

УДК 637.3.022

DOI: 10.37128/2520-6168-2019-1-9

**ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА НА
ПРОЦЕС ТЕРМОКИСЛОТНОЇ КОАГУЛЯЦІЇ БІЛКІВ**

Гулько Ірина Василівна, к.т.н, доцент,
Віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум»

Орлюк Юрій Тимофійович, к.т.н., ст.н.с.
Інститут продовольчих ресурсів НААН України
Зозуляк Оксана Володимирівна, асистент
Вінницький національний аграрний університет

I. Gunko, Ph.D., Associate Professor,
Vice-President of the All-Ukrainian Scientific-Training Consortium

Yu. Orlyuk, PhD, Senior Research Fellow
Food Resources Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

O. Zozuliak, Assistant
Vinnytsia National Agrarian University

Основу асортиментів вироблюваних сирів тривалий період становили тверді сичужні сири, у виробництві яких використовується, в основному, казеїн, а водорозчинні білки залишаються в сироватці. При цьому слід зазначити, що сироваткові білки за вмістом дефіцитних незамінних амінокислот (лізіна, триптофану, метіоніну, треоніна) і цистеїну є найбільше біологічно цінною частиною білків молока, тому їхнє використання для харчових цілей має велике практичне значення. У сироварінні сироваткові білки рекомендується використовувати у виробництві копрінського, литовського, ставропольського, осетинського та вардениського сирів. Однак у всіх цих технологіях сироваткові білки вносяться в нормалізовану суміш після їхнього виділення із сироватки шляхом додаткової денатурації. У зв'язку із цим заслуговує на увагу вивчення термокислотного способу зсідання молока, оснований на спільній коагуляції практично всіх молочних білків. У статті досліджено вплив температурних режимів ультрависокотемпературної обробки молока на швидкість протікання реакцій, що викликають інактивацію мікроорганізмів і реакцій, що викликають незворотні хіміко-фізичні зміни властивостей молока. Отримано графічну залежність, яка відображає закономірність протікання реакцій руйнування клітин мікроорганізмів та зміни хіміко-фізичні властивостей молока.

Ключові слова: ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», коагуляція білків молока, кислотний метод, термокислотний метод, технологія виробництва.

Ф. 4. Рис. 1. Літ. 12.

1. Постановка проблеми

Відповідно до змін у структурі харчування населення країни й дефіцитом білка все більше уваги приділяється питанню збільшення використання білкових ресурсів на харчові цілі, у тому числі створенню нових продуктів у лабораторії молочних продуктів та дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум».

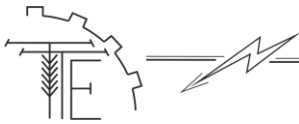
Повноцінність таких продуктів визначається не тільки кількістю білка, але і його якістю. Тому в харчовій промисловості розвивається тенденція до збагачення продуктів білком, що легко засвоюється та є корисним.

Серед білкових молочних продуктів головне місце займають сири, які за своїми біологічними властивостями мають першорядне значення, вони добре завоюються організмом людини й мають найвищу енергетичну цінність. Випуск сирів у нашій країні в цей час недостатній і не відповідає рекомендованим нормам споживання. Тому збільшення виробництва сирів є одним з основних завдань молочної промисловості [1].

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для виготовлення сирів застосовують декілька способів коагуляції молока: сичужна, сичужно-кислотна, кислотна і термокислотна. Термокислотний спосіб не має широкого розповсюдження на сироробних підприємствах, хоча й відрізняється суттєвими перевагами:

- сири, отримані шляхом термокислотної коагуляції, характеризуються підвищеною біологічною цінністю;



- внаслідок спільної коагуляції казеїнаткальційфосфатного комплексу і сироваткових білків підвищується вихід готового продукту і зменшуються втрати білка, що відходить у сироватку;
- виготовлення сирів таким способом дає змогу виключити низку технологічних операцій (сичужне зсідання молока, розрізання згустку і формування сирного зерна, визрівання сиру) і зменшити трудомісткість технологічного процесу;
- така технологія не потребує молокозсідальних ферментів і бактеріальних препаратів, що дає змогу зменшити собівартість готового продукту;
- застосування високотемпературної обробки молока дає змогу використовувати у виробництві сировину більш широкого діапазону, в порівнянні з традиційними технологіями виготовлення сирів;
- виготовлення таких сирів може бути організовано на діючих молочних заводах на існуючому обладнанні (сироробні ванни, сировиготовлювачі) і не потребує використання додаткових приміщень під камери визрівання сиру [2].

Тепловий процес, при якому інактивуються не тільки вегетативні, але і спорові форми мікроорганізмів і, як наслідок, покращуються показники безпечності молочних продуктів, отримав назву стерилізації. Температура обробки молока в процесі стерилізації перевищує 100 °С. До порівняно недавнього часу найбільш широко розповсюдженими способами стерилізації рахувались одно стадійний та дух стадійний режими. В даний час ці способи стерилізації все частіше поступаються місцем так званому ультрависокотемпературному (УВТ) режиму обробки, тобто режиму, при якому молоко нагрівається до температури від 120°С до 140°С з витримкою від 2 секунд до 4 секунди.

3. Мета досліджень

Мета роботи – дослідити вплив режимів УВТ обробки молока на закономірності протікання реакцій інактивації клітин мікроорганізмів та реакцій, які впливають на хіміко-фізичні зміни властивостей молока на базі лабораторії молочних продуктів та дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум».

4. Основні результати досліджень

Теоретичною основою УВТ обробки є той факт, що живій клітині мікроорганізму притаманна більш висока чутливість до підвищення температури, ніж складовим речовинам продукту, які обумовлюють його смакові, поживні та хіміко-фізичні властивості. При нагріванні молока до температури УВТ обробки в ньому протікають різноманітні реакції, які умовно можна поділити на два види: реакції, що викликають інактивацію мікроорганізмів і реакції, що викликають незворотні хіміко-фізичні зміни природних властивостей молока, таких як, зміна смаку, кольору, денатурація і розпад білків, зниження вмісту деяких вітамінів. Як доводять дослідження, швидкість цих реакцій різна. Кінетику протікання цих реакцій при УВТ режимах обробки молока можна описати за допомогою емпіричного рівняння (1), яке відображає зміну швидкості протікання реакції при зміні температури.

$$V_2 = V_1 \cdot a^{0,1(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

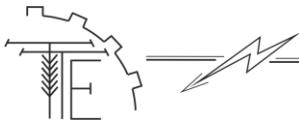
де: V_1 - швидкість протікання реакції при t_1 ; V_2 - швидкість протікання реакції при t_2 ; a - температурний коефіцієнт.

При зростанні температури нагріву на кожні 10 °С, тобто якщо, $t_2 - t_1 = 10^\circ\text{C}$ рівняння (1) приймає вид:

$$V_2 = V_1 \cdot a \quad (2)$$

Із рівняння (2) виходить, що $a = \frac{V_2}{V_1}$, тобто температурний коефіцієнт є відношенням

швидкостей протікання реакцій при певних температурах. Багаточисельними дослідженнями процесу УВТ обробки молока [1, 2, 3] встановлено, що для руйнування клітин мікроорганізмів (спорових, як найбільш стійких) температурний коефіцієнт $a_m = 8 \div 10$, а для зміни хіміко-фізичні властивостей молока температурний коефіцієнт $a_x = 2 \div 3$. Таким чином, в середньому можливо прийняти



значення температурних коефіцієнтів: $a_M = 9,0$, $a_x = 2,5$. Якщо представити процес УВТ обробки молока ступінчастим з n інтервалів по 10^0C то швидкість протікання реакцій буде:

- для інактивації клітин мікроорганізмів

$$V_M = 9^n \cdot V_1 ; \quad (3)$$

- для зміни хіміко-фізичні властивостей молока

$$V_x = 2,5^n \cdot V_1 . \quad (4)$$

Отримані емпіричні залежності (3), (4) дозволяють більш скеровано використовувати процес УВТ обробки молока при розробці нових технологій виробництва молочних продуктів.

При розробці нової ресурсозберігаючої технології виробництва термокислотних сирів проведені дослідження в лабораторії молочних продуктів та дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», які дозволили отримати графічну залежність закономірності протікання реакцій інактивації клітин мікроорганізмів та зміни хіміко-фізичні властивостей при УВТ обробці молочно-сироваткових сумішей (рис. 1). В процесі побудови графічної залежності були прийняті умовні припущення, що початкова температура нагрівання дорівнює 100^0C , швидкість протікання реакцій при ній дорівнює 1, а під хіміко-фізичними властивостями слід розуміти здатність казеїнових фракцій білків молока утворювати стійкий згусток в процесі коагуляції.

Цю графічну залежність можна рахувати одною з основних передумов до теоретичного обґрунтування УВТ режимів обробки молока.

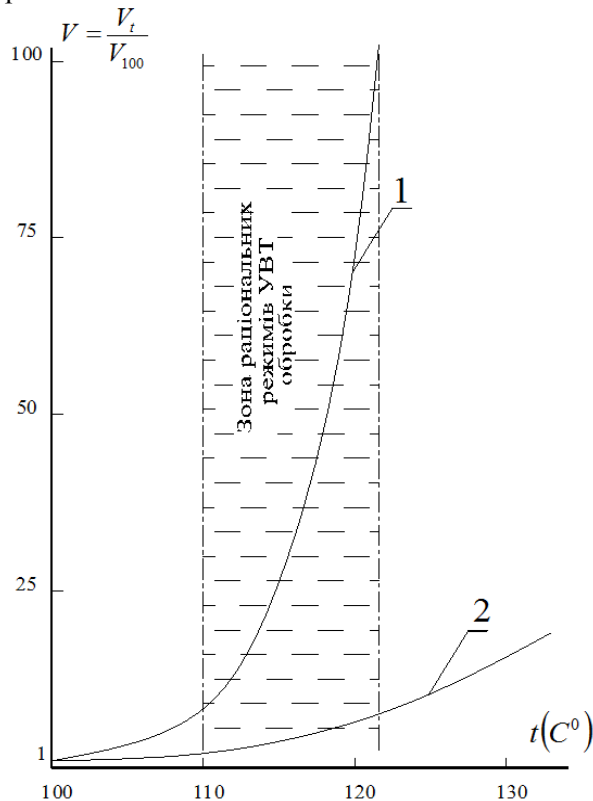
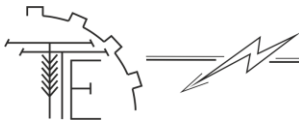


Рис. 1. Графічна залежність закономірності протікання реакцій: 1- інактивації клітин мікроорганізмів, 2- зміни хіміко-фізичних властивостей

Однак однією з основних задач при виробництві сирів даного виду є ефективне проведення масообмінного процесу, тобто виділення казеїнів і сироваткових білків шляхом їх комплексоутворення при термокислотній коагуляції молочно-сироваткових сумішей. Процес термокислотної коагуляції білків молока знаходиться в прямій залежності від двох основних параметрів – кислотності молочної суміші (молока) та температури її коагуляції. Процес видалення сироваткових білків (в основному альбумінів) найбільш ефективно протікає при їх частковій денатурації в процесі УВТ обробки з подальшим комплексоутворенням в процесі термокислотної



коагуляції білків молока (в основному казеїнів).

В останні роки почали розвиватися та удосконалюватися ресурсозберігаючі технології виготовлення сирів з застосуванням процесу термокислотного зсідання молока, які дозволяють комплексно використовувати молочні ресурси, скорочувати тривалість технологічного циклу, ефективніше використовувати білкові фракції молока і підсирної сироватки.

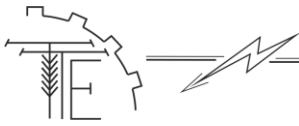
Застосовуючи процес УВТ обробки молочно-сироваткових сумішей при розробці нової ресурсозберігаючої технології виготовлення сирів необхідно раціонально вибрати параметри теплової обробки враховуючи закономірності протікання реакцій інактивації клітин мікроорганізмів та зміни хіміко-фізичні властивостей молочно-сироваткових сумішей (рис. 1). Як було встановлено в процесі досліджень в лабораторії молочних продуктів та дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», раціональним температурним режимом УВТ обробки молочно-сироваткових сумішей є температурний діапазон від 110 °С до 125 °С з витримкою від 2 секунд до 3 секунд. Такий режим УВТ обробки не призводить до значних змін хіміко-фізичних властивостей молочно-сироваткових сумішей (не викликає денатурацію казеїнових фракцій молочних білків, не погіршує їх здатність до утворення стійких сирних згустків), дозволяє ефективно провести процес часткової денатурації сироваткових білків та сприяє ефективному комплексоутворенню в процесі термокислотної коагуляції білків молока.

5. Висновки

Визначені раціональні режими УВТ обробки молочно-сироваткових сумішей при виробництві термокислотних сирів дозволяють інактивувати до 98% шкідливої мікрофлори в молочно-сироваткових сумішах, підвищити вихід готового продукту на (3 ... 5) %, за рахунок більш повного використання сироваткових білків та отримати готовий продукт гарантованої якості.

Список використаних джерел

1. Звіт про науково-дослідну роботу по темі 40/02 – 048 «Дослідити процес масообміну при утворенні казеїново-альбумінових комплексів в молочно-сироваткових сумішах». Національна академія аграрних наук України. Технологічний інститут молока і м'яса, 2010. – 50 с.
2. Баль-Прилипко Л. В. Використання сухих речовин під час виготовлення м'яких сирних продуктів / Л. В. Баль-Прилипко, О. О. Савченко // Научные труды SWORLD, 2013. – Том 10. – № 1. – С. 96 – 98.
3. Бартон Г. Стерелизация молока. Пер. с англ./ Г. Бартон, Дж. Пиен, Г. Тиеулин. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 80 с.
4. Золотин Ю. П. Стерилизация молока / Ю. П. Золотин. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 157 с.
5. Кук Г. А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г. А. Кук. – М.: Пищепромиздат, 1965. – Т 1. – 472 с.
6. Шингарева Т. И. Исследование параметров термокислотной коагуляции при производстве сыра / Т. И. Шингарева, М. А. Хотомцева // Хранение и переработка сельхозсырья, 2001. – №9. – С. 22 – 23.
7. Шингарева Т. И. Влияние сыворотки-коагулянта на выход и качество термокислотного сыра / Т. И. Шингарева, О. И. Купцова // Сыроделие и маслоделие, 2006. – № 5. – С. 18 – 20.
8. Измайлов В. Н. Структурообразование в белковых системах / В. Н. Измайлов, В. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1974. – 268 с.
9. Румшильский М. З. Математическая обработка результатов эксперимента: Справочное руководство / М. З. Румшильский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
10. Kosikovski F. Cheese and fermented milk foods / F. Kosikovski, V. Mistry. Volume I. Origins and Principles. Third Edition. – New York, 1997 – 728 p.
11. Куций В. Обоснование оптимального режима стерилизации м'ясних паштетов / В. Куций, В. Янович, А. Гурич, Н. Любин // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 2016. – Vol. 18. - №8. – С. 15 – 21.
12. Nevko R. B. Feasibility study of mixture transportation and stirring process in continuous-flow conveyors / R. B. Nevko, В. О. Yazlyuk, M. V. Liubin, O. A. Tokarchuk, O. M. Klendii, V. R. Pankiv // INMATEH – Agricultural Engineering, 2017. – Vol. 51. – No. 1. – С. 49 – 58.

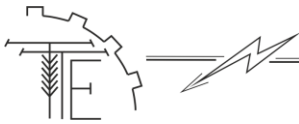


References

- [1] Zvit pro naukovo-doslidnu robotu po temi 40/02 - 048 «Dosliditi protses masoobminu pry utvoreni kazeyinovo-albuminovykh kompleksiv v molochno-sirovatkovykh sumishakh» Natsionalna akademiya ahrarynykh nauk Ukrayiny Tekhnolohichnyy instytut moloka y m'yasa (2010) [Report on research work on the topic 40/02 - 048 "To study the process of mass transfer in the case of formed casein-albumin complexes in milk-whey mixtures" National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine Technological Institute of Milk and Meat] [in Ukrainian].
- [2] Bal-Prylypko, L., Savchenko, O. (2013) Vykorystannya sukhykh rechovyny vo vremya vyhotovlennya myakyykh syrno produktiv [Use of dry substances during the manufacture of soft cheese products], 10(1), 96 – 98, Naukovi pratsi SWORLD [in Ukrainian].
- [3] Barton, G., Piyen, D., Tiyulin, G. (1972) Sterelizatsiya moloka [Sterilization of Milk]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost [in Russian].
- [4] Zolotyn, Y. (1972) Sterelizatsiya moloka [Sterilization of milk]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost [in Russian].
- [5] Kuk, G. (1965) Protsesty i apparaty molochnoy promyshlennosti [Processes and devices of the dairy industry] Moscow: Pishchepromizdat [in Russian].
- [6] Shynhareva, T., Khotomtseva, M. (2001) Issledovaniye parametrov termokislotoy koagulyatsii pri proizvodstve syra [Investigation of thermocyclic coagulation parameters in the production of cheese], 9, 22 – 23, Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya [in Russian].
- [7] Shynhareva, T., Kuptsova, O. (2006) Vliyaniye syvorotki-koagulyanta na vykhod i kachestvo termokislotoy syra [Effect of serum coagulant on the yield and quality of thermo-acid cheese], 5, 18 – 20, Syrodelye i maslodelye [in Russian].
- [8] Izmaylov, V., Rebinder, V. (1974) Strukuroobrazovaniye v belkovykh sistemakh [Structure formation in protein systems] Moscow: Nauka [in Russian].
- [9] Rumshil'skiy, M. (1971) Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta: Spravochnoye rukovodstvo [Mathematical processing of experiment results: reference manual] Moscow: Nauka [in Russian].
- [10] Kosikovski, F., Mistry, V. (1997) Cheese and fermented milk foods. Volume I. Origins and Principles New York.
- [11] Kutsiy, V., Yanovich, V., Gurich, A., Lyubin, N. (2016) Obosnovaniye optimal'nogo rezhima sterilizatsii m'yasnykh pashtetov [Justification of the optimal mode of sterilization of meat pies], 18, 8, 15 – 21, MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture-2016 [in Ukrainian].
- [12] Hevko, R. B., Yazlyuk, B. O., Liubin, M. V. Tokarchuk, O. A. , Klendii, O. M., Pankiv, V. R. (2017) Feasibility study of mixture transportation and stirring process in continuous-flow conveyors, 51, 1, 49 – 58, INMATEH – Agricultural Engineering.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА НА ПРОЦЕСС ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ

Основу ассортимента производимых сыров длительный период составляли твердые сычужные сыры, в производстве которых используется, в основном, казеин, а водорастворимые белки остаются в сыворотке. При этом следует отметить, что сывороточные белки по содержанию дефицитных незаменимых аминокислот (лизина, триптофана, метионина, треонина) и цистеина является наиболее биологически ценной частью белков молока, поэтому их использование для пищевых целей имеет большое практическое значение. В сыроварении сывороточные белки рекомендуется использовать в производстве копрынського, литовського, ставропольського, осетинського и вардениського сыров. Однако во всех этих технологиях сывороточные белки вносятся в нормализованную смесь после их выделения из сыворотки путем дополнительной денатурации. В связи с этим заслуживает внимания изучение термостойкого способа свертывания молока, основанного на совместной коагуляции практически всех молочных белков. В статье исследовано влияние температурных режимов ультравысокотемпературной обработки молока на скорость течения реакций, которые вызывают инактивацию микроорганизмов и реакций, которые вызывают необратимые химико-физические изменения свойств молока. Получено графическую зависимость, которая отображает закономерность протекания реакций разрушения клеток микроорганизмов и изменения химико-физических свойств молока.



Ключевые слова: УНПК «Всеукраинский научно-учебный консорциум», коагуляция белков молока, кислотный метод, термокислотный метод, технология производства.

Ф. 4. Рис. 1. Лит. 12.

INFLUENCE OF HIGH-TEMPERATURE OF MILK ON PROCESS OF THERMOACID COAGULATION PROTEINS

The basis of the assortment of cheeses produced for a long period of time were hard whey cheeses, the production of which is mainly used casein, and water soluble proteins remain in whey. It should be noted that serum proteins on the content of scarce essential amino acids (lysine, tryptophan, methionine, threonine) and cysteine are the most biologically valuable part of milk proteins, therefore their use for food purposes is of great practical importance. In cheese, whey proteins are recommended for use in the production of Koprinsky, Lithuanian, Stavropol, Ossetian and Warensky cheeses. However, in all these technologies, whey proteins are introduced into a normalized mixture after their excretion from the serum by additional denaturation. In this connection, attention should be paid to the study of the thermoacidic method of milking, based on the coagulation of almost all milk proteins. In the article effects of UHT treatment of milk on the speed of the course of the reactions, which cause the destruction of the microorganism cells, which cause irreversible chemical and physical changes of the natural properties of the milk, have been suggested. There was got the graphical dependance, which reflects the regularity of the proess of the destruction of the microorganism cells and changes of the chemical and physical properties of the milk.

Key words: All-Ukrainian Scientific-Training Consortium, milk protein coagulation, acid method, thermo-acid method, production technology.

F. 4. Pic. 1. Ref. 12.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гулько Ірина Василівна – кандидат технічних наук, доцент, віце-президент навчально-науково-виробничого комплексу «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Орлюк Юрій Тимофійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідуючий відділом молочних продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України (вул. Є. Сверстюка, 4а, м. Київ, 02660, Україна, e-mail: orlyuk@ipr.net.ua).

Зозуляк Оксана Володимирівна – асистент кафедри «Харчових технологій та мікробіології» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: zozuliakoksana@vsau.vin.ua).

Гулько Ирина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, вице-президент учебно-научно-производственного комплекса «Всеукраинский научно-учебный консорциум» (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Орлюк Юрий Тимофеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом молочных продуктов Института продовольственных ресурсов НААН Украины (ул. Е. Сверстюка, 4а, г. Киев, 02660, Украина, e-mail: orlyuk@ipr.net.ua).

Зозуляк Оксана Владимировна – ассистент «Кафедры пищевых технологий и микробиологии» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: zozuliakoksana@vsau.vin.ua).

Gunko Iryna – PhD, Associate Professor, Vice-President of the Training, Research and Production Complex "All-Ukrainian Scientific-Training Consortium" (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Orlyuk Yuriy – PhD, Head of the Department of Dairy Products of the Institute of Food Resources of the National Academy of Sciences of Ukraine (4a E. Sverstiuka St., Kyiv, 02660, Ukraine, e-mail: orlyuk@ipr.net.ua).

Zozulyak Oksana – Assistant, of the Department of "Food Technologies and Microbiology" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyschaya Str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: zozuliakoksana@vsau.vin.ua).