

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОХІДНИХ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ ШОВКОВИЦІ

Самілик Марина Михайлівна

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-4826-2080

maryna.samilyk@snau.edu.ua

Носик Микола Іванович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0001-0076-4487

ars_nick_14@ukr.net

Шовковиця містить компоненти з високою доданою вартістю, такі як антоціани, феноли, флавоноїди та інші біологічно активні сполуки, які можна використовувати як функціональні інгредієнти. Проте важливо забезпечити такий спосіб її переробки, який дозволить зберегти біологічну цінність похідних переробки та продуктів, виготовлених на їх основі. Метою дослідження є оцінка якості похідних переробки шовковиці, отриманих при осмотичному зневодненні плодів, з метою подальшого їх використання у виробництві напоїв. Плоди дикорослої *Morus nigra* промивали та змішували із 70 % розчином сахарози (гідромодуль 1), попередньо нагрітим до $65 \pm 5^\circ\text{C}$. Протягом 1 години проводили осмотичну дегідратацію плодів в лабораторній установці для проведення осмотичної дегідратації за температури $50 \pm 5^\circ\text{C}$. Осмотичний розчин відокремлювали від частково зневоднених плодів та аналізували. Визначали органолептичні, фізико-хімічні та антиоксидантні показники розчину за загальноприйнятими методиками. Розчин мав солодкий смак та аромат шовковиці, насичений темно-фіолетовий колір, який свідчить про активний перехід барвних речовин, зокрема, антоціанів та флавоноїдів. Дослідження показало, що у осмотичний розчин переходить $42,60 \pm 0,25 \text{ мг/100г}$ антоціанів та $268,40 \pm 0,25 \text{ мг/100г}$ флавоноїдів. Внаслідок осмотичного зневоднення масова частка сухих речовин в осмотичному розчині знижується на 13,2 %, а масова частка сахарози – на 18,5%. Осмотичний розчин мав помірну активну кислотність $\text{pH}=5,9$, при якій колір барвних речовин залишається стабільним. Запропонований спосіб переробки та застосування похідних продуктів шовковиці дозволить виробникам вина покращити його антиоксидантний потенціал.

Ключові слова: *Morus nigra*, антоціани, флавоноїди, активна кислотність, осмотична дегідратація, похідні переробки, масова частка сахарози, масова частка сухих речовин.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.10>

Вступ. *Morus nigra* має різноманітне застосування в сільському господарстві, косметичній галузі, харчовій та фармацевтичній промисловості. У цій лікарській рослині містяться такі фітохімічні речовини, як стероїди, сапоніни, алкалоїди, глікозиди, полісахариди та фенольні сполуки. Додавання шовковиці в харчові продукти покращує стабільність фенолів, сенсорні властивості, антиоксидантну активність та антимікробні властивості (Maqsood et al., 2022).

Плоди чорної шовковиці цінуються як найбільш привабливі для споживання у свіжому вигляді, оскільки вони мають яскраво виражений смак та аромат, соковитість. Крім того, вони мають вищий фітохімічний вміст, придатні для виробництва фруктових соків і є найбільш використовуваним видом у народній медицині (Meena et al., 2022). Шовковиця містить компоненти з високою доданою вартістю, такі як антоціани, феноли, флавоноїди та інші біологічно активні сполуки, які можна використовувати як функціональні інгредієнти в нутрицевтиках (Hao et al., 2022).

Антоціани відповідають за природний яскравий колір, а також за антиоксидантні властивості плодів. Окрім надання кольору, антоціани володіють відомими фармакологічними властивостями та специфічними

властивостями для покращення здоров'я, такими як протизапальна, антиоксидантна та протиракова активність, а також покращують хронічні захворювання (Rohela et al., 2020).

Сучасні дослідження підкреслюють, що біоактивні сполуки в плодах шовковиці, включаючи вітаміни, мінерали, клітковину, амінокислоти, полісахариди, поліфеноли, флавоноли, фенольні кислоти та антоціани (Kattil et al., 2024). Фармакологічні переваги для здоров'я включають антиканцерогенний, антикардіоваскулярний, нейропротекторний, антигіперглікемічний, антиоксидантний, протидіабетичний та протизапальний ефекти (Can et al., 2021; Dzah et al., 2021).

Незважаючи на численні поживні та фармакологічні переваги, біотехнологічний потенціал шовковиці залишається, в основному, невикористаним через високий вміст вологи. Високий вміст вологи призводить до короткого терміну зберігання та підвищеної швидкопсувності. Плоди шовковиці містять більше 70% води та мають тонку м'якоть (Jan et al., 2021). Тому на їх основі виробляються різноманітні продукти з доданою вартістю.

Зазвичай плоди шовковиці переробляють на харчові барвники (Chen et al., 2017; Vega et al., 2021), шоколад збагачений мікроелементами (Özgüven et al., 2016),

макаронні вироби з гіпоглікемічним ефектом (Yazdankhah et al., 2019), варення без цукру та джеми (Yadav & Yadav, 2020; Tomas et al., 2017), соки та сиропи (Memete et al., 2022; Yilmaz et al., 2020), льодяники та желе (Kurt et al., 2021), вина (Tchabo et al., 2018).

Термічні технології, що застосовуються у виробництві продуктів на основі шовковиці, мають обмеження, включаючи розпад поживних речовин, зміни смаку та кольору, високе споживання енергії та неповний контроль мікроорганізмів. У відповідь на ці виклики досліджуються альтернативні нетеплові технології. Однією із таких технологій може бути обробка плодів шовковиці осмотичною дегідратацією, яка проводиться при невисоких температурах.

Метою дослідження є оцінка якості похідних переробки шовковиці, отриманих при осмотичному зневодненні плодів, з метою подальшого їх використання у виробництві напоїв.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити органолептичні показники якості розчинів, отриманих після осмотичної дегідратації плодів шовковиці;
- дослідити фізико-хімічні показники якості розчинів, отриманих після осмотичної дегідратації плодів шовковиці;
- визначити вміст флавоноїдів та антоціанів у розчинах, отриманих після осмотичної дегідратації плодів шовковиці.

Матеріали і методи досліджень. Плоди дикорослої *Morus nigra* було зібрано у червні 2023 року на території Сумської області. Обережно промиті плоди змішували із 70 % розчином сахарози (гідромодуль 1), попередньо нагрітим до $65 \pm 5^\circ\text{C}$. Протягом 1 години проводили осмотичну дегідратацію плодів в лабораторній установці для проведення осмотичної дегідратації (Samilyk et al., 2023). Температура дегідратації становила $50 \pm 5^\circ\text{C}$. Частково зневоднені плоди розбавляли водою (співвідношення 1:1) та використовували в якості основи для виробництва вина. Відокремлений осмотичний розчин аналізували.

Дескриптори органолептичної оцінки було сформовано самостійно, але із врахуванням показників встановлених для добавок фруктових для збагачення продуктів дитячого харчування. Оцінювали запах, колір, консистенцію. Органолептичну оцінку проводили непрофесійні дегустатори різного віку та статі (10 чоловік).

Масову частку сухих речовин в осмотичних розчинах визначали за допомогою лабораторного рефрактометра. Перед вимірюванням розчин охолоджували до 20°C .

Для визначення масової частки сахарози в осмотичному розчині наважку розчину (26 г) температурою 20°C зважували на технічних вагах і переводили дистильованою водою в колбу 100 см^3 . Додавали 2–4 см^3 свинцевого оцту для освітлення та доводили до мітки дистильованою водою. Вміст колби добре перемішували та фільтрували через паперовий фільтр. Вміст сахарози визначали за допомогою поляриметра в кюветі довжиною 200 мм.

Активну кислотність осмотичного розчину визначали потенціометричним методом за допомогою лабораторного рН-метра рН-500. Температура зразка під час визначення становила 20°C .

Вміст антоціанів визначали методом високоефективної рідинної хроматографії (Agilent Technologies 1200, детектор з UV-Vis Abs, детекція при $\lambda=520\text{ нм}$). Антоціани розділяли за допомогою колонки Agilent TC-C18 (5 $\mu\text{м}$, 4,6 мм × 250 мм) при 25°C . Використовували наступні рухомі фази: 5% мурашину кислоту (А) і 100% метанол (Б) при швидкості потоку 1,0 мл/хв. Умови градієнта починалися з 15% В і лінійно збільшувалися до 30% В через 20 хв. Результати виражали в мг/100 г.

Вміст флавоноїдів визначали методом вимірювання сигналу для дослідної проби та проби з відомою добавкою буферного компонента. Оцінка концентрації компонента в пробі проводилася графічно. На основі отриманих даних будувався графік залежності результатів вимірювань від концентрації речовин. Отриманий графік екстраполювали до перетину з віссю концентрації (котрий відповідає нульовій концентрації). Відрізок на осі між точкою перетину і абсцисою сигналу при концентрації приймався значенням шуканої концентрації. Результати виражали у мг кварцетину на 100 г.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розчин отриманий при осмотичному зневодненні плодів шовковиці за зовнішнім виглядом мав ознаки характерні даному виду сировини. Консистенція була однорідною в'язкою, плинною не драгливалася. Колір темно-фіолетовий, майже чорний, рівномірний по всьому об'єму. Смак солодкий з присмаком шовковиці. Запах характерний сировині.

Серед фізико-хімічних показників для зберігання та подальшого застосування велике значення має масова частка сухих речовин, вміст сахарози та рН.

Результати дослідження фізико-хімічних показників якості осмотичних розчинів представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники розчинів, отриманих після осмотичної дегідратації плодів шовковиці

| Найменування показників | Значення |
|--------------------------------|----------|
| Масова частка сахарози, % | 51,5 |
| Масова частка сухих речовин, % | 56,8 |
| рН | 5,9 |

Результати показали, що при осмотичній дегідратації, у розчин із плодів шовковиці дифундує частина води. Внаслідок чого масова частка сухих речовин в ньому знижується на 13,2 %. Також, зменшується масова частка сахарози на 18,5%. Різниця між масовою часткою сухих речовин та сахарози, ймовірно, свідчить про дифузію у осмотичний розчин інших вуглеводів. Осмотичний розчин має помірну кислотність. В залежності від рН середовища змінюється колір антоціанів. З огляду на те, що безалкогольні напої та вина мають кислу рН середовища, барвник буде мати стабільний колір.

Результати дослідження фенольних сполук у розчинах, отриманих після осмотичної дегідратації плодів шовковиці, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст флавоноїдів та антоціанів у розчинах, отриманих після осмотичної дегідратації плодів шовковиці

| Найменування показників | Значення |
|-------------------------|---------------|
| Флавоноїди, мг К/100 г | 268,40 ± 0,25 |
| Антоціани, мг/100 г | 42,60 ± 0,25 |

Результати дослідження показали, що похідні переробки шовковиці, осмотичні розчини, мають досить високий вміст фенольних сполук, а саме, флавоноїдів та антоціанів. Фенольні сполуки позитивно впливають на якість вина, впливаючи на його смако-ароматичні властивості (He et al., 2012). Колір є одним із найважливіших атрибутів червоних вин, і основними джерелами червоного кольору у винах є антоціани або їхні подальші похідні. Підвищення стійкості кольору вина в процесі бродіння і зберігання дозволить підвищити товарність продукції

вин із шовковиці. Тому утворення пігменту антоціану під час обробки є вирішальним для забезпечення оптимального кольору. На відміну від інших флавоноїдних сполук у червоних винах, антоціани за своєю суттю не сприяють терпкості чи гіркоти у роті. Хоча антоціани не мають запаху та майже без смаку, вони можуть взаємодіяти з деякими ароматичними речовинами та впливати на смак вина.

Таким чином, додавання осмотичного розчину перед спиртовим бродінням дозволить суттєво збільшити кількість індивідуальних антоціанів та окремих фенолокіслот, зберегти колір і підвищити антиоксидантну здатність вина.

Висновки. Осмотичний розчин, отриманий при осмотичній дегідратації плодів шовковиці, за органолептичними, фізико-хімічними та антиоксидантними показниками має потенціал до використання в якості функціонального харчового інгредієнту. Зокрема, запропонований спосіб переробки та застосування похідних продуктів шовковиці дозволить виробникам вина покращити його антиоксидантний потенціал, що дуже важливо для потенційних споживачів.

Бібліографічні посилання:

1. Can, A., Kazankaya, A., Orman, E., Gundogdu, M., Ercisli, S., Choudhary, R., Karunakaran, R. (2021). Sustainable Mulberry (*Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L.) Production in Eastern Turkey. *Sustainability*, 13, 13507. <https://doi.org/10.3390/su132413507>.
2. Chen, H., Yu, W., Chen, G., Meng, S., Xiang, Z., He, N. (2017). Antinociceptive and Antibacterial Properties of Anthocyanins and Flavonols from Fruits of Black and Non-Black Mulberries. *Molecules*, 23, 4. DOI: 10.3390/molecules23010004.
3. Dzah, C.S., Duan, Y., Zhang, H., Boateng, N.A.S., Ma, H. (2020). Latest developments in polyphenol recovery and purification from plant by-products: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, 99, 375–388. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.003>.
4. Hao, J., Gao, Y., Xue, J., Yang, Y., Yin, J., Wu, T., Zhang, M. (2022). Phytochemicals, Pharmacological Effects and Molecular Mechanisms of Mulberry. *Foods*, 11, 1170. <https://doi.org/10.3390/foods11081170>.
5. He, F., Liang, N.N., Mu, L., Pan, Q.H., Wang, J., Reeves, M.J., Duan, C.Q. (2012). Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules*, 17(2), 1571–601. doi: 10.3390/molecules17021571.
6. Jan, B., Parveen, R., Zahiruddin, S., Khan, M.C., Mohapatra, S., Ahmad, S. (2021). Nutritional constituents of mulberry and their potential applications in food and pharmaceuticals: A review. *Saudi. Biol. Sci.*, 28, 3909–3921. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.056>.
7. Kattil, A., Hamid, Kumar Dash, K., Shams, R., Sharma, Sh. (2024). Nutritional composition, phytochemical extraction, and pharmacological potential of mulberry: A comprehensive review. *Future Foods*, 9, 100295. <https://doi.org/10.1016/j.fuo.2024.100295>.
8. Kurt, A., Bursa, K., Tokar, O.S. (2022). Gummy Candies Production with Natural Sugar Source: Effect of Molasses Types and Gelatin Ratios. *Food Sci. Technol. Int. Cienc. Tecnol. Los Alim. Int.*, 28(2), 118–127. doi: 10.1177/1082013221993566.
9. Maqsood, M., Anam Saeed, R., Sahar, A., Khan, M. I. (2022). Mulberry plant as a source of functional food with therapeutic and nutritional applications: A review. *Food Biochem.*, 46(11), e14263. doi: 10.1111/jfbc.14263.
10. Meena, V.S., Gora, J.S., Singh, A., Ram, C., Meena, N.K., Pratibha, A., Roupael, Y., Basile, B., Kumar P. (2022). Underutilized fruit crops of Indian arid and semi-arid regions: importance, conservation and utilization strategies *Horticulturae*, 8 (2), 171, <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020171>.
11. Memete, A. R., Tima, A.V., Vuscan, A.N., Miere, F., Venter, A.C., Vicas, S. I. (2022). Phytochemical Composition of Different Botanical Parts of *Morus* Species, Health Benefits and Application in Food Industry. *Plants*, 11(2), 152. <https://doi.org/10.3390/plants11020152>.
12. Özgüven, Karadağ, A., Duman, Ş., Özkal, B., Özçelik B. (2016). Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan-coated liposomes and bioaccessibility studies *Food Chem.*, 201, 205-212, 10.1016/j.foodchem.2016.01.091.
13. Rohela, G.K., Shukla, P., Muttanna, K.R., Chowdhury, S.R (2020). Mulberry (*Morus* spp.): an ideal plant for sustainable development. *Trees For People*, 2 (4), 100011, 10.1016/j.tfp.2020.100011.
14. Familyk, M., Bal'-Prylipko, L., Korniienko, D., Paska, M., Ryzhkova, T., Yatsenko, I., Hnoievyyi I., Tkachuk, S., Bolgova, N., & Sokolenko, V. (2023). Determination of quality indicators of sugar fortified with a by-product of elderberry processing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (124)), 65–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284885>.

15. Tchabo W, Ma Y, Kwaw E, Zhang H, Xiao L, Apaliya MT.(2018). Statistical interpretation of chromatic indicators in correlation to phytochemical profile of a sulfur dioxide-free mulberry (*Morus nigra*) wine submitted to non-thermal maturation processes. *Food Chem*, 239, 470–477. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.140.
16. Tomas, M., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Hall, R.D., Beekwilder, J., Capanoglu, E. (2017). Processing Black Mulberry into Jam: Effects on Antioxidant Potential and in Vitro Bioaccessibility. *J. Sci. Food Agric*, 97, 3106–3113. DOI: 10.1002/jsfa.8152.
17. Vega, E.N., Molina, A.K., Pereira, C., Dias, M.I., Heleno, S.A., Rodrigues, P., Fernandes, I.P., Barreiro, M.F., Stojković, D., Soković, M. Caroch, M., Barreira, J.C.M., Ferreira, I.C.F.R., Barros, L. (2021). Anthocyanins from *Rubus fruticosus* L. and *Morus nigra* L. applied as food colorants: a natural alternative. *Plants*, 10 (6), 1181, 10.3390/plants10061181.
18. Yadav Gulia, G., Yadav B. (2020). Development of mulberry enriched fruit jam by replacing refined sugar with mulberry fruit. *Int. J.*, 9 (01), 4079-4083.
19. Yazdankhah, S., Hojjati, M., Azizi, M.H. (2019). The antidiabetic potential of black mulberry extract-enriched pasta through inhibition of enzymes and glycemic index. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 74 (1), 149-155, 10.1007/s11130-018-0711-0.
20. Yilmaz, S., Ergün, S., Yigit, M., Yilmaz, E., Ahmadifar, E. (2020). Dietary Supplementation of Black Mulberry (*Morus nigra*) Syrup Improves the Growth Performance, Innate Immune Response, Antioxidant Status, Gene Expression Responses, and Disease Resistance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunol*, 107, 211–217. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.09.041.

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

Nosyk M.I., Postgraduate student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Assessment of the quality of processing derivatives of mulberry fruits

*Mulberry contains components with high added value such as anthocyanins, phenols, flavonoids and other biologically active compounds that can be used as functional ingredients. However, it is important to ensure such a method of its processing that will preserve the biological value of the processing derivatives and products made on their basis. The purpose of the study is to evaluate the quality of mulberry processing derivatives obtained during osmotic dehydration of fruits, with the aim of their further use in the production of beverages. The fruits of wild *Morus nigra* were washed and mixed with a 70% sucrose solution (hydromodule 1), preheated to 65±5°C. For 1 hour, osmotic dehydration of fruits was carried out in a laboratory setup for osmotic dehydration at a temperature of 50±5 °C. Next, the osmotic solution was separated from the partially dehydrated fruits and analyzed. The organoleptic, physicochemical and antioxidant indicators of the solution were determined according to generally accepted standard methods. According to organoleptic parameters, the solution resembled the raw material. The organoleptic, physicochemical and antioxidant indicators of the solution were determined according to generally accepted standard methods. According to organoleptic parameters, the solution resembled the raw material. The rich dark purple color testified to the active transition of coloring substances, in particular anthocyanins and flavonoids. The study showed that 42,60 ± 0,25mg/100g of anthocyanins pass into the osmotic solution. As a result of osmotic dehydration, the mass fraction of dry substances in the osmotic solution decreases by 13,2%, and the mass fraction of sucrose – by 18,5%. The osmotic solution had moderate active acidity pH=5.9, at which the color of dyes remains stable. The proposed method of processing and application of mulberry derivative products will allow wine producers to improve its antioxidant potential, which is very important for potential consumers.*

Key words: *Morus nigra*, anthocyanins, flavonoids, active acidity, osmotic dehydration, derived products, mass fraction of sucrose, mass fraction of dry substances.