влияние технологических параметров на выход мягких сыров. *Сыроделие*, 2, 36.
- Бражников, А.М, & Рогов, В.А. (1985). Возможные подходы к аналитическому проектированию комбинированных продуктов питания. *Известия вузов. Пищевая технология*, 3, 22–27.
- Вілігорська, К.В., & Хухліна, О.С. (2014). Дисметаболичні порушення бміну щавлевої кислоти як провокаційний фактор розвитку хронічного

- обструктивного захворювання легень. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*, 2, 26–28.
- Высочина, Г.И. (2011). Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишные (Polygonaceae Juss.). *Сообщ. IV. Род Щавель – Rumex L.Turczaninowia*, 14 (1), 120–126. Retrieved from <https://cutt.ly/azQ0JYW>.
- Герасимова, І.В. (2015). Перспективи застосування подорожника великого у медичній та фармацевтичній практиці. *Scientific Journal «ScienceRise»*, 11/4(16), 20-24.
- Глаголева, Л.Э., & Азарных О.А. (2014). Технологические аспекты производства полуфабрикатов высокой степени готовности для организации питания на туристических маршрутах. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания*, 1, 84-89.
- Гніщевич, В., Юдіна, Т., & Дейниченко Л. (2016). Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів. *Товари і ринки*, 2, 148-157.
- Гніщевич, В., Юдіна, Т., & Дейниченко Л. (2017). Технологія та біологічна цінність виробів із молочно-білкового концентрату. *Товари і ринки*, 1, 139–148. Retrieved from <https://cutt.ly/3zkFvrb>.
- Головко, М. П., Пенкіна, Н. М., & Колесник В. В. (2011). Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 4(6), 9-11. Retrieved from <https://cutt.ly/dzQZ9rg>.
- Горбатова, К.К. (2001). *Биохимия молока и молочных продуктов*. Санкт-Петербург: ГИОРД.
- Горлов И.Ф., Серова О.П., & Воронцова Е.Н. (2012). Инновационные разработки рецептуры мягких сыров с расторопшей. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*, 1 (25), 71-74.

- Дейниченко, Г.В., Колесніченко, Т.О., Івашина, Л.Л., Лазарєва, Т.А., Вілков, С.М., & Шаталова, А.С. (2014). Патент України 90267. Київ: Державне патентне відомство України.
- Дейниченко, Л. Г. (2018). Технологія молочно-білкових концентратів зі сколотин з використанням плодово-ягідних коагулянтів (Кандидатська дисертація). Retrieved from <https://cutt.ly/vzxNeUr>.
- Дібровська, Н. В. (2012). Технологія холодних напоїв із дикорослою сировиною оздоровчого призначення. *Вісник Національного університету ХІІІ*, 26, 164–168.
- Долгорукова, М.В., Шувалова, Е.Г., & Кабанова, Т.В. (2017). Использование коагулянтов растительного происхождения при выработке термокислотных сыров. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*, 19, 161-163.
- Евтефеев, Ю.В., & Зыкович, С. Н. (2011). Исследование химического состава и питательности щавеля сорта «Румекс К-1» / Ю. В. Евтефеев, *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 3, 76–80.
- Желага, А.М., & Безпала, Т.М. *Лікарська рослинна сировина як основа для виробництва якісних фармацевтичних препаратів. Тези доповідей XV Міжнародної науково-практичної конференції «Військові і політичні науки в контексті соціального прогресу» (7 грудня – 15 грудня 2011 року). Київ, Лондон: Odessa In Press. Retrieved from <http://gisar.eu/ru/node/1618>.*
- Зобкова, З.С., Федулова, Л.В., Фурсова, Т.П., Зенина, Д.В., & Котенкова, Е.А. (2018). Биологическая ценность белка творога, изготовленного с применением трансглутаминазы, и особенности его влияния на растущих крыс. *Вопросы питания*, 87 (2), 44-52. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10018.

- Золотарьова, О.К., Подорванов, В.В., & Дубина Д.В. (2017). *Поліфенольні сполуки макрофітів та їхнє екологічне значення*. Український ботанічний журнал, 74 (4), 373-384. DOI: 10.15407/ukrbotj74.04.373.
- Зуев, В. А. (2014). Медленные инфекции человека и животных. *Вопросы вирусологии*, 59 (5), 5–12.
- Иголкина Л. А., Руденская Г. Н., & Руденская Ю. А. (2000). Аффинный сорбент для выделения протеолитических ферментов на основе хитозана. *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия*, 41 (6), 398–401. Retrieved from <https://cutt.ly/0zQXtNQ>.
- Касьянов, Г.И., Кизим, И.Е., & Холодов, М.А. (2000). Применение пряноароматических и лекарственных растений в пищевой промышленности. *Пищевая промышленность*, 5, 33-35.
- Козак, О., (2020). *Тенденції споживання молочних продуктів в Україні. Вплив пандемії*. URL <https://cutt.ly/gzfhYPL>.
- Кортиков, В.Н., & Кортиков, А.В. (2002). *Полная энциклопедия лекарственных растений*. Ростов-на-Дону: Проф-Пресс.
- Коршунова, Г. Ф., Гніцевич, В. А., & Никифоров, Р. П. (2007). Обґрунтування технологічних режимів осадження білкових речовин знежиреного молока з використанням ягідних пюре. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 17 (1), 113-119.
- Кузьмик, У.Г. (2018). Удосконалення технології паст кисломолочних з прянощами (Кандидатська дисертація). Retrieved from <https://cutt.ly/RzkBwlc>.
- Кушнір, Н.А., Загоровська, І.В., Манєва, Ц.В., Чев'юк, М.П., & Мирошниченко, Л.І. (2015). Патент України 101334. Київ: Державне патентне відомство України.
- Лебедева, Г.В., & Проскуряков, М.Т. (2009). Очистка и характеристика молокосвертывающих ферментов вешенки обыкновенной. *Прикладная биохимия и микробиология*, 45, 690-692.

- Лебська, Т., Коваль, О., & Козлова, С. (2010). Дослідження структурно-механічних властивостей рибного фаршу з кальмаром. *Товари і ринки*, 2, 112-117. Retrieved from <https://cutt.ly/pzv0imE>.
- Левицкий, А.П., Деньга, О.В., & Макаренко, О.А. (2010). *Биохимические маркеры воспаления тканей ротовой полости*. Одесса: КП «Одеська міська друкарня».
- Липатов, Н. Н., Сажин, С. Ю., & Башкиров О. И. (2001). Совокупное качество технологических процессов молочной промышленности и количественные критерии его оценки. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 33–34.
- Липатов, Н.Н., Лисицин, А.Б., & Юдина, С.Б. (1996). Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов. *Мясная индустрия*, 1, 12-15.
- Лупинская, С.М. (2010). Подготовка дикорастущего сырья при получении функциональных молочных продуктов. *Техника и технология пищевых производств*, 3, 13–17.
- Лупинская, С.М., & Кузнецова, Л.А. (2015). Разработка композиции дикорастущего сырья для повышения биологической ценности плавленых сыров. *Техника и технология пищевых производств*, 2, 22-27.
- Макаренко, О.А., & Левицкий А.П. (2012). Взаимодействие флавоноидов с протеинами. *Досягнення біології та медицини*, 2(20), 75-82.
- Макаров, Р.И., & Кабанова, Т.В. (2018). Выбор коагулянта при выработке сыров термокислотным способом. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*, 20, 248-250.
- Мальцева, А.А., Чистякова, А.С., Сорокина, А.А., Сливкин, А.И., & Логунова, С.А. (2013). Количественное определение флавоноидов в траве горца почечуйного. *Вестник Воронежского государственного университета, серия: Химия. Биология. Фармация*, 2, 199-202. Retrieved from <https://cutt.ly/1zQNQD3>.

- Мамаев, А. В., & Бобракова, Л. А. (2012). Влияние молочно-белковых концентратов на биологическую ценность зерненого творога. *Вестник Орел ГАУ*, 1, 150-152.
- Мардар, М. Р., Лозовська, Г. М., Памбук, С. А., & Гожелова, К. Г. (2019). Основні тенденції розвитку ринку молочної продукції і методи її просування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 4, 12-19. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-2.
- Маційчук, О.П. (2012). Дослідження фенольного складу листків та квітів подорожнику великого та подорожнику ланцетолистого. *Український медичний альманах*, 15 (3), 119-121. 13.
- Мінарченко, В. М., & Бутко, А. Ю. (2017). Дослідження вітчизняного ринку лікарських засобів рослинного походження. *Фармацевтичний журнал*, 1, 30-35. Retrieved from <https://cutt.ly/szQGZ10>.
- Мірзоєва, Т.В. (2013). Особливості вітчизняного ринку лікарських рослин в умовах сьогодення. *Інноваційна економіка*, 6, 209-212. Retrieved from <https://cutt.ly/bzx0pWh>.
- Николаева, Ю. Н. (2011). *Крапива, лопух, подорожник, звербой. Лекарства от 100 болезней*. Москва: РИПОЛ.
- Оленников, Д.Н., Samuelsen, А.В., & Танхаева, Л.М. (2007). Подорожник большой (*Plantago major L.*). Химический состав и применение. *Химия растит. Сырья*, 2, 37–50.
- Остроумов, Л.А., & Хуснуллина, Н.В. (2010). Изучение кислотно-сычужного свертывания молока с примесью СОМ. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 1-5.
- Остроумов, Л.А., Осинцев, А.М., Смирнова, И.А., Глушаков, М.А., & Чеботарев, А.Л. (2011). Феноменологическая модель термокислотной коагуляции белков обезжиренного молока. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 133139.

- Пшенична, Т., Грек, О., Онопрійчук, О., Пасічний, В. & Чубенко Л. (2018). Якість полікомпонентних згустків, одержаних термокислотним осадженням білків молока. *Продовольча індустрія АПК*, 1, 24-29.
- Пшеничная, Т.В. (2019). Разработка технологии комплексного переработки молока на концентраты белково-ягодные (Кандидатська дисертація). Retrieved from <https://cutt.ly/QzEfi4Z>.
- Рудава, С. І. (2013). Економічні проблеми раціонального харчування та його роль у покращенні здоров'я населення України. *Вісник Вінницького національного медичного університету*, 17 (2), 475-481. Retrieved from <https://cutt.ly/4zfhVqm>.
- Рудакова, А. Ю., Забодалова, Н. А., & Серова О. П. (2014). Разработка и производство сырных продуктов с растительными компонентами. *Научный журнал НИУ ИТМО*, 4, 204-209.
- Савченко, О.А., Грек, О.В., & Красуля, О.О. (2015). *Актуальні питання технології молочно-білкових концентратів. Теорія і практика*. Київ: НУБіП.
- Саженова, Ю.М, & Лупинская, С.М. (2016). Разработка технологии творожного продукта с использованием дикорастущего сырья облепихи и крапивы. *Техника и технология пищевых производств*, 43(4), 76-82. 10.21179/2074-9414-2016-4-76-82.
- Сегеда, С.А. (2016). Сучасний рівень продовольчого забезпечення в Україні. *Мукачівський державний університет*, 5, 104-109. Retrieved from <https://cutt.ly/uzfzNcr>.
- Силантьева, Л.А., & Баулина, М.А. (2012). Использование сывороточных белков и сиропа из лекарственных трав при производстве кисломолочного продукта. *Научный журнал НИУ ИТМО*, 2 (14). Retrieved from <https://cutt.ly/VzkCRX1>.
- Скотт, Р., Робинсон, Р.К., & Уилби, Р.А. (2005). *Производство сыра: научные основы и технологии*. Санкт-Петербург: Профессия.

- Слащева, А.В., Никифоров, Р.П., & Попова, С.Ю. (2016). Обґрунтування доцільності використання білкововуглеводного напівфабрикату в технології продукції з дисперсною структурою. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2/11 (80), 64-71. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65789.
- Смирнова, И. А., Гралевская, И. В., Штригуль, В. К., & Смирнов, Д. А. (2012). Исследование способов коагуляции молока с целью формирования микропартикулятов белков молока. *Техника и технология пищевых производств*, 3 (26), 112-120. Retrieved from <https://cutt.ly/WzcrjpE>.
- Соснина, С.А., Левинова, В.Ф., Одегова, Т.Ф., Бояршинов, В.Д., & Шаров, А.В. (2013). Фитохимический и микробиологический анализ настоев листьев различных видов рода *Plantago L.* *Современные проблемы науки и образования*, 3, 359. Retrieved from <https://cutt.ly/CzQKtdV>.
- Соснина, С.А., Олешко, Г.И., Печерская, Л.Г., & Левинова, В.Ф. (2008). Виды подорожника: содержание действующих веществ. *Фармация*, 8, 21–24.
- Старовойтова, В.В. (2001). Изучение функциональных свойств химозина теленка и его рекомбинантных форм (Кандидатская диссертация). Retrieved from <https://cutt.ly/Yzx8ZyF>.
- Тимчук, А., Онопрійчук, О., Грек, О., Пухляк, А., & Пасічний, В. (2015). Сучасний підхід до розроблення технології сиркових виробів. *Продовольча індустрія АПК*, 1-2, 25-29. Retrieved from <https://cutt.ly/UzEvVDq>.
- Тюха, І.В., & Музичук, Д.В. (2015). Конкурентоспроможність продукції підприємств молокопереробної промисловості. *Науковий вісник Херсонського державного університету*, 15 (3), 129-132.
- Федотова, А.В. (2006). Правильный выбор молокосвертывающих ферментных препаратов-гарантия качества выпускаемых сыров. *Молочное дело*, 6, 39.
- Харитонов, В.Д. (2000). Проблемы и перспективы молочной промышленности XXI века. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 11, 16-18.

- Хортецька, Т.В., Мазулін, О.В., & Смойловська, Г.П. (2012). Амінокислотного складу листя розповсюджених видів роду Подорожник (*Plantago L.*) флори півдня України. *Фармацевтичний журнал*, 5, 76-80. Retrieved from <https://cutt.ly/kzEcI3a>.
- Храмова, В.Н., Лисицын, А.Б., & Горлов, И.Ф. (2010). *Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции*. Волгоград: ВолГГТУ.
- Царук, Д. С. (2020). Аналіз зовнішнього середовища функціонування підприємств молокопереробної галузі України. *Економічний простір*, 156, 98-103. DOI: 10.32782/2224-6282/156-17.
- Цикуниб, А.Д., & Гончарова, С.А. (2014). Молокосвертывающие ферменты: сравнительная характеристика. *Наука: комплексные проблемы*, 1, 20-27.
- Чемерис, О.В., Рашевский В.В., Галкова К.А., & Бойко М.И. (2016). Штаммовая изменчивость синтеза специфических молокосвертывающих протеиназ у базидиального гриба *Grех lacteus*. *Вестник Московского университета*, 4, 45-49. Retrieved from <https://cutt.ly/Szcu4M1>.
- Черевко А.И. (2019). *Энциклопедия питания. Том 5. Биологически активные добавки*. Москва: КноРус.
- Черевко, О.І., Єфремов, Ю.І., & Михайлов, В.М. (2007). *Переробка дикорослої та пряно-ароматичної рослинної сировини*. Харків: ХДУХТ.
- Черних, В. П. (2010). *Фармацевтична енциклопедія*. Київ : МОРІОН.
- Чечеткина, А.Ю. (2018). Разработка технологии мягкого сыра без созревания из смеси молочного сырья. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург. Retrieved from <https://cutt.ly/kzfq3Kt>.
- Чубанова, С.В., Семенчукова, Е.А., & Валентович, Л.Н. (2018). Протеолитические ферменты, применяемые в сыроделии. *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты*, 10, 403-437.
- Чуешов, В.И. (2002). *Промышленная технология лекарств*. Харьков: НФАУ.

- Шингарёва, Т. И., Скапцова, Н. А., & Глушаков, М. А. (2013). Влияние молочного сырья и способа коагуляции на структурно-механические свойства белковой продукции. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*, 2, 92–102.
- Шляпникова, С.В., & Батырова, Э.Р. (2017). Особенности коагуляции молока: сычужный ферментный препарат и его аналоги. *Биомика*, 9 (1), 33-41.
- Шпирная, И.А., Шляпникова, С.В., Цветков, В.О., & Ибрагимов, Р.И. (2016). Молокосвертывающая активность ферментов базидиальных грибов. *Доклады Башкирского университета*, 1 (1), 63-67. Retrieved from <https://cutt.ly/qzci1QQ>.
- Юдіна, Т.І., & Назаренко, І.А. (2012). Обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва комбінованих фаршів. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 29, 322–328.

ДОДАТКИ

Додаток А. Розроблений проект нормативної документації

УКНД 67.100.10



ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор Національного університету
харчових технологій, д-р техн. наук, проф.
О. Ю. Шевченко
2021 р.

НАПІВФАБРИКАТ БІЛКОВО-ТРАВ'ЯНИЙ

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021

(вводяться вперше)

Дата надання чинності з «24» 02 2021 р.
Чинні до «24» 02 2026 р.

РОЗРОБЛЕНО
Національним університетом харчових технологій
Ректор НУХТ
проф., д-р. техн. наук _____ О. Ю. Шевченко
«24» 02 2021 р.

Професор кафедри технології молока і
молочних продуктів, канд. техн. наук _____ О. В. Грек
«23» 02 2021 р.

Доцент кафедри технології молока і
молочних продуктів, канд. техн. наук _____ А. В. Тимчук
«23» 02 2021 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів _____ Л. М. Чубенко
«23» 02 2021 р.

2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗАТВЕРДЖЕНО
Ректор
Національного університету харчових
технологій, д-р техн. наук, проф.
О.Ю. Шевченко
2021 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
по виробництву напівфабрикату білково-трав'яного
ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021
(вводяться вперше)

Дата надання чинності з «24» 02 2021 р.
Чинні до «24» 02 2026 р.

РОЗРОБЛЕНО
Національним університетом харчових технологій
Ректор НУХТ
проф., д-р. техн. наук [Signature] О.Ю. Шевченко
«24» 02 2021 р.

Професор кафедри технології молока і
молочних продуктів, канд. техн. наук [Signature] Грек О.В.
«23» 02 2021 р.

Доцент кафедри технології молока і
молочних продуктів, канд. техн. наук [Signature] А. В. Тимчук
«23» 02 2021 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів [Signature] Л. М. Чубенко
«23» 02 2021 р.

Додаток Б. Акти промислової апробації

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Старший технолог
 М. В. Ковальчук
 ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна»
 «23» лютого 2021 р.

АКТ
промислової апробації технології напівфабрикату білково-трав'яного,
виготовленого згідно з проектом ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021 у виробничих
умовах ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна»

Ми, що нижче підписалися, старший технолог Ковальчук М. В. ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна» та представники Національного університету харчових технологій, професор кафедри технології молока і молочних продуктів к.т.н. Грек О. В. та аспірант кафедри технології молока і молочних продуктів Чубенко Л.М. склали цей акт, про те, що у виробничих умовах ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна», розташованого в м. Вишневе, Київської області, здійснили виробництво дослідних партій напівфабрикату білково-трав'яного згідно з ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021 з метою перевірки технології та відпрацювання режимів зберігання.

Для виробництва напівфабрикату білково-трав'яного молоко незбиране приймали, перевіряли якісні показники у відповідності до вимог чинної нормативної документації. Молоко підігрівали до температури (40 ± 5) °С і направляли на нормалізацію за масовою часткою жиру з урахуванням масової частки білку.

Нормалізоване молоко пастеризували за температури 74 ± 2 °С з витримкою 15...20 с, охолоджували до температури коагуляції, вносили хлорид кальцію у вигляді 40%-го водного розчину із розрахунку 40 г безводної солі на 100 кг молока та сік *Plantago major L.* з масовою часткою сухих речовин $5\pm 0,2$ % та рН $5,85\pm 0,18$, у кількості 6...10 %. Режими коагуляції: температура 50...65 °С з витримкою від 50 до 90 хв. Згусток розрізали та проводили підігрівання до температури 88 ± 3 °С протягом 2...3 хв з метою ущільнення згустку з наступним відділенням сироватки, самопресуванням, охолодженням.

Напівфабрикат білково-трав'яний охолоджували до температури (6 ± 2) °С і фасували в полімерну плівку по 0,2 кг та направляли в холодильну камеру для тимчасового зберігання. Готовий продукт зберігали за температури (4 ± 2) °С не більше 3 діб.

В результаті виробок отримано 50 кг напівфабрикату білково-трав'яного згідно вимог розробленого проекту технічних умов.

Отриманий напівфабрикат білково-трав'яний мав фізико-хімічні показники, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1



Фізико-хімічні показники розробленого напівфабрикату білково-трав'яного

Назва показника	Норма
Масова частка вологи, %	62
Масова частка загального білка, %, не менше ніж	14
Масова частка жиру, %	9
Активна кислотність, рН, в межах	6,25
Фосфатаза	Не виявлено
Температура під час випуску з підприємства-виробника, °С, не вище ніж	4



Від ПрАТ «Вімм-Біль-Данн Україна»
М. В. Ковальчук

Від НУХТ


О. В. Грек

Л.М. Чубенко

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ТОВ «Кременецьке Молоко»

Задворна М.Б.

«24» лютого 2021 р.

**АКТ**

промислової апробації технології напівфабрикату білково-трав'яного, виготовленого згідно з проектом ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021 у виробничих умовах ТОВ «Кременецьке Молоко»

Ми, що нижче підписалися, інженер-технолог Дворецький Д. С. ТОВ «Кременецьке Молоко» та представники Національного університету харчових технологій, професор кафедри технології молока і молочних продуктів к.т.н. Грек О. В. та аспірант кафедри технології молока і молочних продуктів Чубенко Л.М. склали цей акт, про те, що у виробничих умовах ТОВ «Кременецьке Молоко», розташованого в с. Білокриниця, Тернопільської області, здійснили виробництво дослідних партій напівфабрикату білково-трав'яного згідно з ТУ У 15.5-0207 0938-298:2021 з метою перевірки технології та відпрацювання режимів зберігання.

Для виробництва концентрату білково-трав'яного молоко незбиране приймали, перевіряли якісні показники у відповідності до вимог чинної нормативної документації. Молоко підігрівали до температури (40 ± 5) °C і направляли на сепарування. В якості коагулянту використовували сік щавлю (ДСТУ 8472:2015). Знежирене молоко пастеризували за температури (88 ± 3) °C з витримкою 15-20 с, додавали сік щавлю у кількості $7\pm 0,5$ % від маси молока і проводили термокислотне осадження білків за температури (88 ± 3) °C протягом (4 ± 1) хв. Утворений згусток переливали у лавсанові мішечки та піддавали самопресуванню протягом 20 хв.

Напівфабрикат білково-трав'яний охолоджували до температури (4 ± 2) °C і фасували в полімерну плівку по 0,2 кг та направляли в холодильну камеру для тимчасового зберігання. Готовий продукт зберігали за температури (4 ± 2) °C не більше 3 діб.

В результаті виробок отримано 30 кг напівфабрикату білково-трав'яного згідно вимог розробленого проекту технічних умов.

Отриманий напівфабрикат білково-трав'яний мав фізико-хімічні показники, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники розробленого напівфабрикату білково-трав'яного

Назва показника	Норма
Масова частка вологи, %	64
Масова частка загального білка, %	14
Активна кислотність, рН	5,2
Фосфатаза	Не виявлено
Температура під час випуску з підприємства-виробника, °С, не вище ніж	4

Від ТОВ «Кременецьке Молоко»
Д. С. Дворецький



Від НУХТ
О. В. Грек
Л. М. Чубенко

Додаток В. Розрахунок економічної ефективності

**Розрахунок економічної ефективності удосконалення технології
напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом
рослин-дикоросів**

Розрахунок зведених витрат проводиться за економічними елементами. Норми витрат і ціна за одиницю для виробництва 1 т напівфабрикату білково-трав'яного (НФБТ) отриманого за допомогою активного комплексу *Rumex acetosa* L. та 1 т напівфабрикату білково-трав'яного отриманого за допомогою активного комплексу *Plantago major* L. із діючими даними 2021 р.

Стаття калькуляції «Сировина та основні матеріали» включає: вартість сировини та матеріалів, що входять до складу продукції, яка випускається; вартість покупних матеріалів, що використовуються у процесі виробництва для забезпечення нормального технологічного процесу і упакування продукції, транспортно-заготівельні витрати, які складають 7 % від вартості сировини. Розрахунок проводиться із врахуванням норм витрат сировини і основних матеріалів на 1 т продукту та їх вартості (табл. Д. 1).

Таблиця Д. 1 – Розрахунок витрат по статті «Сировина та основні матеріали»

Види сировини та основних матеріалів	Од. виміру	Норма витрат на 1 т продукту	Вартість за одиницю, грн.	Всього витрат на 1 т продукції, грн.
<i>Напівфабрикат молочно-білковий отриманий термокислотною коагуляцією</i>				
Молоко незбиране	кг	9542,00	10,50	100191,00
Сироватка	кг	794,00	1,50	1191,00
Закваска для підкисл сиров 0,015%	кг	0,01191	19000,00	226,29
Транспортно-заготівельні витрати				7096,74
Сироватка	кг	5955,00	1,50	8932,50
Вершки з м.ч.ж. 20 %	кг	1602,00	18,00	28836,00
Всього				70936,53
<i>НФБТ отриманий коагуляцією соком Rumex acetosa L.</i>				
Молоко незбиране	кг	9434,00	10,50	99057,00
Сік <i>Rumex acetosa</i> L.	кг	549,50	61,00	33519,50
Транспортно-заготівельні витрати				9280,36
Сироватка трав'яна	кг	6299,625	2,50	15749,06
Вершки з м.ч.ж. 20 %	кг	1584,00	18,00	28512,00
Всього				97595,79
<i>Напівфабрикат молочно-білковий отриманий коагуляцією ферментом ТМ «VIVO»</i>				
Молоко незбиране	кг	9023,00	10,50	94741,50

Продовження таблиці Д. 1

1	2	3	4	5
Фермент рослинного походження VIVO	кг	0,35	11562,50	4039,29
CaCl ₂	кг	2,62	326,67	855,89
Транспортно-заготівельні витрати				6974,57
Сироватка	кг	6767,25	1,50	10150,88
Вершки з м.ч.ж. 20 %	кг	289,40	18,00	5209,20
Всього				91251,18
<i>НФБТ отриманий коагуляцією соком Plantago major L.</i>				
Молоко незбиране	кг	8627,00	10,50	90583,50
Сік <i>Plantago major L.</i>	кг	668,98	69,30	46360,59
CaCl ₂	кг	2,56	326,67	836,28
Транспортно-заготівельні витрати				9644,63
Сироватка трав'яна	кг	6940,71	2,50	17351,77
Вершки з м.ч.ж. 20 %	кг	264,70	18,00	4764,60
Всього				125308,62

Стаття калькуляції «Допоміжні та таропакувальні матеріали» включає матеріали, які не будучи складовою частиною продукції, присутні при її виготовленні або використовуються у процесі виробництва НФБТ для забезпечення технологічного процесу та її зберігання. Вартість допоміжних матеріалів відносять до собівартості продукції за ціною придбання з урахуванням транспортно-заготівельних витрат по нормам витрат, які складають 7 %. Розрахунок по даній статті наведено в табл. Д. 2.

Таблиця Д. 2 – Розрахунок витрат по статті «Допоміжні та таропакувальні матеріали»

Найменування витрат	Одиниця виміру	Норма витрат на 1 т	Вартість за одиницю, грн	Всього витрат на 1 т продукції, грн
<i>Напівфабрикати білково-трав'яні</i>				
Пакувальні матеріали	од	210	1,50	315,00
Ящики № 5	од	210	4,50	945,00
Етикетки	од	210	0,02	4,20
Дезінфікуючі засоби	кг	2	42,10	84,20
Миючі засоби	кг	2	27,40	54,80
Транспортно-заготівельні витрати				98,22
Всього, грн				1501,42

Стаття «Паливо та енергія на технологічні цілі» включає витрати на всі види палива та енергії, що використовується безпосередньо при виробництві НФБТ. Якщо енергоресурси виробляються на підприємстві, то враховуються по

внутрішньо-заводській собівартості. Розрахунок даної статті калькуляції наведено в табл. Д. 3.

Таблиця Д. 3 – Розрахунок витрат по статті «Паливо та енергія на технологічні цілі»

Назва витрат	Одиниця виміру	Норма витрат на 1 т	Вартість за одиницю, грн	Всього витрат на 1 т продукції
<i>Напівфабрикати білково-трав'яні</i>				
Вода	м ³	52,6	16,00	841,60
Пара	т	2,90	1600,00	4640,00
Електроенергія	кВт·год	250,00	1,82	455,00
Холодопостачання	Гкал	0,39	980	382,20
Всього, грн				6318,80

Розрахунок статті калькуляції «Основна заробітна плата» наведено у табл. Д. 4. Основну заробітну плату розраховують у відповідності із прийнятими на виробництві формами та системами оплати праці.

Таблиця Д. 4 – Розрахунок основної заробітної плати робітників

Найменування витрат	Значення
1	2
Витрати праці на 1 т НФБТ, год/т	14,4
Середній розряд у бригаді	IV
Годинна тарифна ставка IV розряду, грн	39,12
Основна заробітна плата на 1 т виробів, грн	563,33
Додаткова заробітна плата, грн (30 % від основної)	169,00
Всього, грн	732,33

Витрати на відрахування до єдиного соціального фонду включають в себе відрахування за встановленими нормативами від загального фонду заробітної плати на пенсійне забезпечення, соціальне страхування, страхові внески на випадок безробіття, індивідуальне страхування та інші соціальні заходи і складають на сьогодні 22,0 %.

Відрахування на соціальні заходи складають: $732,33 * 22/100 = 161,11$ грн.

Витрати, які пов'язані із розробкою та освоєнням нових видів продуктів (НФБТ), призначаються у кількості 10 % від основної заробітної плати і становлять: $563,33 * 10/100 = 56,33$ грн.

Для розрахунку витрат на утримання і експлуатацію обладнання входять витрати на амортизацію, вартість запасних деталей і вузлів, внутрішньозаводське переміщення вантажів та ін. Ці витрати складають 260 % від загальної заробітної плати виробничих робітників і становить: $732,33 * 260/100 = 1904,05$ грн.

Загальновиробничі витрати – це комплексна стаття, яка включає витрати на утримання, опалення, ремонт будинків громадського характеру, амортизаційні

відрахування, управлінські витрати з охорони праці і техніки безпеки тощо. Вони складають 300 % від загальної заробітної плати й становлять: $732,33 * 300/100 = 2196,98$ грн.

«Адміністративні витрати» складають 2...5 % від виробничої собівартості, витрати від браку – 0,3 %, витрати на збут – 1,5...3 %, інші витрати – 0,5...1,0 %.

Усі розрахунки зведених витрат на виробництво та реалізацію НФБТ, що проводилися за економічними елементами наведено в табл. Д. 5.

Таблиця Д. 5 – Зведена таблиця витрат

Стаття калькуляції	Витрати на 1 т без врахування витрат, грн			
	Напівфабрикат молочно- білковий отриманий термокислотною коагуляцією	НФБТ отриманий коагуляцією соком <i>Rumex</i> <i>acetosa</i> L.	Напівфабрикат молочно- білковий отриманий коагуляцією ферментом ТМ «VIVO»	НФБТ отриманий коагуляцією соком <i>Plantago</i> <i>major</i> L.
Сировина та основні матеріали, грн.	70936,53	97595,79	91251,18	125308,62
Допоміжні та таропакувальні матеріали, грн.	1501,42	1501,42	1501,42	1501,42
Паливо та енергія на технологічні цілі, грн.	6318,80	6318,80	6318,80	6318,80
Основна заробітна плата виробничого персоналу, грн.	563,33	563,33	563,33	563,33
Додаткова заробітна плата персоналу, грн	169,00	169,00	169,00	169,00
Відрахування до єдиного соціального фонду, грн.	161,11	161,11	161,11	161,11
Витрати на освоєння нових продуктів, грн.	56,33	56,33	56,33	56,33
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн.	1904,05	1904,05	1904,05	1904,05
Загальновиробничі витрати, грн.	2196,98	2196,98	2196,98	2196,98
Виробнича собівартість, грн.	75240,75	101900,02	104122,20	138179,64
Адміністративні витрати, грн.	3762,04	5095,00	5206,11	6908,98
Витрати від браку, грн	225,72	305,70	312,37	414,54
Витрати на збут, грн.	2257,22	3057,00	3123,67	4145,39
Інші витрати, грн	376,20	509,50	520,61	690,90
Повні витрати, грн.	81861,94	110867,22	113284,95	150339,45


Висновок:

Проведення розрахунків щодо економічної ефективності технології напівфабрикатів з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів дозволяють зробити наступні висновки: повні витрати на виробництво НФБТ, отриманого коагуляцією соком *Rumex acetosa* L. становлять 110867,22 грн/т та НФБТ, отриманого коагуляцією соком *Plantago major* L. – 150339,45 грн/т відповідно.


На основі експериментальних досліджень використання активного комплексу рослин-дикоросів (*Plantago major* L. та *Rumex acetosa* L.) для осадження білків молока за розроблених параметрів збільшує вихід згустку та забезпечує відповідні показники якості напівфабрикатів білково-трав'яних – основи для сучасних молочно-білкових виробів з термічною обробкою.

Розрахунок виконано за консультативно-методичною допомогою доктора економічних наук, професора Кундєєвої Г. О.

Аспірант кафедри технології
молока і молочних продуктів

 Л.М. Чубенко

Професор кафедри економічної
теорії, д-р. екон. наук

 Г.О. Кундєєва



Додаток Г. Протокол медико-біологічних досліджень



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ
З ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБИ У ВОЛИНСЬКІЙ
ОБЛАСТІ
ВОЛИНСЬКА РЕГІОНАЛЬНА ДЕРЖАВНА
ЛАБОРАТОРІЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОСТІ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ
 43020, Волинська обл., м. Луцьк, вул. Поліська Січ, 12, тел. (0332)246 407ф., 246 358, 246 362,
 e-mail: vrdlvim@voldpss.gov.ua,
 IBANUA 988201720313241001201005928 в Державній казначейській службі України м. Київ, МФО 820172,
 ЄДРПОУ 00692682

ВИСНОВОК

За результатами лабораторного дослідження нового продукту –
напівфабрикату з осадженням молочних білків активним
комплексом рослин-дикоросів,
проведеного у Волинській регіональній державній лабораторії
Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та
захисту споживачів.

Протокол досліджень

Об'єкти досліджень

Як об'єкт досліджень було обрано зразки напівфабрикатів білково-трав'яних, отримані з осадженням молочних білків активним комплексом рослин-дикоросів, а саме *Plantago major* L. (ТУ У15.5-0207 0938-298:2021)

Експериментальні тварини

Дослідження проведені на безпородних щурах-самцях з вихідною масою тіла 280 ± 15 г, вік 100 ± 5 днів. Тварини у модельному експерименті були згруповані у 2 групи, які щоденно отримували свіжі овочі ($7 \pm 0,5$ г) та мали необмежений доступ до чистої питної води, при цьому раціон тварин контрольної групи містив напівфабрикат молочно-білковий, виготовлений за класичною технологією, у раціоні щурів дослідної групи був напівфабрикат білково-трав'яний, осаджений соком *Plantago major* L.

Лабораторних щурів утримували у невеликих однарусних клітках за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 50-60% з дотриманням Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах (Наказ МОН України № 249 від 01.03.2012)

Тривалість експерименту: 30 діб.

Контроль маси тіла щурів: перша і остання доба експерименту.

Контроль за споживанням корму, вживанням води, поведінкою, станом слизових оболонок та шерстного покриву: щоденно.

Дослідження біохімічного та морфологічного складу крові: перша та остання доба експерименту.

Отримані результати оброблені з використанням програми «Statistica». Данні на початку та в кінці експерименту розглядалися, як пов'язані вибірки; дані при порівнянні контрольної та дослідної групи – як не пов'язані вибірки.

Висновки:

В результаті експерименту встановлено:

- не зареєстровано загибелі тварин, не відзначалося ознак інтоксикації та захворювання;
- у групі дослідних щурів було відмічене краще споживання корму, водоспоживання звичайне, видимі слизові оболонки рожеві, шерсть чиста, блискуча, калові маси сформовані, розладів шлунку не відмічалось.
- реакція на зовнішні подразнювачі у дослідних тварин була аналогічна контрольній групі.
- протягом дослідного періоду жива маса щурів контрольної групи зросла на 10 г, а дослідної – 23 г до початкової ваги, при цьому середньодобовий приріст живої маси дослідних щурів був на 0,42 г більший ніж у контрольних, що не являє суттєвої різниці ($P < 0,5$);
- вміст лейкоцитів у крові щурів дослідної групи нижчий порівняно з контролем на 5,6%;
- показники біохімічного та морфологічного складу крові обох груп лежать у межах фізіологічних величин щурів.

Таким чином, проведені дослідження показали, що споживання в складі змішаного раціону модифікованого напівфабрикату молочно-білкового в технології якого використовували сік *Plantago major* L., протягом 30 днів не викликає яких-небудь відхилень фізіологічного стану лабораторних щурів, не призводить до інтоксикації чи загибелі тварин. Даний напівфабрикат білково-трав'яний засвоюється тваринами так само, як і молочно-білковий продукт, вироблений за традиційною технологією. Розроблений продукт є безпечним та метаболічно ефективним.

В.о. директора

Б.А. Головка

МП



Результати

біохімічного дослідження крові, плазми та сироватки крові піддослідних тварин

Відділ: Хіміко-токсикологічний відділ
 Зразки взято: 01.02.2021
 Дата проведення аналізу: 01.02.2021 – 03.02.2021
 Вид тварини: щури (самці, статевозрілі)

№ проби	Кальцій, ммоль/л	Магній, мг%	Фосфор, ммоль/л	Глюкоза, мм/л	АсАт, Од/л	АлАт, Од/л	Сечовина, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л	Білірубін заг., мг/дл	Креатинін, мкМ/л	Білок, г/л	Альбуміни, %	α глобуліни, %	β глобуліни, %	γ глобуліни, %
1.	3,06	2,27	2,33	5,02	53,16	63,41	6,52	2,05	1,91	26	69,46	52,5	14,6	21,2	11,7
2.	2,36	2,25	3,13	5,13	43,02	61,55	6,75	1,92	1,88	25	69,11	54,4	10,1	27,4	8,1
3.	2,43	2,35	4,37	4,18	51,21	65,12	5,97	1,87	1,98	31	71,28	58,3	11,4	20,1	10,2
4.	2,36	2,41	4,14	3,88	43,03	64,11	7,02	1,85	2,09	26	70,05	60,2	7,7	24,1	8,2
5.	2,35	2,35	2,42	5,02	51,23	60,97	6,53	2,11	2,04	28	68,11	53,1	14,6	22,8	9,5
6.	2,78	2,70	2,77	4,76	45,27	63,02	7,33	1,95	1,86	26	68,03	61,4	8,5	21,1	9,2
7.	2,52	2,51	3,56	3,94	48,14	64,01	7,11	2,00	2,02	28	71,01	54,2	7,4	26,1	12,1
8.	2,57	2,68	2,13	4,25	48,02	61,17	7,04	1,96	1,88	30	66,13	59,1	8,9	20,9	11,3
9.	2,54	2,53	4,02	4,12	52,02	63,01	6,93	1,86	1,92	24	68,15	55,3	12,8	20,4	11,4
10.	2,61	2,63	2,10	4,17	46,12	62,10	7,22	1,92	1,81	23	69,02	53,7	15,9	22,3	7,9
11.	2,6	2,57	2,49	4,08	48,13	61,79	6,83	2,05	1,88	32	69,42	59,1	8,7	21,1	11,2
12.	2,75	2,53	3,26	3,57	44,01	61,45	6,53	1,88	1,96	30	71,04	54,2	10,5	26,2	9,1
13.	2,92	2,63	3,65	2,47	47,41	61,79	7,33	2,22	2,04	23	68,14	58,4	9,3	20,1	12,2
14.	2,73	2,72	3,75	2,32	51,06	61,45	7,03	2,20	1,78	25	67,08	53,5	15,4	22,8	8,3
15.	2,59	2,31	2,87	4,03	50,17	64,12	7,32	2,15	1,87	27	70,55	55,4	10,1	24,3	10,2
16.	2,3	2,39	4,13	4,08	47,56	63,13	7,11	2,02	1,73	32	68,03	57,3	7,7	26,3	8,7

Результати
біохімічного дослідження крові, плазми та сироватки крові підслідних тварин

Відділ: Хіміко-токсикологічний відділ
Зразки взято: 01.03.2021
Дата проведення аналізу: 01.03.2021 – 04.03.2021
Вид тварини: щури (самці, статевозрілі)

№ проби	Кальцій, ммоль/л	Магній, мг%	Фосфор, ммоль/л	Глюкоза, мм/л	АсАт, Од/л	АлАт, Од/л	Сечовина, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л	Білірубін заг., мг/дл	Креатинин, мкМ/л	Білок, г/л	Альбуміни, %	α глобуліни, %	β глобуліни, %	γ глобуліни, %
1.	2,48	2,43	3,88	3,38	54,19	64,47	6,24	2,02	1,84	29	69,14	53,2	11,2	25,4	9,5
2.	3,04	2,36	3,13	4,82	44,32	63,52	6,53	1,84	1,86	26	70,02	55,3	12,2	23,9	11,1
3.	2,87	2,57	3,43	4,15	52,26	64,13	6,51	1,89	1,98	30	69,07	57,9	9,9	23,6	9,1
4.	2,54	2,59	2,15	3,77	47,18	60,14	6,67	1,83	1,99	27	70,18	59,1	9,7	22,4	11,2
5.	2,52	2,52	3,27	3,76	49,02	61,25	6,52	2,01	2,01	26	68,15	52,5	7,1	24,6	9,3
6.	2,55	2,37	2,12	3,88	51,16	63,05	6,41	1,85	1,87	30	68,22	52,1	13,4	27,2	8,8
7.	2,51	2,28	4,02	4,93	49,07	61,03	7,35	1,93	1,86	29	68,14	55,3	12,3	26,5	10,1
8.	2,42	2,32	3,35	3,03	51,13	62,12	7,04	1,94	2,02	26	66,95	55,2	7,7	24,2	9,2
9.	2,33	2,61	3,29	4,18	45,21	64,23	6,71	1,86	1,82	23	71,05	53,2	11,4	22,9	10,3
10.	2,45	2,64	2,36	3,61	49,17	63,13	7,65	1,92	1,91	24	71,25	52,5	13,8	26,4	9,1
11.	2,58	2,31	3,18	4,72	45,04	62,72	7,33	1,76	1,58	30	68,14	52,9	12,4	25,6	9,2
12.	2,52	2,47	3,96	4,02	42,43	62,33	6,84	1,64	1,74	26	70,17	53,1	12,3	27,8	10,4
13.	2,46	2,45	3,14	3,48	53,02	64,23	6,72	1,75	1,66	26	71,03	61,2	8,6	21,7	8,7
14.	2,73	2,51	2,95	3,95	52,28	64,13	6,61	2,05	1,73	25	67,12	54,7	8,2	26,2	10,9
15.	2,42	2,68	2,04	3,24	49,23	65,15	7,23	1,68	1,62	28	66,86	55,2	8,3	24,8	11,2
16.	2,63	2,59	3,04	3,27	45,16	66,01	7,02	2,16	1,75	25	69,14	56,4	8,7	23,3	9,1

Результати
досліджень морфологічного складу крові піддослідних тварин

Відділ: Хіміко-токсикологічний відділ
Зразки взято: 01.02.2021
Дата проведення аналізу: 02.02.2021
Вид тварини: щури (самці, статевозрілі)

№ проби	Еритроцити, 10 ¹² /л	Гемоглобін, г/л	Гематокрит, %	Лейкоцити, 10 ⁹ /л	Тромбоцити, 10 ⁹ /л
1.	7,71	122	38,99	5,4	
2.	7,95	124	36,14	5,7	
3.	8,28	143	37,01	7,5	
4.	7,23	126	42,05	7,4	
5.	7,54	139	40,88	4,8	
6.	7,52	123	40,06	6,4	
7.	8,21	124	42,99	5,8	
8.	8,13	122	41,02	5,0	
9.	7,21	125	40,13	5,2	
10.	7,12	118	36,01	6,1	
11.	9,27	127	42,62	5,1	
12.	8,41	141	33,8	4,2	
13.	7,84	119	34,12	4,6	
14.	8,29	132	33,81	4,9	
15.	9,51	129	36,08	5,7	
16.	8,21	142	40,05	6,0	

Результати
досліджень морфологічного складу крові піддослідних тварин

Відділ: Хіміко-токсикологічний відділ
Зразки взято: 01.03.2021
Дата проведення аналізу: 01.03.2021
Вид тварини: щури (самці, статевозрілі)

№ проби	Еритроцити, $10^{12}/л$	Гемоглобін, г/л	Гематокрит, %	Лейкоцити, $10^9/л$	Тромбоцити, $10^9/л$
1.	6,52	120	36,79	5,3	
2.	6,83	121	35,48	5,8	
3.	7,07	118	36,25	6,6	
4.	6,02	122	42,55	6,3	
5.	6,33	117	40,88	4,8	
6.	6,31	123	40,06	5,7	
7.	6,99	124	42,99	6,4	
8.	6,92	122	41,02	5,5	
9.	5,99	125	40,13	4,9	
10.	5,91	118	36,01	5,3	
11.	8,06	139	42,62	5,1	
12.	7,20	141	33,8	4,2	
13.	6,63	139	34,12	4,3	
14.	7,08	132	33,81	4,8	
15.	8,29	129	36,08	5,2	
16.	7,02	140	40,05	4,8	

Додаток Д. Протоколи мікробіологічних досліджень

Протокол мікробіологічних досліджень
молочно-білкових концентратів отриманих осадженням білків молока
активним комплексом щавля (*Rumex*)
у лабораторії з контролю виробництва ТДВ «Яготинський маслозавод»

Результати мікробіологічних досліджень

Для мікробіологічного дослідження було надано 3 модельних зразка молочно-білкових концентратів отриманих осадженням білків молока :

№1 – термокислотним способом (контроль);

№2 – активним комплексом щавля (*Rumex*) за термокислотних умов;

№3 – активним комплексом щавля (*Rumex*) за термокислотних умов та збагачений молочнокислою мікрофлорою.

Виробництво модельних зразків молочно-білкових концентратів здійснювали на лабораторному обладнанні кафедри технології молока і молочних продуктів наступним чином:

Зразок №1 Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока термокислотним способом (контроль) виробляли за класичною технологією з термокислотою коагуляцією з нормалізованого молока. В підігріте до температури (93...95) С молоко вносили підсирну сироватку з кислотністю 180°Т у кількості (10±1) %. Під час внесення повільно перемішували та витримували (3...5) хв до утворення згустку, який піддавали самопресуванню протягом 15хв.

Зразок №2 Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока активним комплексом щавля (*Rumex*) виробляли за класичною

технологією з термокислотою коагуляцією з нормалізованого молока. В підігріте до температури (93 ... 95) °С молоко вносили сік (*Rumex*) у кількості (7±1) %. Під час внесення повільно перемішували та витримували (1...2) хв до утворення згустку, який піддавали самопресуванню протягом 15хв.

Зразок №6 Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока активним комплексом шавля (*Rumex*) виробляли за класичною технологією з термокислотою коагуляцією із нормалізованого молока. В підігріте до температури (93 ... 95) °С молоко вносили сік *Rumex* у кількості (7±0,5) %. Під час внесення повільно перемішували та витримували (1...2) хв до утворення згустку, який піддавали самопресуванню протягом 15хв. Готовий концентрат збагачували молочнокислою мікрофлорою - закваскою *Vivo* для сиру кисломолочного у кількості рекомендованій виробником, яка в своєму складі містить наступні штами мікроорганізмів: *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*.

Модельні зразки молочно-білкових концентратів зберігали за температури не вище 5±1 °С протягом 6 діб.

Для приготування модельних зразків було використано молоко нормалізоване з наступними показниками: масовою часткою сухих речовини – (12,3±0,62) %, жиру – (2,6±0,13) %, білку – (2,8±0,14) %, з активною кислотністю – (6,9±0,35) од. рН, густиною – 1027 кг/м³.

Дослідження модельних зразків проводились на 1, 2 ,4 та 6 добу за наступними показниками:

- кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше 1·10⁶ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ДСТУ ISO 15214:2007) – для зразків №3 та №6;
- бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01 г продукту з терміном зберігання понад 72 год; (згідно з ДСТУ 7357:2013 або ДСТУ IDF 73A);

- кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту, не більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015);
- кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015);

Результати досліджень отриманих у мікробіологічній лабораторії ПАТ «Яготинський маслозавод» (м.Яготин, Яготинський район, Київська область, Україна), представлено в у табл. 1

Таблиця 1 – Мікробіологічні показники модельних зразків молочно-білкових концентратів

Зразок	Показник			
	Кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту – не менше $1 \cdot 10^6$ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ДСТУ ISO 15214:2007)	Бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01г продукту- не дозволено (згідно з ДСТУ 7357:2013 або ДСТУ IDF 73A)	Кількість пліснявих грибів , КУО в 1 г продукту, не більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015)	Кількість дріжджів , КУО в 1 г продукту, не більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015)
<i>свіжо виготовлені модельні зразки молочно-білкових концентратів(1 доба)</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$1,1 \cdot 10^{10}$		$0,3 \cdot 10^1$	$0,9 \cdot 10^1$
<i>2 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$1,3 \cdot 10^9$		$2,9 \cdot 10^1$	$4,3 \cdot 10^1$
<i>4 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$0,7 \cdot 10^8$		$4,8 \cdot 10^1$	$4,9 \cdot 10^1$
<i>6 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$0,9 \cdot 10^7$		>50	>100

В отриманих модельних зразках молочно-білкових концентратів не виявлено бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01 г продукту (згідно з ДСТУ 7357:2013 або ДСТУ IDF 73A); кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г

продукту зразків №3 та №6 становило не менше $1 \cdot 10^6$ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ISO 15214:2007); кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту для всіх зразків на шосту добу становило більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015); кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту для всіх зразків на шосту добу становило більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015). Отже можемо зробити висновок, про те, що для модельних зразків молочно-білкових концентратів термін придатності до споживання, повинен становити не більше 4 діб.

Мікробіолог

ТДВ «Яготинський маслозавод»



Охтеня В.В.

Протокол мікробіологічних досліджень
молочно-білкових концентратів отриманих осадженням білків молока
активним комплексом подорожника
у лабораторії з контролю виробництва ТДВ «Яготинський маслозавод»

Результати мікробіологічних досліджень

Для мікробіологічного дослідження було надано 6 модельних зразків
молочно-білкових концентратів отриманих осадженням білків молока :

- №1 – сичужним ферментом (контроль);
- №2 – активним комплексом подорожника (ферментне осадження);
- №3 - активним комплексом подорожника (ферментне осадження) та збагачений молочнокислою мікрофлорою;
- №4 – термокислотним способом (контроль);
- №5 – активним комплексом подорожника (за термокислотних умов);
- №6 – активним комплексом подорожника (за термокислотних умов) та збагачений молочнокислою мікрофлорою.

Виробництво модельних зразків молочно-білкових концентратів здійснювали на лабораторному обладнанні кафедри технології молока і молочних продуктів наступним чином:

Зразок №1. Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока сичужним ферментом (контроль) виробляли за класичної технологією ферментної коагуляції із нормалізованого молока. В якості коагулянта використовували сичужний фермент у вигляді 2,5%-го розчину. Сичужний фермент вносили у підігріте до 37°C молоко та проводили сквашування протягом 90хв. Отриманий згусток розрізали для кращого виділення сироватки та піддавали самопресуванню протягом 15хв.

Зразок №2. Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока активним комплексом подорожника виробляли за класичною технологією

з ферментною коагуляцією із нормалізованого молока. В якості коагулянта використовували сік подорожника з масовою часткою сухих речовин ($6,00 \pm 0,23$). Рослинний коагулянт вносили у підігріте до $55-60^\circ\text{C}$ молоко в кількості ($8 \pm 0,5$) % від маси нормалізованої суміші та проводили сквашування протягом 70хв. Отриманий згусток розрізали для кращого виділення сироватки, підігрівали до температури $88 \pm 3^\circ\text{C}$ протягом 2-3 хв та піддавали самопресуванню протягом 15хв.

Зразок №3. Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока активним комплексом подорожника виробляли за класичною технологією з ферментною коагуляцією із нормалізованого молока. В якості коагулянта використовували сік подорожника з масовою часткою сухих речовин ($6,00 \pm 0,23$). Рослинний коагулянт вносили у підігріте до $55-60^\circ\text{C}$ молоко в кількості ($8 \pm 0,5$) % від маси нормалізованої суміші та проводили сквашування протягом 70хв. Отриманий згусток розрізали для кращого виділення сироватки, підігрівали до температури $88 \pm 3^\circ\text{C}$ протягом 2-3 хв та піддавали самопресуванню протягом 15хв. Готовий напівфабрикат збагачували молочнокислою мікрофлорою - закваскою Vivo для сиру кисломолочного у кількості рекомендованій виробником, яка в своєму складі містить наступні штами мікроорганізмів: *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*.

Зразок №4 Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока термокислотним способом (контроль) виробляли за класичною технологією з термокислотною коагуляцією із нормалізованого молока. В підігріте до температури ($93...95$) С молоко вносили підсирну сироватку з кислотністю 180°T у кількості (10 ± 1) %. Під час внесення повільно перемішували та витримували ($3...5$) хв до утворення згустку, який піддавали самопресуванню протягом 15хв.

Зразок №5 Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока активним комплексом подорожника виробляли за класичною технологією з термокислотною коагуляцією із нормалізованого молока. В підігріте до

температури (93 ... 95) °C молоко вносили сік подорожника у кількості (7±1) %. Під час внесення повільно перемішували та витримували (1...2) хв до утворення згустку, який піддавали самопресуванню протягом 15хв.

Зразок №6 Молочно-білковий концентрат отриманий осадженням білків молока активним комплексом подорожника виробляли за класичною технологією з термокислотною коагуляцією із нормалізованого молока. В підігрите до температури (93 ... 95) °C молоко вносили сік подорожника у кількості (7±0,5) %. Під час внесення повільно перемішували та витримували (1...2) хв до утворення згустку, який піддавали самопресуванню протягом 15хв. Готовий концентрат збагачували молочнокислою мікрофлорою - закваскою Vivo для сиру кисломолочного у кількості рекомендованій виробником, яка в своєму складі містить наступні штами мікроорганізмів: *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*.

Модельні зразки молочно-білкових концентратів зберігали за температури не вище 5±1 °C протягом 6 діб.

Для приготування модельних зразків було використано молоко нормалізоване з наступними показниками: масовою часткою сухих речовини – (12,3±0,62) %, жиру – (2,6±0,13) %, білку – (2,8±0,14) %, з активною кислотністю – (6,9±0,35) од. рН, густиною – 1027 кг/м³.

Дослідження модельних зразків проводились на 1, 2 ,4 та 6 добу за наступними показниками:

- кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше 1·10⁶ (згідно з ГОСТ 10444.11п.4.2 або ДСТУ ISO 15214:2007) – для зразків №3 та №6;
- бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01 г продукту з терміном зберігання понад 72 год; (згідно з ДСТУ 7357:2013 або ДСТУ IDF 73A);
- кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту, не більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015);

- кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015);

Результати досліджень отриманих у мікробіологічній лабораторії ПАТ «Яготинський маслозавод» (м.Яготин, Яготинський район, Київська область, Україна), представлено в у табл. 1

Таблиця 1 – Мікробіологічні показники модельних зразків молочно-білкових напівфабрикатів

Зразок	Показник			
	Кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту – не менше $1 \cdot 10^6$ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ДСТУ ISO 15214:2007)	Бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01г продукту- не дозволено (згідно з ДСТУ 7357:2013 або ДСТУ IDF 73A)	Кількість пліснявих грибів , КУО в 1 г продукту, не більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015)	Кількість дріжджів , КУО в 1 г продукту, не більше 100 (згідно з ДСТУ 8447:2015)
<i>свіжо виготовлені модельні зразки молочно-білкових концентратів(1 доба)</i>				
№1	-	Не виявлено	-	-
№2	-		-	-
№3	$1,4 \cdot 10^{10}$		$0,8 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$
№4	-		-	-
№5	-		-	-
№6	$1,3 \cdot 10^{10}$		Не виявлено	Не виявлено
<i>2 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	$2,3 \cdot 10^1$	$4,0 \cdot 10^1$
№2	-		$2,0 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$
№3	$0,8 \cdot 10^9$		$2,9 \cdot 10^1$	$4,3 \cdot 10^1$
№4	-		$1,7 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$
№5	-		$2,0 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^1$
№6	$1,1 \cdot 10^8$		$2,2 \cdot 10^1$	$3,5 \cdot 10^1$
<i>4 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	$4,5 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^1$
№2	-		$4,0 \cdot 10^1$	$8,4 \cdot 10^1$
№3	$1,3 \cdot 10^8$		$4,5 \cdot 10^1$	$8,7 \cdot 10^1$
№4	-		$4,0 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10^1$
№5	-		$3,7 \cdot 10^1$	$7,5 \cdot 10^1$
№6	$0,7 \cdot 10^8$		$4,1 \cdot 10^1$	$7,8 \cdot 10^1$
<i>6 доба</i>				
№1	-	Не виявлено	>50	>100
№2	-		>50	>100
№3	$1,5 \cdot 10^7$		$5,8 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^2$
№4	-		>50	>100
№5	-		>50	>100
№6	$0,9 \cdot 10^7$		$5,2 \cdot 10^1$	$9,6 \cdot 10^1$

В отриманих модельних зразках молочно-білкових концентратів не виявлено бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,01 г продукту (згідно з ДСТУ 7357:2013); кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту зразків №3 та №6 становило не менше $1 \cdot 10^6$ (згідно з ГОСТ 10444.11 п 4.2 або ДСТУ ISO 15214:2007); кількість пліснявих грибів , КУО в 1 г продукту для всіх зразків на шосту добу становило більше 50 (згідно з ДСТУ 8447:2015); кількість дріжджів , КУО в 1 г продукту для всіх зразків на шосту добу становило більше 100 КУО (згідно з ДСТУ 8447:2015). Отже можемо зробити висновок про те, що для модельних зразків молочно-білкових концентратів термін придатності до споживання, повинен становити не більше 4 діб.

Мікробіолог
ТДВ «Яготинський маслозавод»



Охтеня В.В.

Додаток Е. Патенти на корисну модель та винахід













Додаток Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації

- Grek, O., Tymchuk, A., Chubenko, L. & Ovsienko, K. (2017). Research of quality indicators of curd products on basis of protein-herbal clots. *Food and Environment Safety*, XVI (4), 262-268.
- Grek, O., Onopriichuk, O., Chubenko, L. & Tymchuk, A. (2017). Determination of moisture connection forms of protein-herbal clots. *Ukrainian Food Journal*, 6 (3), 147-157.
- Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Snizhko, O., Ochkolya, O., & Chubenko, L. (2018). Methods of determination of parameters of whey with food fibers. *Eureka: Life Sciences*, 1, 69-76.
- Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Snizhko, O., Ochkolya, O., & Chubenko, L. (2018). Study into effect of food fibers on the fermentation process of whey. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 1 (11), 56-62.
- Пшенична, Т., Грек, О., Онопрійчук, О., Пасічний, В. & Чубенко Л. (2018). Якість полікомпонентних згустків, одержаних термокислотним осадженням білків молока. *Продовольча індустрія АПК*, 1, 24-29.
- Grek, O., Krasulya, O., Tymchuk, A., & Chubenko, L. (2018). The investigation of the potential complex from plantago major to coagulate milk proteins. *Food and Environment Safety*, XVII (2), 165-175.
- Grek, O., Osmak, T., Chubenko, L. & Mykhalevych, A. (2019). Quality estimation of frozen dessert with polyfunctional component. *Food and Environment Safety*, XVIII (1), 36-43.
- Grek, O., Kumar, A., Khareba, V., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., & Chubenko, L. (2019). Polyphenolic compounds transition into protein-plant concentrates during the deposition of milk proteins by *Plantago major L.* *Ukrainian Food Journal*, 6 (4), 745-754.

- Грек, О., Pshenychna, T., Chubenko, L., & Onopriichuk, O. (2020). Polyphenol composition and technological characteristics of the coloured whey from various origin. *Ukrainian Food Journal*, 9 (4), 832-844.
- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2018). Коагулювання білків молока соком з *Plantago major*. 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», Київ: НУХТ.
- Онопрійчук, О.О., Чубенко, Л.М. & Овсієнко, К.В. (2018). Прогнозування якісних показників молочно-сироваткового концентрату з харчовими волокнами. VII Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ.
- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2019). Дослідження форм зв'язку вологи білково-трав'яних концентратів з екструдатом рису. 85 ювілейна Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», Київ: НУХТ.
- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2019). Ступінь переходу поліфенольних сполук в білково-рослинних концентратах. VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції», Київ: НУХТ.
- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2019). Отримання білково-трав'яних концентратів термокислотним способом. Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з міжнародною участю «Інновації та закономірності розвитку технологій: теоретичні та прикладні аспекти», Київ: ККІБП.

- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2020). Визначення біологічно активних речовин в соці *Plantago major* та сироватці. 86 ювілейна Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», Київ: НУХТ.
- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2020). Застосування активного комплексу рослин-дикоросів при осадженні білків молока. IV Міжнародна науково-практична конференція «Новітні досягнення біотехнології», Київ: НАУ.
- Грек, О.В., & Чубенко, Л.М. (2020). Мікроструктурний аналіз білково-трав'яних напівфабрикатів. IX Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції», Київ: НУХТ.
- Грек, О.В., Красуля, О.О. & Чубенко, Л.М. (2018). Спосіб виробництва білково-рослинного напівфабрикату. Патент України 123315. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).
- Грек, О.В., Красуля, О.О., Пшенична, Т.В. & Чубенко, Л.М. (2018). Склад напою з молочної сироватки. Патент України 123418. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).
- Грек, О.В., Тимчук, А.В., Чубенко, Л.М., Овсієнко, К.В., & Михалевич, А.П. (2018). Спосіб виробництва сиру м'якого. Патент України 125024. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).
- Грек, О.В., Красуля, О.О. & Чубенко, Л.М. (2018). Спосіб виробництва білково-рослинного напівфабрикату. Патент України 117206. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).

- Грек, О.В., Тимчук, А.В., Чубенко, Л.М., Овсієнко, К.В., & Михалевич, А.П. (2019). *Спосіб виробництва сиру м'якого*. Патент України 118522. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).
- Грек, О.В., Красуля, О.О., Пшенична, Т.В. & Чубенко, Л.М. (2020). *Склад напою з молочної сироватки*. Патент України 117439. Київ: Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (Укрпатент).