

УДК 664.858.8

DOI: 10.15587/2313-8416.2019.185701

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМОЇ ВОДИ ЯГІДНИХ ДЖЕМІВ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ КАЛОРИМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

М. І. Погожих, А. О. Пак, А. В. Пак, Є. С. Нечай

Обґрунтовано створення композицій із сировини, яка не потребує додаткового внесення пектину під час виробництва джемів, з сировиною, яка містить низьку кількість пектину Низькотемпературним калориметричним методом досліджено системну воду джемів із ягідної сировини з різним вмістом пектину. Встановлено, що кількість вимороженої води зменшується за збільшення кількості чорної смородини в модельних системах. Визначені раціональні співвідношення ягідної сировини в досліджуваних системах
Ключові слова: системна вода ягідного джему, низькотемпературний калориметричний метод, виморожена та невиморожена вода

Copyright © 2019, М. Pogozhikh, А. О. Pak, А. V. Pak, Y. Nechai.

This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

1. Вступ

Раціональне використання сільськогосподарської продукції та зменшення втрат під час її переробки – одне з основних завдань харчової промисловості України [1]. Серед сільськогосподарської сировини особливе місце займають ягоди.

Ягоди є одним із основних джерел багатьох вітамінів, мінеральних солей, смакових, ароматичних та фізіологічних активних речовин, які необхідні для повноцінного харчування людини [2].

Ягоди – особлива група рослинних харчових продуктів, що відрізняється специфічними показниками якості та хімічним складом. Основна особливість – високий вміст води, у середньому 80–90 %. Вода – один з головних факторів, що визначають інтенсивність біохімічних процесів та якість продукції. Чим більше води в рослинних тканинах, тим інтенсивніше протікають в них процеси життєдіяльності, вона полегшує взаємодію багатьох речовин. Вода є безпосереднім учасником біохімічних реакцій у живих клітинах, таких як: гідроліз, гідратація та дегідратація, окислювання, більшість біосинтетичних реакцій [3].

Виходячи з цього ягоди є сировиною, що характеризується коротким проміжком часу вегетаційного дозрівання, одночасним дозріванням різних видів ягід, малими строками зберігання. Тому раціональне

зберігання та переробка даної сировини для організації цілорічного харчування населення є актуальними.

2. Літературний огляд

В ягодах після збирання відбуваються складні процеси, пов'язані з досяганням і перестиганням, зміною якості і псуванням продукції. Ці процеси розділяють на біохімічні (зміна хімічного складу), фізіологічні (дихання, утворення нових тканин, досягання, перестигання) і фізичні (випаровування, в'янення, спітніння, охолодження і замерзання, зміна маси й об'єму).

Дану сировину можна зберігати від псування двома способами: повністю ізолювати її від дії мікроорганізмів та ферментів, знищивши їх у продукті і виключивши потім доступ зовні [4]; не знищуючи мікроорганізми і ферменти у продукті, пригнітивши їх життєдіяльність [5]. До першого належить власне консервування ягід, до другого – їх зберігання у свіжому вигляді. Збереження в свіжому вигляді та консервування – два доповнюючих один одного методи для вирішення однієї й тієї ж проблеми – цілорічного постачання населенню ягід.

Збереження ягід пов'язано зі значними труднощами, потребує підтримання особливих умов, які суттєво відрізняються від збереження інших продуктів, і у відповідності до цього потребує спеціальних

сховищ, обладнаних системами регулювання режимів збереження [6].

Основна задача консервування – зберегти ягоди на відміну від збереження в свіжому вигляді, в неживому стані і підготувати їх для використання без тривалої кулінарної обробки. Консервування має особливе значення для тих ягід, постачання населення якими не можливе при їх збереженні в живому вигляді (смородина, малина, ожина, полуниця, абрикоси, сливи і т. ін.) [7].

Харчова промисловість випускає широкий асортимент продукції з ягід: соки без м'якоти, концентровані соки з м'якоттю, консерви для дитячого харчування, напої, компоти, фруктові маси, такі як: варення, джеми, желе, конфітюри, повидло, пюре, начинки, припаси, підварки, соуси, а також приправи, цукати та ін. [8].

Основним принципом створення виробів із ягід, адекватних сучасним біохімічним та медико-біологічним вимогам, є їх багатоконпонентність, універсальність функціональних можливостей, технологічність при використанні для приготування кулінарних виробів, висока харчова та біологічна цінність [9].

Напівфабрикати із ягід, які виробляються харчовою промисловістю, використовуються при виробництві салатів, перших, других, солодких страв, гарнірів, кондитерських виробів. Однак, яскраво виражена сезонність сировини, недостатні технологічні можливості існуючих продуктів переробки плодів, при виробництві кулінарної продукції являються стримуючим фактором розширення її асортименту.

В останні роки набули поширення технології, які передбачають переробку сировини, виходячи з її компонентного складу. Спочатку із сировини виділяють відповідні компоненти, а далі із цих компонентів створюються харчові продукти з бажаним складом [10]. Використання даних технологій надає можливість розширити асортимент харчової продукції при цьому отримувати продукцію збалансованого складу.

Перспективною в цьому напрямі є технологія виробництва джемів. Джеми – консерви, отримані з не протертих плодів або ягід, уварених з цукром з додаванням желуючих речовин, харчових кислот, прянощів, ароматичних речовин та без них. Зазвичай для виробництва джемів використовують сировину багату на пектинові речовини. Технологічна схема виробництва джемів із ягід з низьким вмістом пектину передбачає його додаткове внесення. Внесення пектину проводять з метою зменшення кількості цукру, що вноситься в сировину, для отримання кінцевої продукції із відповідними органолептичними та фізико-хімічними властивостями [11].

Так під час виробництва малинового джему без додавання пектину у вихідну сировину додають 55...65 % цукру, а для ожинового – 50...55 % до маси сировини. Зменшити кількість цукру можливо за умови внесення у сировину пектину у кількості 8...10 % [11]. В результаті кількість цукру, що вноситься в сировину, зменшується для малинового джему до 40...50 %, а для ожинового – до 35...45 % по відношенню до маси сировини.

Зменшення кількості додатково внесеного пектину, а відповідно і зменшення собівартості продукції, можна досягти, якщо для досягнення відповідних показників якості використовувати композиції із сировини, яка містить різну кількість пектину. Так створюючи композиції із сировини, яка не потребує додаткового внесення пектину під час виробництва джемів (наприклад, чорної смородини), з сировиною, яка містить низьку кількість пектину (наприклад, ожина та малина) існує можливість зменшити кількість доданого пектину в джемах у 1,5...2 рази.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – визначення раціональної кількості компонентів джему із ягідної сировини з різним вмістом пектину шляхом дослідження системної води даної харчової продукції низькотемпературним калориметричним методом.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. дослідити низькотемпературним методом системну воду зразків джемів із різним компонентним складом;
2. визначити раціональну кількість компонентів джемів із ягідної сировини з різною кількістю пектину.

4. Матеріали та методи дослідження системної води низькотемпературним калориметричним методом

4.1. Досліджувані матеріали, що використовувались в експерименті

Склад харчових систем, які були предметом дослідження, наступний:

– модельна система № 1 – джем із чорної смородини та малини з додаванням 40 % цукру та 6 % пектину із масовим співвідношенням компонентів чорна смородина:малина – 1:2, 1:1, 2:1;

– модельна система № 2 – джем із чорної смородини та ожини з додаванням 35 % цукру та 4 % пектину із масовим співвідношенням компонентів чорна смородина:ожина – 1:2, 1:1, 2:1.

Контрольними зразками є для модельної системи №1 – зразки малинового джему з додаванням цукру у кількості 40 % по відношенню до маси сировини і пектину у кількості 8 %; для модельної системи №2 – зразки ожинового джему з додаванням 35 % цукру та 8 % пектину.

Технологія приготування джемів – традиційна. Уварювання проводили до кількості сухих речовин, яка складає 70 %. Дана кількість сухих речовин відповідає непастеризованим джемам, що фасуються у м'яку герметичну тару із полімерних матеріалів.

Для дослідження системної води ягідних джемів використовувався лабораторний низькотемпературний калориметр (рис. 1), розроблений в Харківському державному університеті харчування та торгівлі з використанням аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів фірми DCON Utility (країна виробник USA).

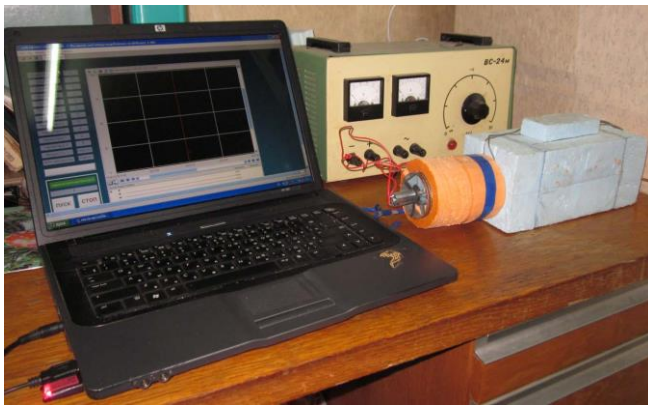


Рис. 1. Низькотемпературний калориметр

4.2. Методика дослідження системної води ягідних джемів низькотемпературним калориметричним методом

Методика дослідження системної води харчової сировини та продуктів низькотемпературним калориметричним методом [12] полягає в наступному. Відомо, що температури кристалізації води (фазовий перехід I роду) або переходу її із рідкого до аморфного стану (фазовий перехід II роду) обумовлені формою її зв'язку з сухими речовинами [13]. Виходячи з цього, фіксують температуру фазового переходу та кількість теплоти, яка виділяється під час охолодження зразка досліджуваної харчової системи. При цьому існує можливість аналізу системної води на предмет кількісної та якісної оцінки форм та видів її зв'язку з сухими речовинами даної харчової системи.

На рис. 2 представлена типова термограма, отримана під час заморожування вологого зразка за рівноважної температури калориметра, яка дорівнювала мінус 12 °С.

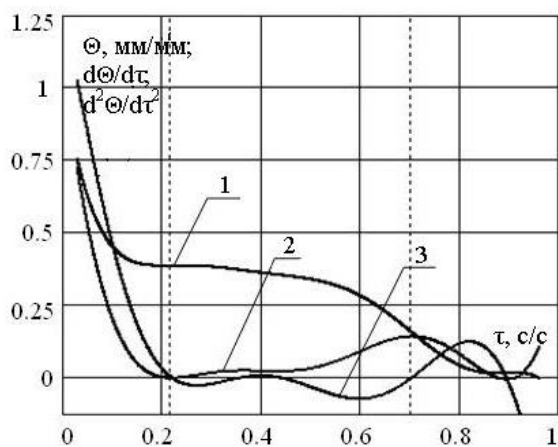


Рис. 2. Термограма для вологого зразка :
 1 – різниця температур (у відносних одиницях) повітря між входом та виходом камери калориметру;
 2 – перша похідна від різниці температур;
 3 – друга похідна від різниці температур

На осі ординат відкладено різницю температур (Θ) між входом та виходом калориметра, а на осі абсцис – час (τ) у відносних одиницях (пронормований на загальну тривалість процесу).

Виходячи з виду кривої, її можна розділити на три характерні ділянки, відділені одна від іншої на рис. 2 пунктирними лініями. Площа під першою ділянкою (I) пропорційна кількості теплоти, що виділяється під час охолодження об'єкта, який складається з системної води та сухих речовин, до температури кристалізації вільної води (0 °С). Площа під другою ділянкою кривої (II) відповідає кількості теплоти, що виділяється під час кристалізації води харчової системи, для якої можливий фазовий перехід I роду за температури 0 °С. Площа під третьою (III) – кількості теплоти, що виділяється під час охолодження сухих речовин, рідкої системної води та льоду, що утворився під час кристалізації за температури 0 °С, до кінцевої температури калориметра. Охолодження тіла, як до температури кристалізації вільної води, так і після, відбувається за експоненціальною залежністю. Швидкість зміни даної функції в початковій точці має максимум, а в кінцевій – мінімум. Виходячи із цього, границею розділу вибиралась лінія, що проходить через точку, в якій перша похідна від різниці температур $d\Theta/d\tau$ має екстремум (рис. 2). Значення моментів часу, за яких $d\Theta/d\tau$ має відповідні екстремуми, визначались за коренями другої похідної від функції $\Theta(\tau)$. Площі під різними ділянками кривої розраховувались як інтеграл від апроксимаційної функції у відповідних границях. Площа під другою ділянкою пропорційна масі води, для якої має місце фазовий перехід I роду за температури 0 °С.

Виходячи з вищевикладеного, за такої температури термостата відносних мольних часток системної води A_i – дві [13]. Позначимо як – A_{k0} та A_{k1} , де індекс «0» відповідає частині системної води, для якої відбувся фазовий перехід I роду за даної температури калориметру. Індекс «1» відповідає частині системної води, яка залишилась у рідкому стані.

Необхідно відмітити, що сума відносних мольних часток дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=0}^m A_i = 1, \quad (1)$$

де m визначається методом та методикою дослідження системної води. Відповідно для досліджень калориметричним методом за рівноважної температури калориметра мінус 12 °С – $m=1$, кількість m дорівнює 2.

5. Результати досліджень системної води ягідних джемів низькотемпературним калориметричним методом

На рис. 3 та 4 наведено термограми отримані низькотемпературним калориметричним методом для модельних систем № 1, 2 та контролю за температури калориметра мінус 12 °С.

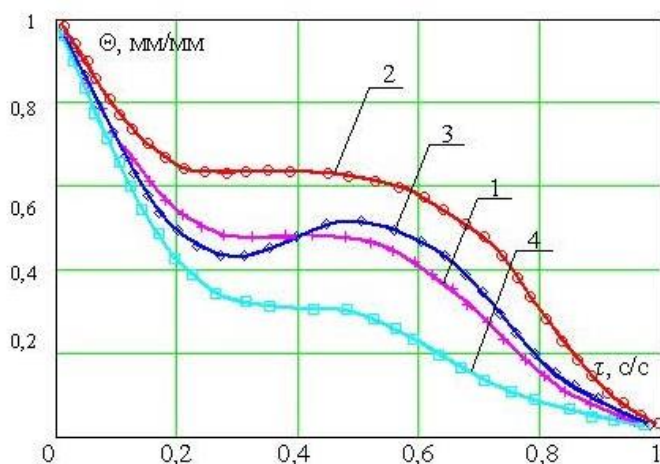


Рис. 3. Термограми, отримані під час охолодження до мінус 12 °С у низькотемпературному калориметрі для контролю (1) та модельної системи № 1 із масовим співвідношенням компонентів чорна смородина: малина – 1:2 (2), 1:1 (3), 2:1 (4)

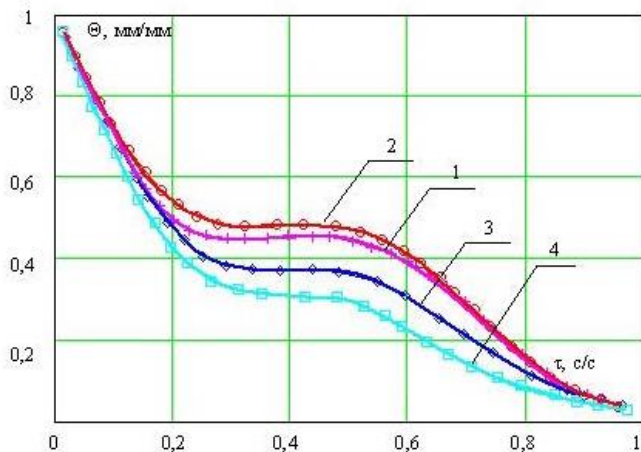


Рис. 4. Термограми, отримані під час охолодження до мінус 12 °С у низькотемпературному калориметрі для контролю (1) та модельної системи № 1 із масовим співвідношенням компонентів чорна смородина:ожина – 1:2 (2), 1:1 (3), 2:1 (4)

З наведених результатів видно, що площа під другою ділянкою термограми, що пропорційна масі води, для якої має місце фазовий перехід I роду за температури 0 °С, зменшується за збільшення кількості чорної смородини в модельних системах. Даний результат отриманий як у модельній системі № 1, так і у модельній системі № 2. При цьому кількості доданих цукру та пектину залишаються сталими в кожній із систем. Пояснюється такий результат наявністю у чорній смородині власного пектину у кількості 1,1...1,3 % по відношенню до маси сировини, що більше майже у 2 рази порівняно із вмістом пектину у малині (0,5...0,6 %) та ожині (0,6...0,7 %).

Площі під термограмами, які пропорційні вимороженій та невимороженій воді у зразках, розраховувались як інтеграл від апроксимаційних функцій у відповідних границях.

В табл. 1 наведені відносні частки системної води досліджуваних зразків, отримані низькотемпературним калориметричним методом за рівноважної температури калориметра мінус 12 °С.

З табл. 1 видно, що найближчим до контролю для модельної системи № 1 є зразок, який являє собою композицію чорної смородини із малиною у співвідношенні 1:1 з додаванням 40 % цукру та 6 % пектину. Інші два зразки суттєво відрізняються за кількістю вимороженої та невимороженої вологи, що відбивається на їх органолептичних властивостях. Зразок із співвідношенням чорна смородина: малина 1:2 має рідку консистенцію, порівняно з контролем, а зразок із співвідношенням чорна смородина: малина 2:1 – занадто в'язку.

Щодо зразків модельної системи № 2, занадто в'язку консистенцію порівняно з контролем для модельної системи № 2 має зразок, який являє собою композицію чорної смородини із ожиною у співвідношенні 2:1 з додаванням 35 % цукру та 4 % пектину. Інші два зразки з співвідношеннями чорна смородина:ожина, які дорівнюють 1:2 та 1:1, відрізняються від контролю в межах похибки, як за кількістю вимороженої та невимороженої води, так і за в'язкістю оціненою органолептично.

Таблиця 1

Відносні частки вимороженої (A_{k0}) та невимороженої (A_{k1}) за температури мінус 12 °С системної води модельних харчових систем та контролю

Зразок	$A_{k0}, \text{кг/кг}$	$A_{k1}, \text{кг/кг}$
Модельна система № 1 з додаванням 40 % цукру та 6 % пектину з масовим співвідношенням компонентів чорна смородина:малина:		
1:2	0,35	0,65
1:1	0,25	0,75
2:1	0,16	0,84
Контроль для модельної системи №1 (малиновий джем з додаванням 40 % цукру та 8 % пектину)	0,23	0,77
Модельна система № 2 з додаванням 35 % цукру та 4 % пектину з масовим співвідношенням компонентів чорна смородина:ожина:		
1:2	0,23	0,77
1:1	0,17	0,83
2:1	0,16	0,84
Контроль для модельної системи №2 (ожиновий джем з додаванням 35 % цукру та 8 % пектину)	0,20	0,80

З отриманих результатів видно, що раціональними з точки зору вимороженої та невимороженої води й органолептично визначеної в'язкості є співвідношення ягідної сировини в джемах: з додаванням 40 % цукру та 6 % пектину зі співвідношенням чорна смородина: малина – 1:1; з додаванням 35 % цукру та 4 % пектину зі співвідношеннями чорна смородина:ожина – 1:2 та 1:1. При цьому важливим є те, що кількість внесеного пектину у джем із чорної смородини та малини зменшується у 1,5 рази, а у джем із чорної смородини та ожини у 2 рази.

6. Висновки

1. Встановлено, що кількість вимороженої води зменшується за збільшення кількості чорної смородини в модельних системах як у модельній системі, що складається із чорної смородини та малини,

так і у модельній системі із чорної смородини та ожини. При цьому кількості доданих цукру та пектину залишаються сталими в кожній із систем. Встановлене пояснюється наявністю у чорній смородині власного пектину у кількості 1,1...1,3 %, що більше майже у 2 рази порівняно із вмістом пектину у малині (0,5...0,6 %) та ожині (0,6...0,7 %).

2. Визначені раціональні з точки зору вимороженої та невимороженої води й органолептично визначеної в'язкості співвідношення ягідної сировини в джемах: з додаванням 40 % цукру та 6 % пектину зі співвідношеннями чорна смородина: малина – 1:1; з додаванням 35 % цукру та 4 % пектину зі співвідношеннями чорна смородина:ожина – 1:2 та 1:1. Відмічено, що кількість внесеного пектину у джем із чорної смородини та малини зменшується у 1,5 рази, а у джем із чорної смородини та ожини у 2 рази.

Література

1. Bilgen, S. (2014). Structure and environmental impact of global energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 890–902. doi: <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.004>
2. Katz, D. L., Meller, S. (2014). Can We Say What Diet Is Best for Health? *Annual Review of Public Health*, 35 (1), 83–103. doi: <http://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182351>
3. Дмитренко, Н. В. (2018). Вплив розчинних речовин на стан води в рослинних тканинах та кінетику їх сушіння. *Scientific Works*, 82 (1), 103–108. doi: <http://doi.org/10.15673/swonaft.v82i1.1015>
4. Khattab, R., Ghanem, A., Brooks, M. S. L. (2016). Stability of haskap berry (*Lonicera caerulea* L.) anthocyanins at different storage and processing conditions. *Journal of Food Research*, 5 (6), 67–79. doi: <http://doi.org/10.5539/jfr.v5n6p67>
5. Robert, P., Fredes, C. (2015). The Encapsulation of Anthocyanins from Berry-Type Fruits. *Trends in Foods. Molecules*, 20 (4), 5875–5888. doi: <http://doi.org/10.3390/molecules20045875>
6. Koca, I., Karadeniz, B. (2009). Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black Sea Region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 121 (4), 447–450. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.03.015>
7. Skrede, G., Martinsen, B. K., Wold, A.-B., Birkeland, S.-E., Aaby, K. (2012). Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 62 (3), 193–208. doi: <http://doi.org/10.1080/09064710.2011.598543>
8. Li, F., Chen, G., Zhang, B., Fu, X. (2017). Current applications and new opportunities for the thermal and non-thermal processing technologies to generate berry product or extracts with high nutraceutical contents. *Food Research International*, 100, 19–30. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.035>
9. Manganaris, G. A., Goulas, V., Vicente, A. R., Terry, L. A. (2013). Berry antioxidants: small fruits providing large benefits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (5), 825–833. doi: <http://doi.org/10.1002/jsfa.6432>
10. Howard, L. R., Prior, R. L., Liyanage, R., Lay, J. O. (2012). Processing and Storage Effect on Berry Polyphenols: Challenges and Implications for Bioactive Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (27), 6678–6693. doi: <http://doi.org/10.1021/jf2046575>
11. Moneim, A., Sulieman, E., Khodari, K., Salih, Z. (2013). Extraction of Pectin from Lemon and Orange Fruits Peels and Its Utilization in Jam Making. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 3 (5), 81–84.
12. Golovko, T., Pogozhikh, M., Pak, A., Golovko, N., Pak, A., Bakirov, M. (2018). Study of microelement distribution uniformity in a bulk of dough enriched with dietary supplements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (94)), 42–48. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140134>
13. Погожих, М. І., Пак, А. О., Чеканов, М. А., Іштван, С. О., Павлюк, І. М. (2014). Дослідження системної води харчової сировини термодинамічними та молекулярно-кінетичними методами. *Східно-європейський журнал передових технологій*, 5 (11 (71)), 42–46.

Received date 02.10.2019

Accepted date 24.10.2019

Published date 30.11.2019

Погожих Микола Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051, E-mail: m.pogozhikh@hduht.edu.ua

Пак Андрій Олегович, доктор технічних наук, доцент, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051, E-mail: a.pak@hduht.edu.ua

Пак Аліна Володимирівна, кандидат технічних наук, викладач, кафедра товарознавства та експертизи якості товарів, Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету, пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: pak.alina1984@gmail.com

Нечай Євген Сергійович, Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету, пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: ererer12344321qw@gmail.com