

РОЗРОБЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ ОБЛІПИХИ

Самілик Марина Михайлівна

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-4826-2080

maryna.samilyk@snau.edu.ua

Шешеня Ігор Олександрович

магістр

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-4826-2080

isheshenia5@gmail.com

У статті наведено результати експериментального дослідження переробки плодів дикорослої обліпихи (*Hirrorphae rhamnoides L.*), які було зібрано на території Сумської області в жовтні 2022 року. Метою дослідження є розробка раціонального способу переробки плодів обліпихи, який дозволить зберегти вміст вітаміну С. Об'єктом даного дослідження є спосіб переробки плодів обліпихи, який включає їх попереднє заморожування ($t=-18\pm 2^\circ\text{C}$), дефростацію ($t=4\pm 2^\circ\text{C}$), осмотичну дегідратацію ($t=50\pm 5^\circ\text{C}$), сушіння ($t=55\pm 5^\circ\text{C}$) та тонкодисперсне подрібнення. В якості осмотичного розчину використовували розчин сахарози концентрацією 70%. Матеріальний баланс процесу розраховували за зміною маси в процесі зневоднення. Досліджували тривалість процесу сушіння у інфрачервоних сушарках із застосуванням попередньої дегідратації та без неї. Вміст вітаміну С у експериментальних зразках (порошках та осмотичних розчинах) вивчали за допомогою високоефективної рідинної хроматографії. Встановлено, що заморожування змінює структуру клітинного соку і призводить до часткового видалення вологи при дефростації плодів (1,5% до маси плодів). В процесі осмотичної дегідратації частина клітинного соку переходить в осмотичний розчин, зменшуючи вологість плодів обліпихи на 38%. Розрахунок матеріального балансу показав, що при застосуванні заморожування, дефростації та осмотичної дегідратації із плодів обліпихи видаляється 41% вологи. Це дозволяє скоротити енерговитрати на процес сушіння на 6,75 кВт за один цикл роботи обладнання. Досліджено вплив запропонованого режиму зневоднення на вміст вітаміну С у похідних переробки обліпихи. Виявлено, що у порошках із плодів обліпихи залишається 3,81 мг/100 г вітаміну С, а в осмотичний розчин переходить 0,37 мг/100 г. Таким чином, похідні переробки плодів обліпихи можна використовувати в якості натуральних харчових добавок.

Ключові слова: осмотична дегідратація, заморожування, дефростація, сушіння, подрібнення, *Hirrorphae rhamnoides L.*, вітамін С, матеріальний баланс, енерговитрати.

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.4.15>

Вступ. Пошук раціонального способу переробки рослинної сировини є актуальним питанням для сучасної харчової науки. При цьому важливе значення має не лише вибір сировини, а й режими її переробки. Необхідно вирішувати одразу декілька важливих задач: збереження органолептичних властивостей, біологічної цінності продукту переробки, зменшення енергетичних витрат.

На основі рослинної сировини виробляється велика кількість харчових добавок. Більшість смако-ароматичних добавок виробляються у порошковій формі, яка є оптимальною для застосування (Fitzpatrick & Ahrné, 2005). Зазвичай для отримання порошкової форми сировини попередньо її висушують та подрібнюють. Такий спосіб є ефективним, проте для сушіння використовуються високі температури, при цьому відбуваються зміни хімічного складу сировини. Спосіб температурної обробки впливає на якісні показники готового продукту, такі як: смак, аромат, в'язкість, твердість, мікробне псування та ферментативну активність (Izli, Izli, Taskin, 2017). Кожен спосіб має свої переваги та недоліки. При цьому готовий продукт відрізняється за фізико-хімічними та поживними властивостями, мікроструктурою

(Saparino et al., 2012). В процесі термічної обробки цукровмісної сировини відбувається реакція Майяра (реакція меланоїдиноутворення). Під час цієї реакції відбувається хімічне перетворення сировини, при цьому утворюються речовини різної природи (барвні речовини, ароматоутворюючі сполуки та інш.). Ці речовини можуть мати неприємний аромат, виступати як антиоксиданти, проявляти отруйні властивості (Jousse et al., 2006).

Альтернативою теплової обробці є біотехнологічні процеси. В основі яких лежить ферментація або біотрансформація відповідних природних попередників з використанням мікроорганізмів та ферментів (Forti et al., 2018; Swain et al., 2014). Проте, при цьому повністю змінюються її органолептичні властивості.

Важливим етапом виробництва смако-ароматичних добавок є вибір сировини. Дедалі частіше використовуються похідні переробки такі, як меляса, шкірка ягід, фруктів та овочів, шкаралупа, відходи морепродуктів та м'яса, відпрацьовані зерна кави та какао-бобові (De Oliveira Felipi L., 2017). Спостерігається тенденція до використання в структурі харчування нетрадиційної сировини, в тому числі, різних видів дикорослої сиро-

вони. Дикорослі види рослин мають винятковий природний потенціал і здавна використовуються для лікування грипу, застуди, запалень і подібних захворювань. У харчуванні людини вони використовуються у свіжому та переробленому вигляді.

Серед дикорослої сировини варто виділити обліпиху (*Hippophae rhamnoides* L.), яка має винятковий потенціал до застосування у харчовій промисловості. Обліпиха є органічним продуктом, що містить багато ліпофільних компонентів (Wei et al., 2019). До складу ягід обліпихи входять незамінні жирні кислоти, амінокислоти, фітостерини та флавоноїди, вітаміни, каротиноїди, пігменти та ліпопротеїди (Zheng et al., 2017; Bal et al., 2011). Вони містять водорозчинні (С, РР, В1, В6, холін), жиророзчинні вітаміни, провітаміни (токофероли, каротиноїди та вітамін К). Обліпиха цінується за антиоксидантну, кардіопротекторну, антиатерогенну, протидіабетичну, гепатопротекторну, антиканцерогенну, імунomodуючу, протівірусну, антибактеріальну, протизапальну та судинорелаксуючу дію (Oomah, 2003). Дослідження показали, що в плодах обліпихи міститься 4,5% каротиноїдів, 2,8% – органічних кислот, 2,6% цукрів, серед яких переважають сахароза, глюкоза, фруктоза. Вміст пектинів становить до 0,8% маси плоду (Ficzek et al., 2018)

За іншими даними ягоди обліпихи багаті азотистими речовинами (до 0,3%). У 100 г ягід обліпихи міститься вітамін С (до 1,05 мг), каротин (11 мг), вітамін Е (7-18 мг), Р (1 мг), В1 (0,35 мг), В2 (0,3 мг), В6 (0,79 мг), РР і К – 0,8-1,5 мг відповідно. Ягоди обліпихи є одним з джерел вітаміну Е. Мінеральні елементи представлені (мг/100 г): калієм – 180-220, кальцієм – 9-16, магнієм – 7-12, фосфором – 12-17, залізом – 6-14, а також марганцем, цинком, алюмінієм, титаном, кремнієм (He et al., 2019).

Метою дослідження є розробка раціонального способу зневоднення плодів обліпихи, який дозволить зберегти вітамін С у похідних продуктах.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити наступні задачі:

- розрахувати матеріальний баланс зневоднення плодів обліпихи за запропонованим способом;
- розрахувати енергетичні витрати на процес зневоднення;
- визначити кількість вітаміну С, який переходить у похідні продукти при зневодненні плодів обліпихи.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися на кафедрі технологій та безпечності харчових продуктів Сумського національного аграрного університету. В якості предмету дослідження використовували плоди *Hippophae rhamnoides* L. зібрані на території Сумської області у жовтні 2022 року.

Ретельно відмивали, просушували та заморожували (-18±2°C) плоди обліпихи. Дефростовані плоди змішували із розчином сахарози концентрацією 70% (гідромодуль 1), нагрітим до 65±5°C. Процес дегідратації проводили в лабораторній установці власного виготовлення протягом 60 хв. При цьому суміш ретельно перемішували за постійної температури 50±5°C. Частково зневоднені плоди відокремлювали від осмотичного розчину та направляли на висушування в лабораторній інфрачер-

воній сушарці при температурі 60±5°C до масової частки сухих речовин у висушеному продукті 7-8%. Паралельно було проведено висушування дефростованих ягід без попередньої осмотичної дегідратації. Висушені похідні плодів обліпихи подрібнювали у порошки за допомогою лабораторного дискового млина ЛЗМ-1 до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито (0,45 мм).

Враховуючи, що осмотична дегідратація є періодичним процесом, витрату компонентів визначали в одиницях маси за цикл роботи апарату. Згідно з законом збереження маси складали рівняння матеріального балансу.

Матеріальний баланс процесів заморожування та дефростації розраховували за формулою:

$$m_{СП} = m_{ДП} + m_{КС}, \quad (1)$$

де $m_{СП}$ – маса свіжих плодів, г;

$m_{ДП}$ – маса дефростованих плодів, г;

$m_{КС}$ – маса виділеного клітинного соку, г.

Матеріальний баланс процесу осмотичної дегідратації розраховували за формулою:

$$m_A + m_{ДП} = m_{ЧЗП} + m_D, \quad (2)$$

де m_A – маса цукрового розчину, г;

$m_{ДП}$ – маса свіжих дефростованих плодів, г;

$m_{ЧЗП}$ – маса частково зневоднених плодів, г;

m_D – маса осмотичного розчину після дегідратації, г.

Матеріальний баланс процесу сушіння розраховували за формулою:

$$m_{ЧЗП} = m_{СП} + m_V, \quad (3)$$

де $m_{ЧЗП}$ – маса частково зневоднених плодів, г;

$m_{СП}$ – маса сухих плодів, г;

m_V – маса видаленої вологи, г.

Енергетичні витрати розраховували за фактичною потужністю обладнання, яке застосовували для зневоднення (апарату осмотичної дегідратації та інфрачервоної сушарки).

Вміст вітаміну С у експериментальних зразках (порошках та осмотичних розчинах) вивчали за допомогою ВЕРХ (Agilent Technologies 1200, детектор з UV-Vis Abs, детекція при $\lambda=240$ і 300 нм, колонка C18 (Zorbax SB-C18 4,6×150 мм, 5 мкм)). Використовували наступну мобільну фазу: метанол і 0,02М розчин KH_2PO_4 (20:80). Застосовували ізократичну обробку зі швидкістю елюювання 1 мл/хв і температурою аналітичної колонки 40 оС. Об'єм ін'єкції 20 мкл. Екстракцію зразків проводили методом додавання мобільної фази (20 мл) до порошкоподібних (1 гр) та рідких зразків (5 мл). Отримані зразки центрифугували тричі (центрифуга ОПН-12) при 10000 об/хв протягом 10 хвилин. Екстракти фільтрували використовуючи фільтр PTFE Agilent 0.45µm.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення плодів дикорослих рослин представлено в таблиці 1.

Із таблиці 1 видно, що незначна частина вологи втрачається при заморожуванні та дефростації (1,5 г). Це відбувається за рахунок зміни структури води в клітинах плодів. За рахунок тиску кристалів льоду на оболонки клітин, особливо на ділянках їх найбільшого скупчення, частково руйнується мікроструктура плодів. Як наслідок,

при дефростації заморожених плодів вологоутримуюча здатність тканин знижується, зростає вологовіддача і витікання із зруйнованих клітин. Для заморожування в процесі дослідження використовували побутову морозильну камеру. Негативним є той факт, що разом із клітинним соком, який виділяється при дефростації, від плодів виділяються деякі біологічно активні компоненти. Проте, цих втрат можна уникнути, змішуючи виділений сік із відпрацьованим осмотичним розчином. І використовуючи цей похідний продукт для збагачення різноманітних харчових продуктів (цукру, безалкогольних, алкогольних напоїв та інш.).

При осмотичній дегідратації із плодів обліпихи видаляється 39,5% вологи, що дозволяє значно скоротити тривалість сушіння. Загальна кількість вологи видаленої за рахунок застосування заморожування та осмотичної дегідратації становить 41%.

Тривалість процесу сушіння в інфрачервоних сушарках без застосування осмотичної дегідратації 7 год. Враховуючи, що потужність інфрачервоних сушарок 1,75 кВт на годину, загальні витрати на процес зневоднення без застосування осмотичної дегідратації становлять 12,25 кВт.

Потужність установки для осмотичної дегідратації становить 2 кВт на годину. Тривалість сушіння із застосуванням попередньо осмотичної дегідратації скорочується до 2 годин, тобто витрати енергії на процес сушіння становлять 3,5 кВт.

Результати розрахунку загальних витрат на процес зневоднення плодів обліпихи за різних умов представлено на рис. 1.

Загальні витрати на зневоднення плодів обліпихи при застосуванні осмотичної дегідратації знижуються на 6,75 кВт за один цикл роботи обладнання.

Одним із завдань дослідження було дослідження вмісту вітаміну С у похідних переробки плодів обліпихи. Запропонований спосіб зневоднення із застосуванням осмотичної дегідратації передбачає застосування температур, при яких вітаміни не руйнуються. Результати дослідження вмісту вітаміну С представлено на рис. 2.

Із рисунку видно, що у порошках із плодів обліпихи концентрується досить велика кількість вітаміну С, що робить його привабливою сировиною для виробництва вітамінізованих харчових продуктів. Частина вітаміну С переходить разом із клітинним соком у осмотичний розчин, це підтверджує доцільність застосування даного похідного продукту для збагачення цукру (Samilyk et al., 2022).

Висновки. За результатом дослідження було встановлено:

- При застосуванні запропонованого способу попереднього зневоднення плодів обліпихи, який передбачає заморожування, дефростацію та осмотичну дегідратацію, видаляється 41% вологи, що значно скорочує витрати на процес сушіння;
- При застосуванні осмотичної дегідратації енерговитрати на зневоднення плодів обліпихи знижуються на 6,75 кВт;
- Після осмотичної дегідратації у похідних переробки плодів обліпихи зберігається вітамін С.

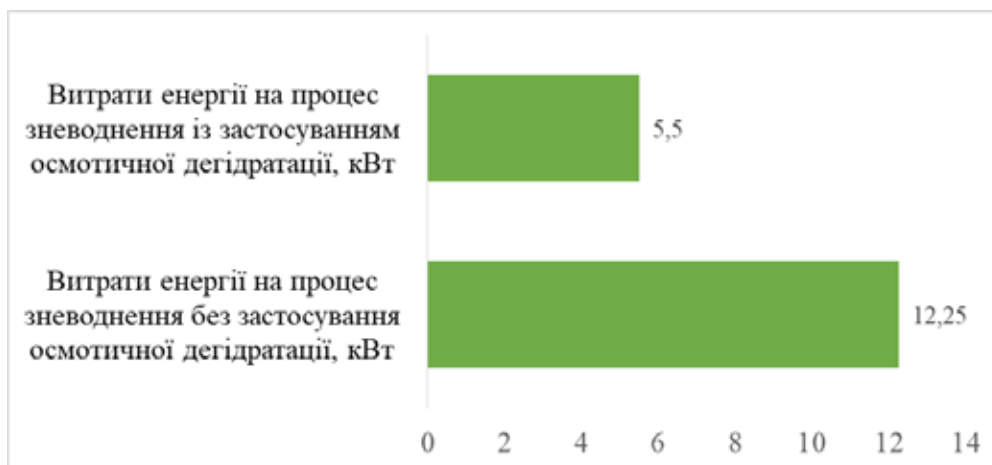


Рис. 1. Витрати енергії на процес зневоднення

Таблиця 1

Результати розрахунку матеріального балансу зневоднення плодів обліпихи

Найменування сировини	Маса, г
Вологи виділеної із плодів після заморожування та дефростації	1,5
Вологи виділеної в результаті осмотичної дегідратації	38,0
Вологи видаленої за рахунок заморожування та осмотичної дегідратації	39,5
Вологи виділеної в результаті сушіння	54,2
Загальна кількість видаленої вологи	93,7

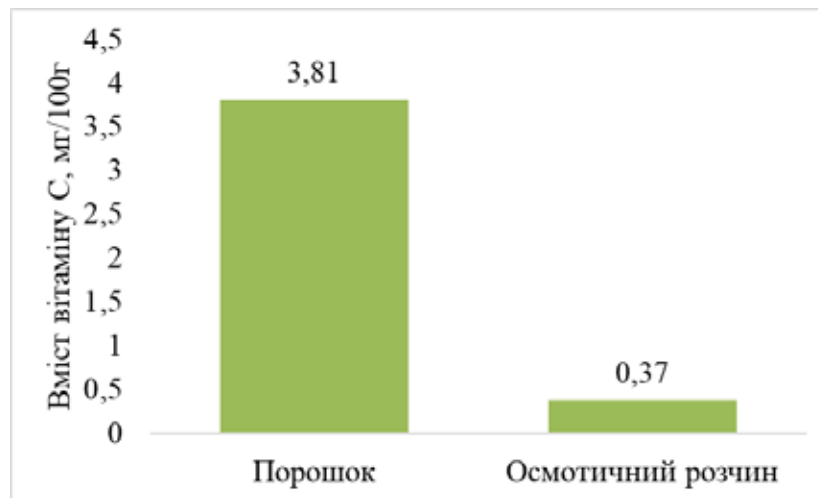


Рис. 2. Вміст вітаміну С у похідних переробки плодів обліпихи

Бібліографічні посилання:

1. Fitzpatrick, J.J., & Ahrné, L. (2005). Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 44(2), 209-214. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2004.03.014>.
2. Izli, N., Izli, G., Taskin, O. (2017). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology*, 37(4), 604–612. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.28316/>.
3. Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R., Fellman, J.K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135-148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>.
4. Jousse, F., Jongen, T., Agterof, W., Russell, S., Braat, P. (2006). Simplified kinetic scheme of flavour formation by the Maillard reaction. *Journal of Food Science*, 67, 2534-2542. (in English) DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08772.x
5. Forti, L., Cramarossa, M.R., Filippucci, S., Tasselli, G., Turchetti, B., Buzzini, P. (2018). Nonconventional yeast-promoted biotransformation for the production of flavor compounds. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes*. Academic Press, 165–187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811518-3.00006-5>.
6. Swain, MR, Anandharaj, M, Ray, RC, Parveen, Rani, R. (2014). Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. *Biotechnology Research International*, 1–14. doi: 10.1155/2014/250424.
7. De Oliveira Felipi, L., de Oliveira, A. M., Lemos Bicas, J. (2017). Bioaroma – perspectives for sustainable development. *Trends in Food Science & Technology*, 26, 141–153. DOI:10.1016/j.tifs.2017.02.005.
8. Wei, E, Yang, R, Zhao, H, Wang, P, Zhao, S, Zhai, W. (2019). Microwave-assisted extraction releases the antioxidant polysaccharides from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 13(123), 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.074>.
9. Zheng, L., Shi, L.-K., Zhao, C.-W., Jin, Q.-Z., Wang, X.-G. (2017). Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies. *LWT*, 86, 507–513. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.042>.
10. Bal, L.M, Meda, V, Naik, S.N. (2011). Santosh Satya Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmeceuticals / Lalit M. et al. *Food Research International*, 44(7), 1718-1727 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.002>.
11. Oomah, B. D. (2003) Sea buckthorn lipids. Li T. S. C., Beveridge T. (Eds) *Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides): Production and utilization*. NRC Research Press, Ottawa, ON, 51–68.
12. Ficzek, G., Mátravölgyi, D., Furulyás, C., Rentsendavaa, I., Jócsák, D., Papp, G., Simon, G., Végvári, M., Stéger-Máté. (2018). Analysis of bioactive compounds of three sea buckthorn cultivars (*Hippophae rhamnoides* L. 'Askola', 'Leikora', and 'Orangeveja') with HPLC and spectrophotometric methods. *European Journal of Horticultural Science*, 84(1), 31-38 (in English) DOI:10.17660/eJHS.2019/84.1.5.
13. He, L., Wang, Ch., Shi, H., Zhou, W., Zhang, O., Chen, X. (2019) Combination of steam explosion pretreatment and anaerobic alkalization treatment to improve enzymatic hydrolysis of *Hippophae rhamnoides*. *Bioresource technology*, 289, 121693. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121693>.
14. Samilyk, M., Kornienko, D., Bolgova, N., Sokolenko, V., Boqomol, N. (2022). Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (117)), 39–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>

Samilyk M. M., PhD, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Sheshenya I. O., Master, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Development of a rational method of processing the fruits of sea-buckthir

The article presents the results of an experimental study of the processing of fruits of wild sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*). The fruits were collected on the territory of the Sumy region in October 2022. The aim of the study is to develop a rational method for processing sea buckthorn fruits, which will preserve the content of vitamin C. The object of this study is a method for processing sea buckthorn fruits, which includes their preliminary freezing ($t=-18\pm 2^{\circ}\text{C}$), defrosting ($t=4\pm 2^{\circ}\text{C}$), osmotic dehydration ($t=50\pm 5^{\circ}\text{C}$), drying ($t=55\pm 5^{\circ}\text{C}$) and fine grinding. A sucrose solution with a concentration of 70% was used as an osmotic agent. The material balance of the process was calculated from the change in mass during dehydration. The duration of the drying process in infrared dryers with and without pre-dehydration was studied. The content of vitamin C in experimental samples (powders and osmotic solutions) was studied using high performance liquid chromatography. It has been established that freezing changes the structure of cell sap and leads to partial removal of moisture during defrosting of fruits (1.5% by weight of fruits). In the process of osmotic dehydration, part of the cell sap passes into the osmotic solution, reducing the moisture content of sea buckthorn fruits by 38%. The calculation of the material balance showed that when freezing, defrosting and osmotic dehydration are used, 41% of moisture is removed from sea buckthorn fruits. This makes it possible to reduce energy consumption for the drying process by 6.75 kW per one cycle of equipment operation. The effect of the proposed dehydration regimen on the content of vitamin C in sea buckthorn derivatives was studied. It was found that 3.81 mg/100 g of vitamin C remains in powders from sea buckthorn fruits, and 0.37 mg/100 g passes into the osmotic solution. Thus, derivatives of sea buckthorn fruit processing can be used as natural food additives.

Key words: osmotic dehydration, freezing, defrosting, drying, grinding, *Hippophae rhamnoides L.*, vitamin C, material balance, energy expenditure.