

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Wybrane zagadnienia
z zakresu produkcji surowców,
żywności i kosmetyków**

Tom 4

Środowisko - Roślina - Zwierzę - Produkt

WUP

Wybrane zagadnienia
z zakresu produkcji surowców,
żywności i kosmetyków

Tom 4

Środowisko – Roślina – Zwierzę – Produkt

Wybrane zagadnienia
z zakresu produkcji surowców,
żywności i kosmetyków

Tom 4

pod redakcją
Marka Babicza
Kingi Kropiwiec-Domańskiej
Urszuli Szymanowskiej

Lublin 2024

Recenzenci

prof. dr hab. Monika Bugno-Poniewierska
prof. dr hab. Anna Iwaniak
dr n. med. i n. o zdr. Martyna Kasela
dr hab. Magdalena Makarska-Białokoz, prof. AWP
dr hab. inż. Beata Seremak, prof. ZUT

Redaktor prowadzący
Magdalena Marcewicz

Opracowanie redakcyjne
Aneta Panasewicz

Projekt okładki
Jacek Pałyszka



Ten utwór jest dostępny na licencji
[Creative Commons Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowa](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

ISBN 978-83-7259-447-1 on-line
<https://doi.org/10.24326/mon.2024.12>



Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo/>
9,4 ark. wyd.

Spis treści

Oliwia Cygan Julia Bębacz, Izabela Podgórska-Kryszczuk Yeast as a biocontrol agent of <i>Alternaria radicina</i> fungus..... 7 Drożdże jako czynnik biokontroli grzybów <i>Alternaria radicina</i>	7
Kinga Konofal, Anna Jakubczyk Zastosowanie wybranych ziół w leczeniu bezsenności 15 The use of selected herbs in insomnia	15
Kinga Konofal, Magdalena Borecka, Monika Karaś Porównanie właściwości funkcjonalnych mączek z nasion wybranych roślin dyniowatych 22 Comparison of the functional properties of seeds flours of selected cucurbit plants	22
Aleksandra Łuszczek, Zuzanna Łabęcka, Ewelina Chrzanowska, Bożena Denisow Borage oil as a raw material used in the cosmetic, pharmaceutical and food industries 32 Olej z ogórecznika jako surowiec wykorzystywany w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym i spożywczym	32
Dominika Pałyska, Magdalena Palik, Magdalena Walasek-Janusz Wąkrota azjatycka (<i>Centella asiatica</i> L.) jako cenny surowiec kosmetyczny i farmaceutyczny 39 <i>Centella asiatica</i> L. – valuable raw material used in cosmetic and pharmaceutical industry	39
Dawid Ramotowski, Kacper Piotrkiewicz, Izabela Podgórska-Kryszczuk, Ewelina Zielińska Study of the properties of shortcake biscuits fortified with dried rosehips (<i>Rosa canina</i> L.) 46 Badanie właściwości kruchych ciastek fortyfikowanych suszonymi owocami dzikiej róży (<i>Rosa canina</i> L.)	46
Weronika Rólkowska, Ewa Januś Kostka zamiast płynu: pielęgnacja włosów w myśl idei waterless i less waste w opinii użytkowników szamponów 56 A bar instead of a liquid: waterless and less waste hair care according to the shampoo users	56
Piotr Stanek, Michał Rapacewicz, Kacper Pofelski, Jakub Iskra, Agnieszka Woźniak, Paweł Żółkiewski Estetyka i wpływ fotografii kulinarnej na spożycie żywności 66 Aesthetics and the impact of culinary photography on a food consumption	66
Marta Stępnik, Gabriela Tomulik, Rafał Papliński, Magdalena Walasek-Janusz Analiza zawartości barwników roślinnych w bazylii greckiej (<i>Ocimum basilicum</i> var. <i>minimum</i>) w zależności od warunków uprawy 72 Analysis of the plant pigment content of greek basil (<i>Ocimum basilicum</i> var. <i>minimum</i>) depending on growing conditions	72

Angelika Śliwka, Kinga Zdybel

Aktywność biologiczna fermentowanego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego (<i>Allium ursinum</i> L.).....	80
Biological activity of fermented wild garlic (<i>Allium ursinum</i> L.) extract	

Łucja Tomaszewska, Wiktoria Jakubowska, Magdalena Walasek-Janusz

Właściwości terapeutyczne arbutyny i zastosowanie w kosmetologii	89
Therapeutic properties of arbutin and use in cosmetology	

**Wiktoria Włodarczyk, Angelika Urbanek, Zuzanna Łabęcka, Ewelina Chrzanowska,
Bożena Denisow**

Aktywność biologiczna substancji zawartych w roślinach z rodzaju <i>Pulmonaria</i>	96
Biological activity of compounds isolated from plants of the <i>Pulmonaria</i> genus	

Patrycja Wojtaszko, Oliwia Baran¹, Ewa Januś

Popularność i postrzeganie kosmetyków zawierających produkty pszczele	103
Popularity and perception of cosmetics containing bee products	

Renata Zdun, Paulina Wac, Patrycja Jóźwiak, Kacper Janus, Kamil Drabik

Wzbogacanie jaj konsumpcyjnych w składniki bioaktywne	112
Enrichment of table eggs with bioactive components	

Kinga Zdybel, Angelika Śliwka

Ocena potencjału przeciwdrobnoustrojowego, przeciwnowotworowego oraz antyoksydacyjnego fermentowanego ekstraktu z mięty pieprzowej	118
Evaluation of the antimicrobial, anticancer and antioxidant potential of fermented peppermint extract	

Dominika Ziplińska, Maja Muzyka

Ocena czystości mikrobiologicznej testerów kosmetyków w drogeriach kosmetycznych.....	127
Assessment of microbiological purity of cosmetic testers in cosmetic drugstores	

Yeast as a biocontrol agent of *Alternaria radicina* fungus

Drożdże jako czynnik biokontroli grzybów *Alternaria radicina*

Introduction

The fungal species *Alternaria radicina* is commonly found in crops. This pathogen causes black grains, black cross, and diseases of various plants called alternarioses. The presence of *Alternaria radicina* on plants contributes to the spoilage of agricultural products during storage or transport. It also contributes to farmers' monetary losses. Sporulation of *Alternaria radicina* occurs in temperatures from 2–4 °C to 28–30 °C, but optimal temperature oscillates from 15 °C to 28 °C. The risk of infection by this fungal is higher in warm and damp conditions. Spores are spread by wind and rain during the growing season [Solfrizzo et al. 2005, Szczeponek et al. 2006, Kowalska et al. 2022, Fernandez-San Millan et al. 2021, Moliszewska and Smiatek 2009, Freimoser et al. 2019, Kumar et al. 2021].

Chemical fungicides are the primary method of controlling pathogenic fungi and related postharvest diseases. However, their use involves certain handling risks, awareness of fungicide residues in food, and risks to human health and the environment [Podgórska-Kryszczuk 2023]. Environmental protection is now an essential aspect for everyone. There are several ways to reduce *Alternaria radicina* that are safe for the environment [Higgins and Hausbeck 2023]:

(1) Sustainable cultivation: Promoting sustainable crop cultivation practices, such as cropping in a nature-like way, can help prevent the spreading of diseases, including those caused by *Alternaria radicina*. Encouraging crop rotation, mixing cultures, and using natural pest control methods may reduce the need for chemical plant protection products.

(2) The use of resistant plant varieties: The development and use of disease-resistant plant varieties can reduce the risk of infection by *Alternaria radicina*. Plant resistance can reduce the need for pesticides, which are dangerous for the environment and people.

(3) Plant monitoring: Regular plant monitoring to detect disease symptoms and respond quickly in case of potential infections can reduce losses. Detection of infections at an early stage can help to use more effective methods of disease management, such as biological or chemical plant protection products.

¹ University of Life Sciences in Lublin, Student Scientific Association of Food Analysts, olacygan74@gmail.com

² University of Life Sciences in Lublin, Department of Analysis and Food Quality Assessment

(4) Application of biological methods: Natural enemies of *Alternaria radicina* or competing microorganisms can effectively control this pathogen. For example, introducing fungopathogenic bacteria into the soil, which can control *Alternaria radicina*, can be an effective strategy.

(5) Limiting the use of chemical plant protection products: Reducing the use of chemical pesticides can help protect the environment from the adverse effects of these substances. Excessive use of pesticides can lead to soil pollution, which can disrupt natural biological processes and hinder the development of healthy plants. Some pesticides are toxic to humans and can affect human health through skin exposure, consuming contaminated foods, or inhaling vapors. However, in some cases, it may be necessary to use chemical plant protection products to control *Alternaria radicina* infection, especially when other methods are not effective.

Environmental protection against *Alternaria radicina* requires sustainable plant cultivation practices, monitoring and rapid response to infections, and various methods of plant disease control that minimize adverse environmental effects [Behrens et al. 2024]. In recent years, much attention has been paid to the biological control of pathogens, including the use of antagonistic yeast [Podgórska-Kryszczuk 2023]. These microorganisms exhibit a variety of mechanisms of action against pathogens, including competition for nutrients and space, production of enzymes that degrade the fungal cell wall, production of volatile metabolites or antimicrobial compounds such as killer toxins [Podgórska-Kryszczuk et al. 2022]. Yeasts have simple nutritional requirements, do not produce allergenic spores or mycotoxins like many filamentous fungi, and can grow rapidly and colonize various substrates under various conditions for long periods. These microorganisms are also often resistant to harsh environmental conditions, making them effective biological plant protection agents [Podgórska-Kryszczuk 2023].

The study aimed to determine the possibility of using selected yeast species to control the fungus *Alternaria radicina* and to investigate their antagonistic mechanisms of action.

Materials and methods

Microorganisms

The study used the fungus *Alternaria radicina* and yeasts *Meyerozyma guilliermondii* KKP3633, *Kluyveromyces marxianus* KKP3608 from the Collection of Industrial Microorganisms of the Institute of Agricultural and Food Biotechnology (IAFB) – National Research Institute. The pure cultures of microorganisms were kept fresh and viable by periodical transfers on Agar Wort (BTL, Łódź, Poland) under aseptic conditions throughout the study. Strains were stored at 4 °C for routine cultivation.

Dual culture assay

The tested yeasts inhibition of *A. radicina* mycelial growth was assessed in Petri dishes containing 20 mL of Agar Wort. In the dual culture assay, a disc of fungus mycelium (5 mm in diameter) cut from a 7-day-old culture was placed at about 3 cm from one edge of the dish. Then, on the opposite side of the Petri dish, 3 cm from the other edge,

the tested yeast was inoculated by linear streaking with a loop of 2-day-old culture. The control was a dish inoculated with only the *A. radicina*. After seven days at 28 °C, the radius of pathogen mycelium in the direction of yeast (R2) and the radius of mycelium in the control (R1) were measured. Percentage inhibition of *A. radicina* growth was calculated according to the formula [Podgórska-Kryszczuk 2023]:

$$\text{Inhibitory activity (\%)} = (R1 - R2)/R1 \times 100$$

Production of lytic enzymes

The capability of yeast to produce and secrete the lytic enzymes chitinase, β -1,3-glucanase, protease, cellulase, and amylase were qualitatively studied in Petri dishes in solid media containing the appropriate substrates. The media were inoculated using the linear method with a loop of 2-day-old yeast culture and incubated at 28 °C for seven days. The presence of zones of substrate discoloration determined enzymatic activity.

(1) The activity of β -1,3-glucanase was tested on medium YNB (Difco) supplemented with laminarin (5 g/L). After incubation, Petri dishes were stained with Congo Red (0.6 g/L) and left at room temperature for 90 minutes [Renwick et al. 1991]. (2) The chitinolytic activity was evaluated on an agar medium amended with mineral salts and with colloidal chitin (Sigma) [Lutz et al. 2013]. (3) Proteolytic activity was evaluated using skimmed milk agar (28 g of skimmed milk powder, 2.5 g of yeast extract, 5 g of tryptone, 1 g of dextrose, and 15 g of agar per 1 L of distilled water; pH 7.0 $\pm$ 0.2). (4) The cellulolytic activity was tested using CMC agar (10 g carboxymethylcellulose (CMC) sodium salt, 10 g yeast extract, 20 g peptone, and 15 g agar per 1 L distilled water, pH 6.0 $\pm$ 0.2). After incubation, the Petri dishes were stained with 0.1% Congo Red solution for 30 minutes, then washed with 1 M NaCl solution for 15 minutes. (5) The amylolytic activity was evaluated using an agar medium supplemented with starch (20 g starch, 20 g meat peptone, 10 g yeast extract, and 15 g agar; pH 6.0 $\pm$ 0.2). After the incubation, the Petri dishes were covered with Lugol's solution, which was drained after 3 min of exposure, the Petri dishes were left for at least 30 min [Podgórska-Kryszczuk 2023].

Production of siderophore

The capacity of selected yeasts to produce siderophores was evaluated using the universal qualitative method on Chrome Azurol S solid medium (CAS agar) [Schwyn and Neilands 1987], with modifications [Podgórska-Kryszczuk et al. 2022]. The wort agar layer was poured onto sterile Petri dishes, and after solidification, the medium was cut in half, and one part was replaced with freshly prepared CAS agar cooled to 50 °C. As close as possible to the border of the two substrates, they were inoculated with a scratch of a 2-day-old culture of the yeast under study. Petri dishes were incubated for 14 days at 28 °C. The production of siderophores was qualitatively determined by evaluating the blue discoloration of the CAS agar medium, indicating the presence of iron-chelating siderophores from the Fe-CAS complex.

Yeast's ability to survive in harsh environments

The ability of yeast to survive under harsh environmental conditions was analyzed in Petri dishes for three characteristics: salinity, pH, and temperature. In each test, 100 μ L of live yeast cells ($OD_{600} = 0.5$) were inoculated into a YPD medium (10 g yeast extract, 20 g peptone, 20 g glucose, 15 g agar per 1 L distilled water; pH 6.0 ± 0.2) and incubated at 28 °C for 72 h. To determine the effect of salinity, different concentrations of salt in the medium were used: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 17 and 18% NaCl. To determine the effect of pH on the growth of the yeast under study, tests were carried out at pH 4, 5, 6, 7, 9, and 11. To evaluate the effect of temperature on yeast growth, the yeast was incubated at 4, 14, 18, 24, 28, 32 and 37 °C.

Statistical analysis

All assays were performed in at least three replicates. The experiment's average results and standard deviation were counted in the program Excel 2019 (Microsoft, Washington, DC, USA).

Results and discussion

Dual culture assay

The tested yeasts, *M. guilliermondii*, and *K. marxianus*, reduced the growth of *A. radicina* mycelia after seven days of incubation at 28 °C on Agar Wort, as shown in Figure 1. Both yeasts reduced the pathogen to a similar high percentage: *M. guilliermondii* at $77.06 \pm 1.01\%$ and *K. marxianus* at $82.17 \pm 1.97\%$.

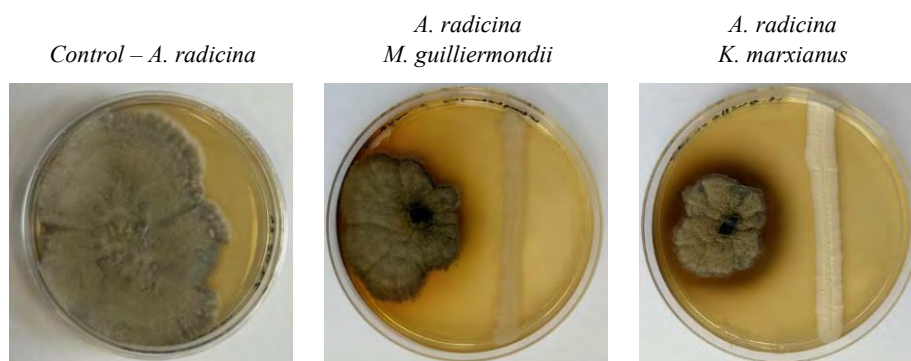


Fig. 1. Growth inhibition of *A. radicina* caused by yeast *M. guilliermondii* and *K. marxianus* after seven days of incubation at 28 °C on Agar Wort

Antagonistic yeasts exhibit many mechanisms of action, but competition for nutrients and space is considered one of the main ones. The dual culture assay is a test to check these two types of competition between the microorganisms under study. The study of

competition for nutrients is quite difficult because direct contact between the antagonistic microorganism and the pathogen is not required, unlike competition for space. Therefore, the two types of competition are commonly considered together without assigning a level of significance to each [Podgórska-Kryszczuk 2023].

In the study presented here, two yeast species, *M. guilliermondii* and *K. marxianus*, were chosen because they have proven antagonistic activity against various pathogens, including the genus *Alternaria*. For example, in a study by Al-Maawalia et al. [2021], the yeast *M. guilliermondii* reduced the growth of *A. alternata* by 29.7%.

Production of lytic enzymes

In the study presented here, both yeast tested showed the ability to produce enzymes chitinase and β -1,3-glucanase. *M. guilliermondii* could also produce cellulase. The study found that neither strain tested produced amylase or protease (Table 1).

Table 1. Enzymes produced by study yeast detected in a qualitative test

Enzyme	<i>M. guilliermondii</i>	<i>K. marxianus</i>
Chitinase	+	+
β -1,3-glucanase	+	+
Protease	–	–
Cellulase	+	–
Amylase	–	–

+ enzyme production; – lack of enzyme production

Cell walls of filamentous fungi are made up of 50–60% glucan, 20% or more chitin, and about 20-30% protein in the dry weight of the wall. Therefore, an essential mechanism in the biocontrol of pathogenic fungi is the production of lytic enzymes that break down the cell walls of pathogens [Agirman and Erten 2020]. Enzyme production by microorganisms is affected by various factors, including the strain used, culture conditions and duration, and the type of medium used (including carbon sources) [Podgórska-Kryszczuk et al. 2022]. The ability of *M. guilliermondii* and *K. marxianus* yeasts to produce enzymes is confirmed by literature data [Herrera-Balandrano et al. 2023, Bilal et al. 2022].

Production of siderophore

A particular example of competitive inhibition of fungal growth by yeast is competition for iron, which is essential for proper cell function. The mechanism is based on the synthesis of siderophores, or compounds that chelate iron ions from an environment poor in this element, which in chelate form may remain unavailable [Grzegorzczuk et al. 2015]. The yeasts tested in this study, *M. guilliermondii* and *K. marxianus*, did not discolor the CAS substrate, indicating a lack of ability to produce siderophores (Fig. 2).

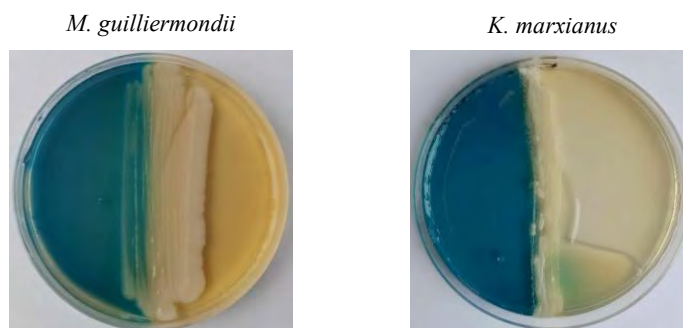


Fig. 2. Results of universal siderophore detection test using CAS agar

Yeast's ability to survive in harsh environments

Both yeast strains tested were resistant to environmental conditions (Table 2). They grew actively over a wide range of temperature (14–37 °C), pH (4–11), and medium with different salinity levels (*M. guilliermondii* 0–17%; *K. marxianus* 0–10%).

Table 2. Yeast's ability to survive in harsh environments

Growth conditions		<i>M. guilliermondii</i>	<i>K. marxianus</i>
Temperature (°C)	4	–	–
	14	+	+
	18	+	+
	24	+	+
	28	+	+
	32	+	+
	37	+	+
pH	4	+	+
	5	+	+
	6	+	+
	7	+	+
	9	+	+
	11	+	+
NaCl (%)	0	+	+
	2	+	+
	4	+	+
	6	+	+
	8	+	+
	10	+	+/-
	12	+	–
	14	+	–
	15	+	–
	16	+	–
	17	+/-	–
	18	–	–

+ growth; +/- weak growth; – lack of growth

The ability to survive in harsh environments is desirable in biocontrol agents. Plant surface temperatures in the field can vary widely – often, high temperatures occur during the day and are lower at night. Therefore, yeasts antagonistic to plant pathogens should be adapted to such situations [Podgórska-Kryszczuk 2023]. The literature suggests that tolerance to high NaCl content may be related to adaptation to other stress conditions, such as oxidative stress, cold and heat stress, and even heavy metal stress [Hohmann 2009], which may also play an essential role in biocontrol. The tolerance of the tested yeasts to different ecological conditions allows them to colonize many niches and guarantees adaptability and survival.

Summary

Consumers now expect pesticide-free, organically grown food. Therefore, research on biological control of pathogens is intensifying, as it has been proven to be an effective and safe method of protecting crops. As shown in this study, yeasts are effective biocontrol agents for pathogens and exhibit diverse mechanisms of action.

References

- Agirman B., Erten H., 2020. Biocontrol ability and action mechanisms of *Aureobasidium pullulans* GE17 and *Meyerozyma guilliermondii* KL3 against *Penicillium digitatum* DSM2750 and *Penicillium expansum* DSM62841 Causing Postharvest Diseases. *Yeast* 37(9–10), 437–448.
- Al-Maawalia S.S., Mohammed Al-Sadia A., Ali Khalifa Alsheria S., Al-Sabahib J.N., Velazhahan R., 2021. The potential of antagonistic yeasts and bacteria from tomato phyllosphere and fructoplane in the control of *Alternaria* fruit rot of tomato. *All Life*. 14, 1, 34–48, <https://doi.org/10.1080/26895293.2020.1858975>
- Behrens A.M., Sulyok M., Krška R., Hennies I., Ern A., Blechmann C., Meyer J.C., 2024. Occurrence of *Alternaria* secondary metabolites in milling oats and its de-hulled fractions from harvest years 2017 to 2021. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 41(2), 188–200, <https://doi.org/10.1080/19440049.2023.2294003>.
- Bilal M., Ji L., Xu Y., Xu S., Lin Y., Iqbal H.M.N., Cheng H., 2022. Bioprospecting *Kluyveromyces marxianus* as a Robust Host for Industrial Biotechnology. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 10, 851768, <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.851768>
- Fernandez-San Millan A., Larraya L., Farran I., Ancin M., Veramendi J., 2021. Successful biocontrol of major postharvest and soil-borne plant pathogenic fungi by antagonistic yeasts. *Biol. Control* 160, 104683, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104683>
- Freimoser F.M., Rueda-Mejia M.P., Tilocca B., Migheli Q., 2019. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 35, 154, <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2728-4>
- Grzegorzczak M., Szalewicz A., Żarowska B., Połomska X., Wątopek W., Wojtatowicz M., 2015. Drobnoustroje w biologicznej ochronie roślin przed chorobami grzybowymi. *Acta Sci. Pol. Biotechnologia* 14(2), 19–42.
- Herrera-Balandrano D.D., Wang S.Y., Wang C.X., Shi X.C., Liu F.Q., Laborda P., 2023. Antagonistic mechanisms of yeasts *Meyerozyma guilliermondii* and *M. caribbica* for the control of plant pathogens: A review. *Biol. Control* 186, 105333, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105333>

- Higgins D.S., Hausbeck M.K., 2023. Diseases of carrot. In: W.H. Elmer, M. McGrath, R.J. McGovern (eds.), Handbook of vegetable and herb diseases. Handbook of plant disease management. Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-030-35512-8_34-1
- Kowalska J., Krzyminska J., Tyburski J., 2022. Yeasts as a potential biological agent in plant disease protection and yield improvement – A short review. *Agriculture* 12, 1404. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091404>
- Kumar A., Pathak H., Bhadauria S., Sudan J., 2021. Aflatoxin contamination in food crops: causes, detection, and management: a review. *Food Prod. Process. Nutr.* 3, 17, <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00064-y>
- Moliszewska E., Smiatek V., 2009. Toxic properties of *Alternaria radicina* culture filtrates against carrot seeds and seedlings. *Ecol. Chem. Eng.* 16, 11.
- Podgórska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M., 2022. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts. *Pathogens* 11, 86, <https://doi.org/10.3390/pathogens11010086>
- Podgórska-Kryszczuk I., 2023. Biological control of *Aspergillus flavus* by the yeast *Aureobasidium pullulans* in vitro and on tomato fruit. *Plants* 12(2), 236, <https://doi.org/10.3390/plants12020236>
- Renwick A.R. Campbell S.C., 1991. Assessment of in vivo screening systems for potential biocontrol agents of *Gaeumannomyces graminis*. *Plant Pathology* 40, 524–532.
- Schwyn B., Neilands J., 1987. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Anal. Biochem.* 160, 47–56.
- Solfrizzo M., De Girloamo A., Vitti C., Tylkowska K., Grabarkiewicz-Szczesna J., Szopińska D., Dorna H., 2005. Toxigenic profile of *Alternaria alternata* and *Alternaria radicina* occurring on umbelliferous plants. *Food Addit. Contam.* 22(4), 302–308, <https://doi.org/10.1080/02652030500058379>
- Szczeponek A., Laszczak P., Wesołowska M., Grzelbus D., Michalik B., 2006. Carrot infection by *Alternaria radicina* in field conditions and results of laboratory tests. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 71, 1125–32.

Zastosowanie wybranych ziół w leczeniu bezsenności

The use of selected herbs in insomnia

Wstęp

Regeneracja organizmu, która zachodzi podczas snu, jest kluczowa dla dobrego samopoczucia fizycznego oraz psychicznego człowieka. Zapotrzebowanie na sen jest indywidualne dla każdego człowieka i wynosi od 6 do 9 godzin [Grabska-Kobyłecka i Nowak 2014].

Z danych wynika, że w Polsce na bezsenność cierpi 35% populacji. Z roku na rok wzrasta liczba osób borykających się z tym schorzeniem. Dla porównania w latach 90. XX w. w Polsce chorzy na bezsenność stanowili 25% populacji [Szelenberger 2006]. Przedstawione dane są niepokojące, ponieważ skutkiem bezsenności są zaburzenia koncentracji, złe samopoczucie, zmęczenie, bóle głowy, większe narażenie na infekcje, a także problemy z zapamiętywaniem [Patel D. i in. 2018]. Jak pokazują badania, ryzyko występowania bezsenności było wyższe u osób po przebytych COVID-19 i wahało się od 29,7% wśród ogółu społeczeństwa do 58,4% w przypadku studentów [Yuan i in. 2022]. Ważne jest zatem wprowadzenie programów profilaktyki zdrowia publicznego, aby ograniczyć niekorzystne skutki związane z występowaniem bezsenności u osób po przebytych COVID-19.

Bezsennność dzielimy na krótkotrwałą, która utrzymuje się do 3 miesięcy, oraz przewlekłą, która trwa dłużej niż 3 miesiące. Bezsenność krótkotrwałą zwykle spowodowana jest przez chroniczny stres, złą higienę snu czy pracę zmianową. Natomiast bezsenność przewlekłą występuje z powodu chorób, np. depresji, zażywania niektórych leków, a w konsekwencji staje się chorobą samoistną [Skalski 2014]. Nieleczona bezsenność i niedobór snu może prowadzić do rozwoju chorób zakaźnych, chorób układu krążenia, nowotworów oraz zaburzeń psychicznych, dlatego ważne jest podjęcie terapii i skuteczne leczenie bezsenności [Freeman i in. 2020].

Najczęściej w leczeniu bezsenności wykorzystuje się środki farmakologiczne, takie jak barbiturany, wodzian chloralu, benzodiazepiny, leki przeciwdepresyjne i przeciwłękowe [Xie i in. 2017]. Stosowanie wymienionych preparatów farmakologicznych może spowodować wystąpienie zaburzeń żołądkowo-jelitowych, zawrotów głowy czy problemów na tle psychicznym [Matheson i Hainer 2017]. Leki przeciwdepresyjne i przeciwłękowe wykazują przede wszystkim działanie uspokajające, co może być niepokojące w perspektywie dłuższego stosowania, gdyż organizm może uodpornić się na substancje

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biochemików Żywności i Żywnienia, gang.kinga@onet.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Katedra Biochemii

w nich zawarte, a także może to doprowadzić do uzależnienia i problemów ze snem po odstawieniu leków [Chang i in. 2016].

Ważne jest zatem znalezienie alternatywnych i skutecznych metod leczenia bezsenności, które nie będą miały tak wielu skutków ubocznych jak w przypadku środków farmakologicznych. Jedną z takich metod leczenia jest ziołolecznictwo, zaliczane do medycyny naturalnej. Zdaniem wielu osób ziołolecznictwo ma mniej skutków ubocznych w porównaniu z tradycyjnymi lekami oraz wykazuje skuteczniejsze działanie [Yuan i in. 2016]. Znaczna liczba osób nie korzysta z ziół, ponieważ nie posiada wiedzy na temat ich działania, nie wie, jak je stosować oraz z powodu błędnie powielanego przekonania, że nie wykazują one żadnego wpływu na organizm ludzki [Dziuban i in. 2007].

Celem pracy była charakterystyka wybranych ziół wykazujących działanie nasenne oraz przedstawienie ich zastosowania w leczeniu bezsenności.

Zioła wykazujące działanie nasenne i perspektywy ich zastosowania

Rumianek (*Matricaria chamomilla*) jest rośliną, której działanie zostało szeroko udowodnione w medycynie. Należy do roślin jednorocznych o delikatnej budowie z lekko rozgałęzioną na końcu łodygą, która zakończona jest kwiatostanem [Kohlmunzer 1998]. Część rumianku stosowana w celach leczniczych to kwiaty, które zawierają związki chemiczne, takie jak flawonoidy, terpenoidy oraz pochodne kumarynowe. Z rumianku pozyskuje się także olejek eteryczny, który stosuje się na rany i owrzodzenia [Pietryja i in. 2018]. Wyciągi i ekstrakty z rumianku podaje się doustnie w postaci nalewek, naparów, a także zewnętrznie – w formie maści i kompresów. Rumianek jest powszechnie wykorzystywany jako środek o działaniu przeciwzapalnym, przeciwbakteryjnym i przeciwbólowym. Wykazuje też działanie antyoksydacyjne, immunostymulujące oraz uspokajające [Zielińska-Pisklak i Szeleszczuk 2013]. Rumianek zawiera apigeninę, flawonoid, który wykazuje działanie przeciwłękowe, a także działa jako antagonist receptorów $\alpha 1\beta 1\gamma 2S$ GABA A i p1 GABA C (receptory jonotropowe), mechanizm ten jest podobny do działania wielu leków nasennych [Campbell i in. 2004].

Przeprowadzono badanie na grupie 50 osób (kobiet i mężczyzn) cierpiących na bezsenność i stany lękowe, które polegało na podawaniu pacjentom przez 60 dni po 15 ml/dzień ekstraktu pozyskanego z kwiatów rumianku. Jak wskazują wyniki, u osób spożywających ekstrakt z rumianku poziom melatoniny we krwi był znacznie wyższy w porównaniu z grupą kontrolną. Badanie wykazało, że rumianek reguluje poziom melatoniny we krwi, a co za tym idzie – działa korzystnie na regulację snu u osób z bezsennością i stanami lękowymi. Należy także zauważyć, że spożywanie ekstraktu z rumianku znacząco obniżyło u tych osób poziom cholesterolu całkowitego, trójglicerydów i lipoprotein o małej gęstości [Hasan 2022].

Adib-Hajbaghery i Mousavi [2017] zastosowali w swoim badaniu kwestionariusz PSQI, który pozwala ocenić szereg parametrów świadczących o jakości snu, takich jak np. trudności w utrzymaniu ciągłości snu, problemy z zasypianiem czy funkcjonowaniem w ciągu dnia. Wykazali, że ekstrakt z rumianku wpłynął korzystnie na poprawę jakości snu u osób starszych, które go spożywały.

Jak wynika z przedstawionych wyników badań, rumianek może być stosowany w celu obniżenia cholesterolu całkowitego, w zaburzeniach snu, a także leczeniu i łagodzeniu objawów depresji, do których zaliczamy bezsenność i stany lękowe [Keefe i in. 2018].

Melisa lekarska (*Melissa officinalis*) jest rośliną należącą do jasnotowatych (Lamiaceae) o lekkim cytrynowym zapachu, występującą w Azji Środkowej, Europie oraz Iranie [Sofowora i in. 2013]. Części melisy, które są stosowane w celach terapeutycznych, to głównie liście zawierające składniki aktywne, takie jak terpeny, przeciwutleniacze fenolowe i flawonoidy [Połumackanyč i in. 2020]. Jak wykazały badania, melisa jest bezpiecznym surowcem, który nie wywołuje żadnych skutków ubocznych [Shirazi i in. 2021]. Melisa jest powszechnie stosowana jako środek o działaniu przeciwdepresyjnym, przeciwutleniającym, przeciwnowotworowym, przeciwskurczowym i uspokajającym [Dastjerdi i in. 2019]. Jej działanie przeciwlękowe polega na hamowaniu transaminazy GABA, z czego wynika wzrost mózgowej dostępności GABA – kwasu gamma-aminomasłowego, bez upośledzenia normalnej aktywności. Dzięki temu melisa łagodzi objawy lęku i bezsenności [Ibarra i in. 2010]. Badanie przeprowadzone przez Haybar i in. [2018] wykazało, że zastosowanie melisy u osób z przewlekłą dławicą piersiową znacznie zmniejszyło objawy depresji, lęku i zaburzeń snu, co zostało potwierdzone testem psychologicznym DASS-21, służącym do oceny objawów związanych z lękiem, depresją oraz stresem, i za pomocą indeksu jakości snu Pittsburgha (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI). Melisa może być stosowana w postaci herbatek, maści, kapsułek, dodatku do potraw, a także w aromaterapii, którą wykorzystuje się głównie w leczeniu bólów głowy i migreny, zaburzeń nastroju oraz łagodzeniu objawów menopauzy [Mirabi i in. 2017]. Wykazano również, że melisa wpływa korzystnie na łagodzenie bolesnego miesiączkowania, bólu oraz depresji poporodowej, a także objawów psychicznych związanych z napięciem przedmiesiączkowym [Alimoradi i in. 2023].

Przedstawione badania pokazują, że melisa może być stosowana w terapii bezsenności oraz w przypadku problemów ginekologicznych. Ponadto stosowanie melisy może złagodzić lęk i niepokój.

Kozłek lekarski (*Valeriana officinalis*) to gatunek zbiorowy występujący w Europie i Azji. Jest to roślina wieloletnia, która należy do rodziny kozłkowatych o słodko pachnących białych kwiatach. Działanie, jakie przypisuje się walerianie, to zmniejszanie poziomu lęku, obniżenie napięcia psychicznego, a także poprawa jakości snu [Dobros 2017]. W medycynie ludowej stosuje się korzeń i kłącza, które zawierają monoterpény, lotne seskwiterpény, kwas walerenowy, fenolokwasy i lignany [Karlóicz-Bodalska 2004]. Za substancję o działaniu nasennym uznaje się pochodną lignanu o nazwie olivil, która łączy się z receptorem adenozyiny A1 i GABA-A – receptory jonotropowe [Unger 2007]. Stosowanie kozłka lekarskiego jest dobrze tolerowane i powoduje niewielkie lub nie wykazuje żadnych skutków ubocznych [Wheatley 2005].

Badanie przeprowadzone w Uniwersyteckim Centrum Medycznym we Freiburgu pokazało, że stosowanie waleriany u pacjentów z pooperacyjnymi zaburzeniami snu jest skuteczne w szczególności w przypadku kobiet, osób starszych, przebywających dłuższy okres w szpitalu i u osób z większą liczbą chorób współistniejących [Winter i in. 2022].

Stosowanie waleriany jest obiecujące w porównaniu ze środkami farmakologicznymi podawanymi w zaburzeniach snu. Pokazują to badania dotyczące wpływu waleriany na czas trwania snu i na jego opóźnienie. Na podstawie nagrań snu PSG – polisomnografii stwierdzono, że waleriana wydłuża czas trwania fazy 3 nREM, co wskazuje na brak tłumienia snu głębokiego u osób z łagodną bezsennością [Zhang i in. 2023].

Badanie 8-tygodniowe RCT z podwójnie ślepą próbą, przeprowadzone u osób z zaburzeniami obsesyjno-kompulsywnymi (*obsessive-compulsive disorder*, OCD), wykazało, że w grupie leczonej walerianą badani zgłaszali działania niepożądane takie jak senność. Wskazuje to na skuteczne działanie tego produktu w leczeniu zaburzenia snu [Modabbernia i Akhondzadeh 2013]. Według badań [Donath i in. 2000] waleriana podawana w wielokrotnych dawkach powoduje znaczny wzrost długości snu u osób z łagodną bezsennością psychofizjologiczną. Natomiast stosowanie nalewki z kozłka lekarskiego ma wpływ na łagodzenie objawów ADHD – zespołu nadpobudliwości psychoruchowej [Razlog i in. 2012].

Zebrane wyniki wszystkich badań pokazują, że waleriana ma pozytywny wpływ na jakość i czas snu oraz wykazuje działanie nasenne i uspokajające. Potrzebne są jednak dalsze badania, zanim roślina zacznie być stosowana jako środek farmakologiczny.

Chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus*) to rodzaj roślin pnących z rodziny konopio-watych (Cannabinaceae), uprawianych w klimacie umiarkowanym. Cechą charakterystyczną rośliny jest to, że ma szyszkokształtny owocostan. Kwiaty żeńskie chmielu służą do warzenia piwa, aby dodać mu goryczy, smaku i aromatu [Szczepaniak i in. 2019]. Suszone kwiaty chmielu są wykorzystywane jako środek o łagodnym działaniu uspokajającym, nasennym i o właściwościach przeciwnowotworowych, a także przeciwalergicznym i przeciwzapalnym [Butterweck i in. 2007]. W medycynie używane są najczęściej szyszki chmielu, które zawierają wiele związków bioaktywnych, takich jak: kwasy alfa i beta, związki fenolowe i flawonoidy, olejki eteryczne oraz fitoestrogeny [González-Salitre i in. 2023].

Kwasy alfa znajdujące się w szyszkach chmielu zawierają humulon, którego działanie zostało wykorzystane w badaniu na myszach. Samce myszy poddano działaniu humulonowi w czasie snu wywołanego pentobarbitem (35 mg/kg) i etanolem (3,5 g/kg). Myszy leczone humulonem w dawce 20 mg/kg masy ciała miały zmniejszoną latencję i wydłużony czas snu, przy niższej dawce humulonowi efektów tych nie zaobserwowano. Humulon w niższej dawce 10 mg/kg masy ciała wydłużał czas snu indukowanego tylko etanolem. Badania dowiodły, że humulon wykazuje działanie nasenne, uspokajające i działa jako pozytywny modulator allosteryczny receptorów jonotropowych GABA A [Benkherouf i in. 2020].

Inne badanie z użyciem mieszanki waleriany i chmielu przeprowadzono na muszkach owocowych (*Drosophila melanogaster*). Analiza pokazuje, że aktywność muszek spadła po zastosowaniu mieszaniny z waleriany i chmielu, a czas snu się wydłużył (ok. 20%) w porównaniu z próbą kontrolną. Badanie to pokazuje, że mieszanina z waleriany i chmielu poprawia jakość snu – wydłużając go oraz poprzez modulowanie sygnalizacji GABA-ergicznej/serotonergicznnej [Choi i in. 2017].

Przytoczone badania dowodzą, że chmiel zwyczajny wykazuje działanie uspokajające i nasenne oraz może być stosowany w leczeniu objawów bezsenności. Ważna jest identyfikacja związków neuroaktywnych zawartych w chmielu, aby można było przyspieszyć prace nad rozwojem bezpiecznych i skutecznych w działaniu leków przeznaczonych do leczenia bezsenności i zaburzeń snu u ludzi.

Podsumowanie

Zastosowanie ziół w leczeniu bezsenności jest bardzo dobrą alternatywą dla tradycyjnych środków farmakologicznych. Na podstawie przytoczonych badań widać, że rumianek, melisa, kozłek lekarski i chmiel mogą poprawiać jakość snu. Jak udowodniono, ziołolecznictwo powoduje mniej skutków ubocznych w porównaniu z tradycyjnymi środkami farmakologicznymi i jest skuteczniejsze. Jednak bezpieczeństwo stosowania ziół zależy także od właściwego ich dawkowania, poprawnego przygotowywania oraz okresu przyjmowania. Często przez zażywanie kilku rodzajów ziół jednocześnie obniża się skuteczność ich działania, ponieważ zachodzi interakcja pomiędzy różnymi gatunkami roślin. Sen jest niezbędny do prawidłowej regeneracji organizmu, od jego jakości i długości zależy to, jak będziemy funkcjonować w ciągu dnia, a w dłuższej perspektywie, jaki będzie nasz stan zdrowia, warto zatem o niego zadbać.

Bibliografia

- Adib-Hajbaghery M., Mousavi S.N., 2017. The effects of chamomile extract on sleep quality among elderly people: A clinical trial. *Complement Ther. Med.* 35, 109–114, <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.09.010>
- Alimoradi Z., Jafari E., Abdi F., Griffiths M.D., 2023. Therapeutic applications of lemon balm (*Melissa officinalis*) for obstetrics and gynecological health issues: A systematic review. *J. Herb. Med.* 42, 100751, <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100751>
- Benkherouf A.Y., Eerola K., Soini S.L., Uusi-Oukari M., 2020. Humulone modulation of GABA A receptors and its role in hops sleep-promoting activity. *Front. Neurosci. Sec. Neuropharmacology* 14, 594708, <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.594708>
- Butterweck V., Brattstroem A., Grundmann O., Koetter U., 2007. Hypothermic effects of hops are antagonized with the competitive melatonin receptor antagonist luzindole in mice. *J. Pharm. Pharmacol.* 59(4), 549–52, <https://doi.org/10.1211/jpp.59.4.0009>
- Campbell E.L., Chebib M., Johnston G.A.R., 2004. The dietary flavonoids apigenin and (–)-epigallocatechin gallate enhance the positive modulation by diazepam of the activation by GABA of recombinant GABA A receptors. *Biochem. Pharmacol.* 68(8), 1631–1638, <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2004.07.022>
- Chang Y.S., Lin M.H., Lee J.H., Lee P.L., Dai Y.S., Chu K.H., Sun C., Lin Y.T., Wang L.C., Yu H.H., Yang Y.H., Chen C.A., Wan K.S., Chiang B.L., 2016. Melatonin supplementation for children with atopic dermatitis and sleep disturbance: a randomized clinical trial. *JAMA Pediatr.* 170(1), 35–42, <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.3092>
- Choi H.S., Ko B.S., Kim H.D., Hong K.B., Suh H.J., 2017. Effect of valerian/hop mixture on sleep-related behaviors in *Drosophila melanogaster*. *Biol. Pharm. Bull.* 40(7), 1101–1110, <https://doi.org/10.1248/bpb.b17-00262>
- Dastjerdi M.N., Daroonch T., Nasiri M., Moatar F., Esmacili S., Ozgoli G., 2019. Investigating the effect of *Melissa officinalis* on after-pains: A randomized single-blind clinical trial. *J. Caring Sci.* 8(3), 129–138, <https://doi.org/10.15171/jcs.2019.019>
- Dobros N., 2017. Zioła o działaniu uspokajającym i przeciwdepresyjnym. *Post. Fitoter.* 18(3), 215–222, <https://doi.org/10.25121/PF.2017.18.3.215>
- Donath F., Quispe S., Diefenbach K., Maurer A., Fietze I., Roots I., 2000. Critical evaluation of the effect of valerian extract on sleep structure and sleep quality. *Pharmacopsychiatry* 33(2), 47–53, <https://doi.org/10.1055/s-2000-7972>
- Dziuban M., Fabiszewska A., Kurasiak J., Szymanowicz M., Kaszkowiak M., 2007. Postawy studentów wybranych poznańskich uczelni wyższych wobec stosowania metod medycyny naturalnej – wyniki badań pilotażowych. *Nowiny Lek.* 76(1), 20–24.

- Freeman D., Sheaves B., Waite F., Harvey A.G., Harrison P.J., 2020. Sleep disturbance and psychiatric disorders. *Lancet Psych.* 7(7), 628–637, [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30136-X](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30136-X)
- González-Salitre L., González-Olivares L.G., Basilio-Cortes U.A., 2023. *Humulus lupulus* L. a potential precursor to human health: High hops craft beer. *Food Chem.* 405(B), 134959, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134959>
- Grabska-Kobylecka I., Nowak D., 2014. Sen, bezsenność i jej leczenie – krótki przegląd aktualnej wiedzy ze szczególnym uwzględnieniem ziołolecznictwa. *Pediatr. Med. Rodz.* 10(3), 270–277, <https://doi.org/10.15557/PiMR.2014.0030>
- Hasan S.M., 2022. Study on the effect of Chamomile extract on melatonin hormone levels in subjects suffering from insomnia and anxiety. *Biomedicine* 42(6), 1301–1304, <https://doi.org/10.51248/v42i6.2269>
- Haybar H., Javid A.Z., Haghighizadeh M.H., Valizadeh E., Mohaghegh S.M., Mohammadzadeh A., 2018. The effects of *Melissa officinalis* supplementation on depression, anxiety, stress, and sleep disorder in patients with chronic stable angina. *Clin. Nutr. ESPEN* 26, 47–52, <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.04.015>
- Ibarra A., Feuillere N., Roller M., Lesburgere E., Beracochea D., 2010. Effects of chronic administration of *Melissa officinalis* L. extract on anxiety-like reactivity and on circadian and exploratory activities in mice. *Phytomedicine* 17(6), 397–403, <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.01.012>
- Karłowicz-Bodalska K., 2004. Ocena korzenia kozłka lekarskiego (*Valeriana officinalis*) jako środka o działaniu uspokajającym i ułatwiającym zasypianie. *Post. Fitoter.* 3, 146–149.
- Keefe J.R., Guo W., Li Q.S., Amsterdam J.D., Mao J.J., 2018. An exploratory study of salivary cortisol changes during chamomile extract therapy of moderate to severe generalized anxiety disorder. *J. Psychiatr. Res.* 96, 189–195, <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.10.011>
- Kohlmunzer S., 1998. *Farmakognozja*. PZWL, Warszawa.
- Matheson E., Hainer B.L., 2017. Insomnia: pharmacologic therapy. *Am. Fam. Physician* 96(1), 29–35.
- Mirabi P., Namdari M., Alamolhoda S., Mojab F., 2017. The effect of *Melissa officinalis* extract on the severity of primary Dysmenorrhea. *Iran. Pharm. Res.* 16(Suppl), 171–177.
- Modabbernia A., Akhondzadeh S., 2013. Saffron, passionflower, valerian and sage for mental health. *Psychiatr. Clin. North. Am.* 36(1), 85–91, <https://doi.org/10.1016/j.psc.2012.12.007>
- Patel D., Steinberg J., Patel P., 2018. Insomnia in the elderly: A review. *J. Clin Sleep Med.* 14(6), 1017–1024, <https://doi.org/10.5664/jcsm.7172>
- Pietrzyja M.J., Ramos P., Pilawa B., 2018. Analiza, produkcja i zastosowanie substancji oraz komponentów pochodzenia roślinnego. W: M. Maciąg, K. Maciąg (red.), *Zastosowanie spektroskopii EPR i UV-VIS do badania właściwości antyoksydacyjnych wodnych ekstraktów z rumianku*. TYGIEL, Lublin, 164–175.
- Połumackanycz M., Wesołowski M., Viapiana A., 2020. Właściwości prozdrowotne melisy lekarskiej (*Melissa officinalis* L.). *Farm. Pol.* 75(12), 659–663, <https://doi.org/10.32383/farm-pol/116671>
- Razlog R., Pellow J., White S.J., 2012. A pilot study on the efficacy of *Valeriana officinalis* mother tincture and *Valeriana officinalis* 3 x in the treatment of attention deficit hyperactivity disorder. *Health SA Gesondheid* 17(1), 1–7, <https://doi.org/10.4102/hsag.v17i1.603>
- Shirazi M., Jalalian M.N., Abed M., Ghaemi M., 2021. The effectiveness of *Melissa officinalis* L. versus citalopram on quality of life of menopausal women with sleep disorder: A randomized double-blind clinical trial. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.* 43(2), 126–130, <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721857>
- Skalski M., 2014. Bezsenność – patogenezę i leczenie. *Kosmos* 63(2), 233–243.
- Sofowora A., Ogunbodede E., Onayade A., 2013. The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 10(5), 210–29, <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i5.2>

- Szczepaniak O., Dziedzinski M., Kobus-Cisowska J., Szule P., Szymanowska D., Sudyka M., Go-ryńska-Goldmann E., 2019. Chmiel (*Humulus lupulus* L.) jako surowiec o właściwościach prozdrowotnych: aktualny stan wiedzy. Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna 3, 9–12.
- Szelenberger W., 2006. Standardy leczenia bezsenności Polskiego Towarzystwa Badań nad Snem. Sen 6 (supl. A), 1–10.
- Unger M., 2007. Pflanzliche Sedativa: Neue Aspekte zu altbewährten Arzneipflanzen. Pharm. Unserer Zeit. 36(3), 206–212, <https://doi.org/10.1002/pauz.200600219>
- Winter A.S., Haverkamp C., Gratzke C., Huber R., Lederer A.K., 2022. Valerian and postoperative sleep: a retrospective cohort analysis of gynecological, urologic and general surgical patients. Sleep 45(10), 1–9, <https://doi.org/10.1093/sleep/zsac122>
- Wheatley D., 2005. Medicinal plants for insomnia: a review of their pharmacology, efficacy and tolerability. J. Psychopharmacol. 19(4), 414–421, <https://doi.org/10.1177/0269881105053309>
- Xie Z., Chen F., Li W.A., Geng X., Li C., Meng X., Feng Y., Liu W., Yu F., 2017. A review of sleep disorders and melatonin. Neurol. Res. 39(6), 559–565, <https://doi.org/10.1080/01616412.2017.1315864>
- Yuan H., Ma Q., Ye L., Piao G., 2016. The traditional medicine and modern medicine from natural products. Molecules 21(5), 559. <https://doi.org/10.3390/molecules21050559>
- Yuan K., Zheng Y.B., Wang Y.J., Sun Y.K., Gong Y.M., Huang Y.T., Chen X., Liu X.X., Zhong Y., Su S.Z., Gao N., Lu Y.L., Wang Z., Liu W.J., Que J.Y., Yang Y.B., Zhang A.Y., Jing M.N., Yuan C.W., Zeng N., Vitiello M.V., Patel V., Fazel S., Minas H., Thornicroft G., Fan T.T., Lin X., Yan W., Shi L., Shi J., Kosten T., Bao Y.P., Lu L., 2022. A systematic review and meta-analysis on prevalence of and risk factors associated with depression, anxiety and insomnia in infectious diseases, including COVID-19: a call to action. Mol. Psychiatry 27(8), 3214–3222, <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01638-z>
- Zielińska-Pisklak M., Szeleszczuk Ł., 2013. Rumianek lekarski – dlaczego warto mieć go w domowej apteczce. Lek Pol. 23(9'13), 72–79.
- Zhang X., Lu Y., Lv F., Hu Y., 2023. Valerian for insomnia on subjective and objective sleep parameters: a meta-analysis of randomized controlled trials. Curr. Sleep Med. Rep. 9, 211–224, <https://doi.org/10.1007/s40675-023-00259-4>

Porównanie właściwości funkcjonalnych mączek z nasion wybranych roślin dyniowatych

Comparison of the functional properties of seeds flours of selected cucurbit plants

Wstęp

Obecnie zwiększona świadomość konsumentów dotycząca żywności sprzyjającej zdrowemu stylowi życia prowadzi do rosnącego zainteresowania łatwymi w przygotowaniu oraz wysokowartościowymi produktami spożywczymi, które pozytywnie wpływają na zdrowie człowieka.

Na rynku można spotkać wiele produktów z roślin dyniowatych, do których zaliczamy olej, mączkę, wysuszone nasiona, świeże lub zakonserwowane warzywa, a także dżemy, puree, pasty, smoothie czy liofilizaty. Aby sprostać wymaganiom konsumentów i zaspokoić ich potrzeby, kluczowe jest poszerzanie asortymentu produktów wytworzonych z nasion dyniowatych [Dhillon i in. 2020]. Mączki dyniowate mają szerokie zastosowanie w produkcji żywności m.in. do dosładzania i zagęszczania potraw. Sprawdzą się również jako dodatek do koktajli oraz past do smarowania pieczywa. Mączki mogą być wykorzystywane do wypieków bezglutenowych, które mogą być spożywane przez osoby chorujące na celiakię [Gómez i in. 2022].

Rośliny z rodziny dyniowatych (Cucurbitaceae), do których zaliczanych jest ponad 800 gatunków, są bogatym źródłem składników odżywczych, w tym tłuszczów, białka, błonnika, witamin i minerałów. Podczas ich przetwarzania generowane są duże ilości produktów ubocznych, do których zaliczamy nasiona. Nasiona dyniowatych stanowią bogate źródło wielonienasyconych i jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, tokoferoli, karotenoidów, fitosteroli, białka, minerałów, witamin, a także związków fenolowych, które korzystnie wpływają na zdrowie człowieka [Karrar i in. 2019, Lemus-Mondaca i in. 2019]. W związku z powyższym mogą być wykorzystywane jako żywność lub stanowić funkcjonalne składniki produktów spożywczych o wyjątkowych cechach sensorycznych oraz prozdrowotnych [Korzeniewska i in. 2013].

Liczne badania naukowe potwierdzają, że nasiona roślin dyniowatych wykazują szereg korzystnych właściwości, m.in. przeciwutleniające, przeciwcukrzycowe, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, przeciwnadciśnieniowe, kardioprotekcyjne, przeciwpaśmożytnicze, a także przeciwhiperlipemiczne [Patel i Rauf 2017, Rolnik i Olas 2020, Husain i in. 2022]. Inne badania dotyczące roślin dyniowatych dowodzą ich aktywności

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biochemików Żywności i Żywnienia, gang.kinga@onet.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Katedra Biochemii i Chemii Żywności

przeciwpłytkowej. Spośród pięciu przebadanych preparatów z roślin dyniowatych (dyni, cukinii, ogórka, patisona białego oraz patisona żółtego) preparat z patisona żółtego *Cucurbita pepo* var. *Patisoniana* wykazywał najsilniejsze działanie przeciwpłytkowe. Jednak, jak się okazało, żaden z preparatów nie spowodował rozpadu płytek krwi. Oznacza to, że preparaty z dyni mogą być wykorzystywane w leczeniu chorób układu krążenia związanych z nadpłytkowością płytek krwi [Rolnik i in. 2021]. W innym badaniu stwierdzono, że białko uzyskane po wytlaczaniu oleju z nasion dyni posiada duży potencjał jako substancja inkapsulująca i może być wykorzystane do enkapsulacji bioaktywnych związków [Čakarević i in. 2020].

Rośliny dyniowate są dobrze poznanymi, wielofunkcyjnymi składnikami diety, które w ostatnich latach otworzyły przed naukowcami nowe perspektywy. Dane naukowe pokazują, że spożycie roślin dyniowatych z roku na rok będzie wzrastać, co jest spowodowane zwiększaniem się świadomości żywieniowej konsumentów, którzy przy wyborze produktów spożywczych coraz częściej zwracają uwagę na właściwości prozdrowotne [Babicz-Zielińska i in. 2012].

Celem niniejszej pracy było porównanie właściwości funkcjonalnych odtłuszczonych i nieodtłuszczonych mączek z nasion wybranych roślin dyniowatych, takich jak: zdolność absorpcji wody i oleju oraz właściwości pianotwórcze i emulgujące.

Material i metody

Materiałem badawczym były nasiona (z łuską i bez łuski) arbuza (A), kabaczka (KŁ, K), dyni (D) oraz patisona (PŁ, P). Zmielone nasiona zostały poddane odtłuszczeniu n-heksanem, a następnie zbadano ich właściwości funkcjonalne.

Absorpcję wody (WA) oznaczono metodą Diniz i Martin [1997]. Do 0,5 g próby dodano 15 ml wody destylowanej i wytrząsano przez 10 minut (540 obr./min). Następnie zawieszinę wirowano przez 15 minut (8000 g, 4°C). Po odwirowaniu niezwiązaną wodę delikatnie zlewano. Probówki ustawiono na bibule filtracyjnej do góry dnem przez 10 minut, a następnie zważono probówki wraz z pozostałym osadem. Zdolność do absorpcji wody obliczono za pomocą wzoru:

$$WA = [(c - b)/W] \times 100\%$$

gdzie:

WA – absorpcja wody (%),

W – naważka (g),

b – masa pustej probówki wirówkowej (g),

c – masa probówki z mokrym osadem (g).

Absorpcję tłuszczu (FA) oznaczono metodą Haque i Mozaffar [1992]. Do 0,5 g próby dodano 10 ml oleju i wytrząsano (540 obr./min) przez 10 minut. Następnie próby wirowano przez 15 minut (8000 g). Po odwirowaniu niezwiązany olej delikatnie zlewano do cylindra miarowego o pojemności 25 ml. Zdolność do zatrzymywania oleju obliczono za pomocą wzoru:

$$FA = [(25 - d)/W] \times 100\%$$

gdzie:

FA – % zaabsorbowanego oleju,

d – ilość zdekantowanego oleju,

W – naważka (g).

Wydajność pienienia (FC) i trwałość piany (FS) oznaczono metodą Guo i in. [2015]. Do 0,2 g próby dodano 20 ml wody destylowanej. Następnie próbki homogenizowano przy użyciu homogenizatora przez 2 minuty (16 000 obr./min). Później określano objętość piany, która wyrażała wydajność pienienia, po czym próbkę zostawiano na 30 minut i ponownie odczytywano objętość piany, która wyrażała trwałość piany. Wydajność pienienia oraz trwałość pienienia obliczono za pomocą wzoru:

$$FC = [(V - V_0)/V] \times 100\%$$

$$FS = (V_{30}/V) \times 100\%$$

gdzie:

FC – wydajność pienienia (%),

FS – trwałość pienienia (%),

V_0 – objętość piany przed ubijaniem,

V – objętość piany po ubijaniu,

V_{30} – objętość piany po 30 minutach.

Właściwości emulgujące oznaczono metodą Wu i in. [2009]. Do 0,15 g próby dodano 15 ml wody destylowanej oraz 15 ml oleju. Następnie próby homogenizowano przy użyciu homogenizatora przez 1 minutę (20 000 obr./min). Zhomogenizowane próby odwirowano (3000 g) przez 5 minut i odczytano objętość poszczególnych warstw. W celu oceny stabilności emulsji próby ogrzewano przez 30 minut w temperaturze 80°C, a następnie ponownie wirowano (3000 g) przez 5 minut. Aktywność oraz stabilność emulsji obliczono z wzoru:

$$EA = (V_e/V) \times 100$$

$$ES = (V_{30}/V_e) \times 100$$

gdzie:

EA – aktywność emulsji (%),

ES – stabilność emulsji (%),

V – całkowita objętość zawartości próby,

V_e – objętość warstwy zemulgowanej,

V_{30} – objętość warstwy zemulgowanej po ogrzaniu.

Oznaczenia wykonano w minimum trzech powtórzeniach, a wyniki zostały przedstawione jako średnie $\pm$ odchylenie standardowe. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu STATISTICA 13.1, stosując jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), a różnice między średnimi próbek zostały określone przy użyciu testu Tukeya. Wartości p poniżej 0,05 uznano za istotne statystycznie. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy wybranymi parametrami wyznaczono za pomocą testu korelacji Pearsona.

Wyniki i ich omówienie

Z przeprowadzonych badań wynika, że największą zdolność do absorpcji wody miały mączki odtłuszczone i nieodtłuszczone z nasion PŁ (odpowiednio 326% i 263%), a także mączki odtłuszczone i nieodtłuszczone z A oraz D (odpowiednio dla A: 297% i 237% oraz dla D: 291% i 218%). Mączki odtłuszczone i nieodtłuszczone z nasion kabaczka charakteryzowały się najmniejszą spośród wszystkich nasion dyniowatych zdolnością do zatrzymywania wody. Jak się okazuje, odtłuszczenie mączek zwiększyło istotnie statystycznie zdolność do absorpcji przez nie wody (ryc. 1). Na wodochłonność mączek wpływa zawartość włókna pokarmowego, czyli błonnika. Im więcej błonnika, tym wodochłonność mączki wzrasta [Lovegrove i in. 2020]. Nasiona z roślin dyniowatych są bogatym źródłem błonnika, a także składników mineralnych, fosforu, magnezu, potasu oraz witamin z grupy B, dlatego ich wodochłonność jest wysoka [Achremowicz i in. 2017].

Natomiast największą zdolność do absorpcji tłuszczu wykazywały mączki odtłuszczone z nasion KŁ, D (600%), a także z A (550%). Z kolei spośród mączek nieodtłuszczonych były to K (580%) oraz KŁ (550 %).

Co ciekawe, odtłuszczenie mączek wpłynęło istotnie statystycznie na zdolność do absorpcji przez nie tłuszczu tylko w przypadku mączek z nasion dyni (ryc. 2). Zdolność absorpcji oleju przez mączki uzyskane z wysuszonego mięszu obranej i nieobranej dyni była znacznie wyższa niż zdolność zatrzymywania wody, wskazuje to na potencjał ich wykorzystania jako środków emulgujących [Noor Aziah i Komathi 2009]. Inne badania dotyczące właściwości funkcjonalnych odtłuszczonej mączki z nasion dyni także wykazały, że absorpcja wody przez mączkę jest mniejsza niż absorpcja tłuszczu [Lazos 1992]. Większe wchłanianie oleju w porównaniu z wodą może być przypisane niskiej dostępności aminokwasów polarnych oraz obecności tłuszczu. Proteiny z nasion dyni mogą zawierać więcej łańcuchów bocznych niepolarnych, które mogą wiązać jednostki węglowodorowe olejów, co prowadzi do większego wchłaniania oleju.

Badanie właściwości pianotwórczych wykazało, że mączki różnią się od siebie pod względem tego parametru. Największą wydajnością pianotwórczą charakteryzowała się mączka odtłuszczone z A (93,75%) oraz mączka odtłuszczone z P (~50%) i nieodtłuszczone z KŁ (31,25%). Natomiast największą trwałością piany odznaczały się mączka odtłuszczone z K (100%) oraz nieodtłuszczone z P (98%). Z danych statystycznych także wynika, że wydajność pienienia i trwałość piany były zróżnicowane (ryc. 3 i 4). Cheng i in. [2023] zaobserwowali, że wielkość cząstek (grubość zmielenia), a także skład chemiczny mączki mają znaczny wpływ na ich wydajność pianotwórczą i trwałość piany. Mączki odtłuszczone są zmielone bardzo drobno, natomiast nieodtłuszczone zawierają tłuszcz, przez co zbrylają się i ich cząsteczki są większe, dlatego wykazują mniejsze właściwości pianotwórcze.

Właściwości emulgujące badanych mączek z nasion dyniowatych były podobne pod względem zdolności emulgującej, a także stabilności emulsji. Największe zdolności emulgujące miały mączki odtłuszczone z K (10,53%), P (10,45%) oraz mączki nieodtłuszczone z D (10,09%) i P (9,06%). Najwyższą stabilnością emulsji charakteryzowały się mączki odtłuszczone z A (107,28%) i P (106,78%) oraz nieodtłuszczone z KŁ (105,49%), PŁ (102%). W przypadku nieodtłuszczonych mączek z K (101,79%) i P (101,72%) stabilność emulsji nie różniła się istotnie statystycznie (tab. 2).

Odtłuszczenie nie wpływało istotnie statystycznie na zwiększenie zdolności emulgacyjnych, ale zwiększało stabilność emulsji. Pod względem właściwości emulgujących

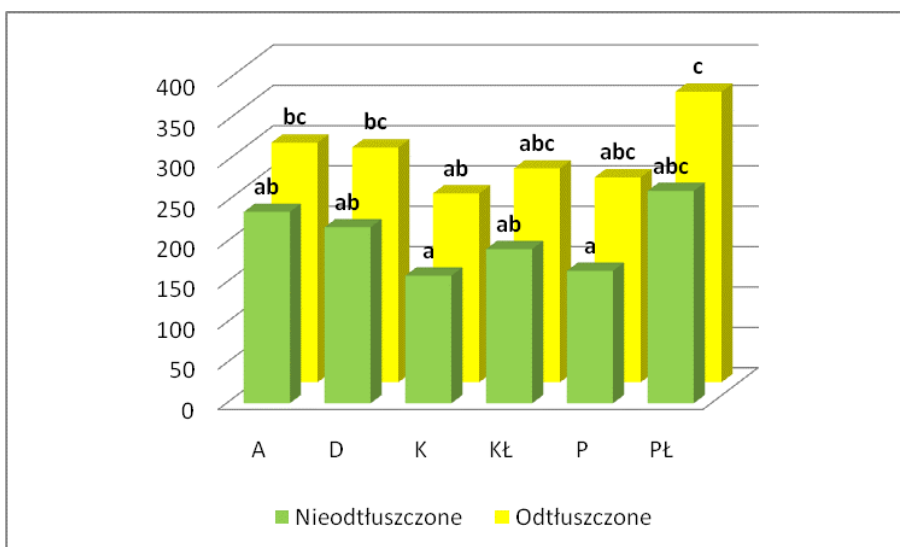
mączki wykazują zróżnicowanie statystyczne (tab. 2). Między tymi samymi parametrami mączek odtłuszczonych a nieodtłuszczonych stwierdzono występowanie następujących korelacji: zdolność do zatrzymywania wody była wysoce dodatnio skorelowana ($r = 0,95$), dodatnie korelacje stwierdzono także pomiędzy stabilnością emulsji ($r = 0,59$) oraz trwałością piany ($r = 0,49$) i zdolnościami emulgującymi ($r = 0,41$) (tab. 1). Z kolei zdolności emulgujące mączek odtłuszczonych były wysoce dodatnio skorelowane z trwałością piany mączek nieodtłuszczonych ($r = 0,62$) (tab. 1). Natomiast stabilność emulsji mączek odtłuszczonych jest także wysoce dodatnio skorelowana ze zdolnością do zatrzymywania tłuszczu mączek nieodtłuszczonych ($r = 0,63$) (tab. 1). Stwierdzono również, że zdolność do zatrzymywania tłuszczu przez mączki odtłuszczone jest wysoce dodatnio skorelowana z wydajnością pienienia mączek nieodtłuszczonych (tab. 1).

W badaniach Ashakayeva i in. [2022] udowodniono, że żel emulsyjny wytworzony na bazie dyni znacząco wpłynął na stabilność emulsji kielbasianej. Ponadto zaobserwowano, że zdolność zatrzymywania wody w kielbasie wzrosła po dodaniu wyżej wymienionego żelu emulsyjnego. Oznacza to, że mączki z innych nasion dyniowatych charakteryzują się podobnymi właściwościami funkcjonalnymi co sama dynia i mogą być potencjalnie wykorzystywane jako środki emulgujące. Z kolei w innych badaniach dotyczących mąki z dyni, arbuza i papryki stwierdzono, że mąki z dwóch pierwszych warzyw charakteryzowały się lepszym wskaźnikiem rozpuszczalności białka oraz lepszymi zdolnościami do wchłaniania wody i tłuszczu, właściwościami emulgującymi oraz stabilnością piany niż w przypadku mąki z nasion papryki [El-Adawy i Taha 2001]. Badania pokazują, że mączki z nasion dyniowatych charakteryzują się dobrymi właściwościami funkcjonalnymi. Jednak mączki odtłuszczone w porównaniu z mączkami nieodtłuszczonymi cechowały się lepszymi właściwościami.

Tabela 1. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy wybranymi właściwościami funkcjonalnymi mączek odtłuszczonych (O) i nieodtłuszczonych (NO)

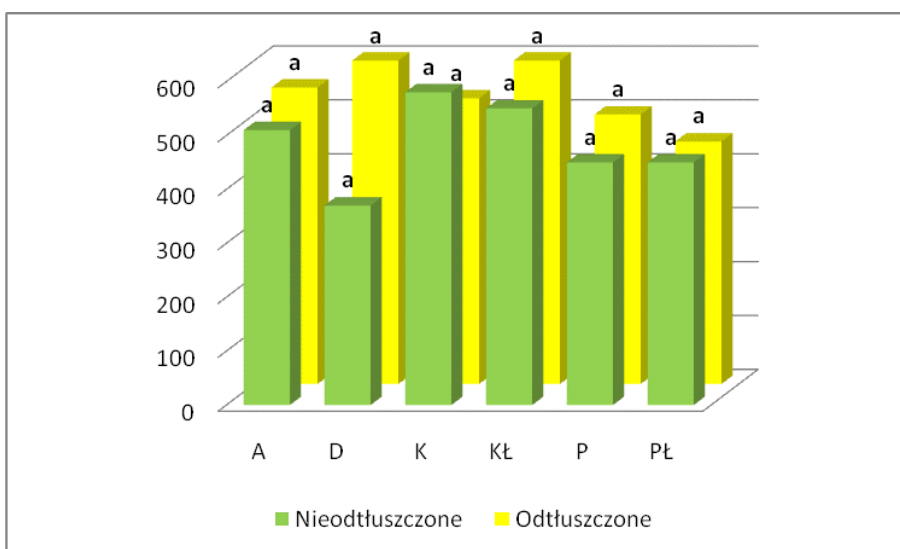
Wyszczególnienie	WA O.	EA O.	ES O.	FS O.	FC O.	FA O.
WA NO.	0,95*	-0,99	-0,51	-0,25	0,30	-0,23
EA NO.	-0,37	0,41	-0,38	0,09	-0,27	0,49*
ES NO.	-0,14	0,13	0,59*	0,21	-0,11	-0,36
FS NO.	-0,49	0,62*	0,06	0,49*	-0,62	-0,23
FC NO.	-0,64	0,53*	0,50*	0,16	-0,13	0,70*
FA NO.	-0,48	0,43	0,63*	0,29	-0,11	0,04

* – oznaczono korelacje dodatnie umiarkowane i silne



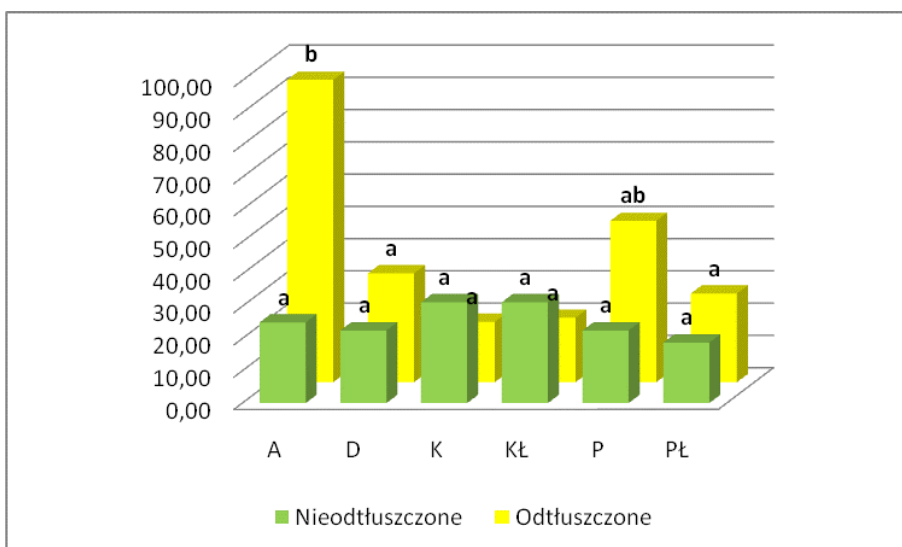
^{a-c} – wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym nie różnią się istotnie statystycznie

Ryc. 1. Zdolność do absorpcji wody mączek uzyskanych z odtłuszczonych i nieodtłuszczonych nasion wybranych roślin dyniowatych



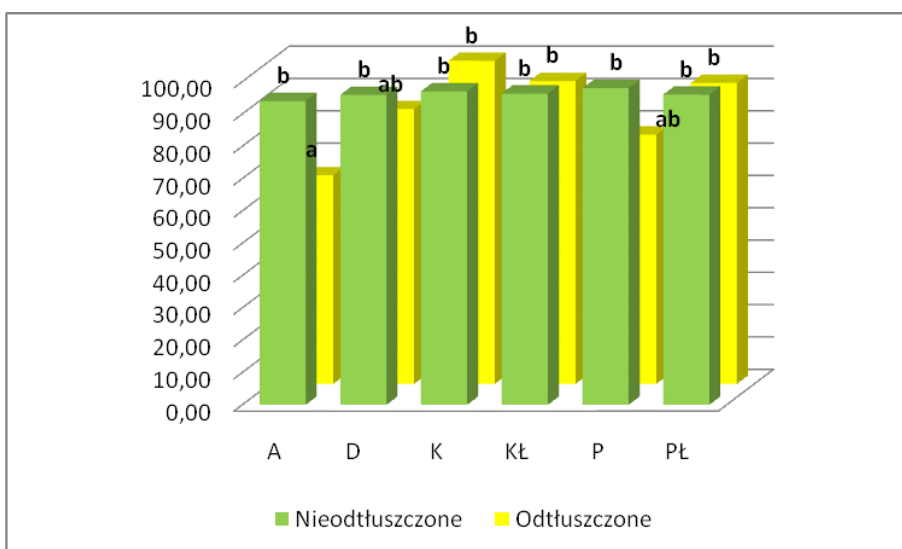
^a – wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym nie różnią się istotnie statystycznie

Ryc. 2. Zdolność do absorpcji tłuszczu mączek uzyskanych z odtłuszczonych i nieodtłuszczonych nasion wybranych roślin dyniowatych



^{a-b} – wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym nie różnią się istotnie statystycznie

Ryc. 3. Zdolności pianotwórcze masek uzyskanych z odtłuszczonych i nieodtłuszczonych nasion wybranych roślin dyniowatych



^{a-b} – wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym nie różnią się istotnie statystycznie

Ryc. 4. Trwałość piany uzyskanej po spienieniu masek uzyskanych z odtłuszczonych i nieodtłuszczonych nasion wybranych roślin dyniowatych

Tabela 2. Porównanie wydajności i trwałości emulsji mączek odtłuszczonych i nieodtłuszczonych

Mączki odtłuszczone (O) i nieodtłuszczone (NO)	Wydajność emulsji (%)	Trwałość emulsji (%)
A.NO.	8,00 ± 0,15 ^{ab}	100,00 ± 0,00 ^{abc}
A.O.	10,18 ± 0,52 ^d	107,28 ± 5,42 ^c
D.NO.	10,09 ± 0,11 ^{cd}	89,15 ± 4,86 ^a
D.O.	10,26 ± 0,25 ^d	92,98 ± 5,22 ^{ab}
K.NO.	8,77 ± 0,00 ^{ab}	101,79 ± 2,52 ^{abc}
K.O.	10,53 ± 0,26 ^d	103,33 ± 4,72 ^{bc}
KŁ.NO.	8,46 ± 0,00 ^{ab}	105,49 ± 2,72 ^{bc}
KŁ.O.	10,34 ± 0,21 ^d	103,33 ± 0,00 ^{bc}
P.NO.	9,06 ± 0,39 ^{bc}	101,72 ± 2,44 ^{abc}
P.O.	10,45 ± 0,40 ^d	106,78 ± 0,16 ^c
PŁ.NO.	7,97 ± 0,22 ^a	102,00 ± 2,83 ^{abc}
PŁ.O.	10,00 ± 0,21 ^{cd}	94,58 ± 2,43 ^{abc}

^{a-d} – wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym nie różnią się istotnie statystycznie

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań w obiektywny sposób można stwierdzić, że odtłuszczenie mączek wpływa na poprawę niektórych parametrów funkcjonalnych. Z badań wynika, że mączki odtłuszczone i nieodtłuszczone z PŁ miały największą zdolność do zatrzymywania wody. Natomiast najmniejszą zdolnością charakteryzowała się mączka odtłuszczona z kabaczka. Największą zdolność do zatrzymywania oleju miała mączka odtłuszczona z kabaczka z łupiną. Jeżeli chodzi o właściwości pianotwórcze, to najlepiej wypadła mączka odtłuszczona z arbuza – wydajność pienienia, oraz mączka odtłuszczona z kabaczka – trwałość piany. Mączka z kabaczka miała najlepsze zdolności emulgacyjne, a mączka odtłuszczona z arbuza charakteryzowała się najlepszą stabilnością emulsji. Wyniki te mogą mieć znaczenie dla konsumentów, gdyż mączki, które mają wysokie zdolności do zatrzymywania wody i oleju, będą słabym wyborem w przygotowywaniu np. ciasta na naleśniki, ponieważ będą pochłaniać składniki płynne dodane do masy. Takich mączek najlepiej wtedy używać z dodatkiem innej mąki, która ma mniej absorbujące właściwości. Badania wykazały, że mączki odtłuszczone mają lepsze właściwości funkcjonalne w porównaniu z mączkami nieodtłuszczonymi.

Podsumowując uzyskane wyniki, można zauważyć, że właściwości funkcjonalne były zróżnicowane i żadna mączka nie wypadła najlepiej pod względem wszystkich parametrów. Można zauważyć, że w przypadku odtłuszczenia zdolność do zatrzymywania wody była wysoce dodatnio skorelowana w porównaniu z mączkami nieodtłuszczonymi ($r = 0,95$). Oznacza to, że odtłuszczenie znacząco wpłynęło na zdolność zatrzymywania wody przez produkt.

Przedstawione wyniki pokazują, że mączki są zróżnicowane pod względem właściwości funkcjonalnych oraz mączki odtłuszczone wypadły znacznie lepiej w porównaniu z mączkami nieodtłuszczonymi. Zatem odtłuszczenie ma wpływ na badane parametry.

Bibliografia

- Achremowicz B., Ceglińska A., Dermetko M., Haber T., Jankowska J., Karpiński P., Obiedziński M., Tarasiewicz R., 2017. Charakterystyka wybranych surowców roślinnych i możliwości ich wykorzystania jako dodatków do ciast chlebowych. *Postępy Tech. Przetw. Spoż.* 1, 97–109.
- Ashakayeva R., Assenova B., Tumenova G., Nurgazezova A., Zhumanova G., Atambayeva Z., Ba-ikadamova A., Il D., Dautova A., 2022. A pumpkin-based emulsion gel as a texture improvement of mixed horsemeat semi-smoked sausages. *Foods* 11(23), 3886, <https://doi.org/10.3390/foods11233886>
- Babicz-Zielińska E., Komorowska-Szczepańska W., Łęgowska A., Pasalska-Niewęgłowska K., 2012. Zaburzenia w odżywianiu wynikające z troski o zdrowie. *Fam. Med. Prim. Care Rev.* 14(2), 123–125.
- Čakarević J., Šregeļj V., Tumbas Šaponjac V., Četković G., Čanadanović Brunet J., Popović S., Kostić M.H., Popović L., 2020. Encapsulation of beetroot juice: a study on the application of pumpkin oil cake protein as new carrier agent. *J. Microencapsul.* 37(2), 121–133, <https://doi.org/10.1080/02652048.2019.1705408>
- Cheng F., Ding K., Yin H., Tulbek M., Chigwedere C.M., Ai Y., 2023. Milling and differential sieving to diversify flour functionality: A comparison between pulses and cereals. *Food Res. Int.* 163, 112223, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112223>
- Dhillon N.P.S., Laenoi S., Srimat S., Pruangwitayakun S., Mallappa A., Kapur A., Yadav K.K., Hegde G., Schafleitner R., Schreinemachers P., Hanson P., 2020. Sustainable Cucurbit Breeding and Production in Asia Using Public–Private Partnerships by the World Vegetable Center. *Agronomy* 10(8), 1171, <https://doi.org/10.3390/agronomy10081171>
- Diniz F.M., Martin A.M., 1997. Effects of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of shark protein hydrolysate. *Lebens.-Wiss. Technol.* 30, 266–272, <https://doi.org/10.1006/fstl.1996.0184>
- El-Adawy T.A., Taha K.M., 2001. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin, and paprika seed oils and flours. *J. Agric. Food Chem.* 49(3), 1253–9, <https://doi.org/10.1021/jf001117+>
- Gómez M., 2022. Gluten-free bakery products: Ingredients and processes. *Adv. Food Nutr. Res.* 99, 189–238, <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.11.005>
- Guo F., Xiong Y.L., Qin F., Jian H., Huang X., Chen J., 2015. Surface properties of heat-induced soluble soy protein aggregates of different molecular masses. *J. Food Sci.* 80(2), 279–287, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12761>
- Haque Z.U., Mozaffar Z., 1992. Casein hydrolysate. II. Functional properties of peptides. *Food Hydrocoll.* 5(6), 559–571, [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80125-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80125-2)
- Hussain A., Kausar T., Sehar S., Sarwar A., Ashraf A.H., Jamil M.A., Noreen S., Rafique A., Iftikhar K., Quddoos M.Y., Aslam J., Majeed M.A., 2022. A Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds,

- and their health benefits. *Food Chem. Advances* 1, 100067, <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00138-z>
- Karrar E., Sheth S., Navicha W.B., Wei W., Hassanin H., Abdalla M., Wang X., 2019. A potential new source: Nutritional and antioxidant properties of edible oils from cucurbit seeds and their impact on human health. *J. Food Biochem.* 43(2), e12733, <https://doi.org/10.1111/jfbc.12733>
- Korzeniewska A., Witek M., Gałęcka T., Niemirowicz-Szczytt K., 2013. Ocena wybranych cech dyni zwyczajnej (*Cucurbita pepo subsp. pepo var. styriaca Greb.*) o nasionach bezłupinowych. *Pol. J. Agron.* 12, 32–37.
- Lazos E.S., 1992. Certain functional properties of defatted pumpkin seed flour. *Plant Foods Hum. Nutr.* 42(3), 257–73, <https://doi.org/10.1007/BF0219393>
- Lemus-Mondaca R., Marin J., Rivas J., Sanhueza L.C., 2019. Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*). A review of functional attributes and by-products. *Rev. Chil. Nutr.* 46(6), 783–791, <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000600783>
- Lovegrove A., Wood A.J., Hassall K.L., Howes L., Poole M., Tosi P., Shewry P., 2020. The contribution of fiber components to water absorption of wheat grown in the UK. *Cereal Chem.* 97, 940–948, <https://doi.org/10.1002/cche.10316>
- Noor Aziah A.A., Komathi C.A., 2009. Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour. *J. Food Sci.* 74(7), 328–333, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01298.x>
- Patel S., Rauf A., 2017. Edible seeds from Cucurbitaceae family as potential functional foods: Immense promises, few concerns. *Biomed. Pharmacother.* 91, 330–337, <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.04.090>
- Rolnik A., Olas B., 2020. Vegetables from the Cucurbitaceae family and their products: positive effect on human health. *Nutrition* 78, 110788, <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110788>
- Rolnik A., Skalski B., Stochmal A., Olas B., 2021. Preparations from selected cucurbit vegetables as antiplatelet agents. *Sci. Rep.* 11(1), 22694, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02235-w>
- Wu H., Wang Q., Ma T., Ren J., 2009. Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Res. Int.* 42(3), 343–348, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.12.006>

Borage oil as a raw material used in the cosmetic, pharmaceutical and food industries

Olej z ogórecznika jako surowiec wykorzystywany w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym i spożywczym

Introduction

Borage seed oil (*Oleum Boraginis*) is an esteemed raw material derived from Borage (*Borago officinalis* L.), an annual herb belonging to the Boraginaceae family, which is widespread across Europe, North Africa, Minor Asia and Mediterranean countries. It thrives predominantly in dry areas or wasteland. Borage seed oil is obtained through cold pressing and it is rich in the gamma-linolenic acid. It also contains oleic, palmitic, stearic, eicosenoic and erucic acids. Because of its properties, the oil is widely used in the cosmetics industry. It accelerates wound healing, reduces the visibility of scars, relieves swelling and inflammation of the skin, what makes it helpful in the treatment of acne. Furthermore, it can support cancertherapy, inflammation, thrombosis and obsessive-compulsive disorder. Borage seed oil finds frequent application in dietary supplements, due to its rich bioactive compound profile. The diverse array of bioactive constituents present in the oil endows them with functional food properties.

The objective of the paper was to review the literature pertaining to *B. officinalis* L. and the constituents present in its oil. The characteristics of the plant, bioactive components of the oil as well as its industrial applications were taken into account.

Material characteristics

Borage (*Borago officinalis* L.), an annual herb from the Boraginaceae family (Boraginaceae Juss.), exhibits wide distribution throughout Europe, North Africa, Minor Asia and Mediterranean regions [Tanwar et al. 2021]. In Poland, it is cultivated in domestic gardens or regarded as a weed [Pieszak et al. 2012]. This plant can grow in any type of soil and within a pH range of 4.5 to 8.2, with its optimal pH being 6.6. It possesses high cold resistance and tolerates both sunny and shaded locations [Asadi-Samani et al. 2014].

¹ University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Environmental Biology, Student Biology Research Group, Section of Biocosmetology, aleksandra.luszczek@onet.pl

² University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Environmental Biology, Student Biology Research Group, Section of Biocosmetology

³ University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Environmental Biology, Department of Botany and Plant Physiology

The plant attains a height ranging from 60 to 100 cm. It is characterized by a hollow stem that divides into multiple axillary stems. The leaves, pointy, solitary, and wrinkled, are arranged alternately [Stawiarz et al. 2020, Tanwar et al. 2021]. The stem is covered with trichomes that emit a strong odor reminiscent of freshly crushed cucumbers when disturbed [Kareem and Hamad 2020]. Perfect flowers are arranged in cyme inflorescence. Flowers are initially pink and turns blue during the course of anthesis [Pieszak et al. 2012]. The flowers exhibit sepals alternating with each petal, undergoing a transition in color from green to dark red or brown as time progresses. Following the flower's senescence, the petals detach, while the sepals enclose, culminating in the formation of a protective pot-shaped structure enveloping the fruit. The fruit – achene type – comprises four naked seeds referred to as nutlets, maturing from dark brown to black prior to spontaneous dispersion [Asadi-Samani et al. 2014, Tanwar et al. 2021].

In literature, borage is described as a nectar-producing plant. However, its most valuable raw material is borage seed oil [Stawiarz et al. 2020]. The production involves extracting oil from oleaginous seeds, which commence maturation during the transition from July to August. Gathering occurs through a two-phase process. Initially, the plants are cut down, followed by the use of a grain combine harvester with a pick-up after several days. The harvested material should be promptly cleaned and dried to achieve a moisture content of approximately 11%. Contaminants within the raw material or an increase in temperature to approximately 40°C could lead to decline in the material's value [Choszcz et al. 2011].

It is believed that the term “borage” has its origins in the Latin word “borago”, which is a corruption of “corrigo”, indicating “cor”, “heart” and “ago”, suggesting positive effects on the heart. Various theories exist regarding the nomenclature of this plant. “Borra” in Italian, “burra” in French and Latin denote “hair” or “wool”, which relates to the abundance of white, stiff and sharp hairs distributed along the stem [Tanwar et al. 2021].

Biologically active substances in borage oil

B. officinalis L. seeds contain from 27% to 38% of oil depending on their maturity, ecotype and environmental conditions [Borowy et al. 2017]. The yellow-coloured oil is a mixture of polar and neutral lipids and includes saturated (15–16%) and unsaturated (84–85%) fatty acids, for example linoleic acid (35–40%), gamma-linolenic acid (10–28%), oleic acid (18–20%) and alpha-linolenic acid (4–5%) [Sawic and Hanaka 2023, Zaderowski et al. 1999]. Linoleic acid (LA) and gamma-linolenic acid (GLA) are omega-6 polyunsaturated fatty acids that the human body cannot synthesize on its own, but needs them for the proper functioning of the nervous and cardiovascular systems [Pieszak et al. 2012]. Analysis using gas chromatography and mass spectrometry (GC-MS) showed the presence of 16 volatile compounds in the borage oil: β -caryophyllene (26%), p-cymene-8-ol (19.7%), small amounts of nonadecane (0.7%) and hexanol (0.7%), and large amounts of sesquiterpenes (26%) and oil monoterpenes (17.2%) [Sawic and Hanaka 2023].

Other significant bioactive compounds contained in borage oil are alpha-lipoic acid, flavonoids (including quercetin, isorhamnetin, kaempferol), selenium, palmitic acid, stearic acid, eicosenoic acid, erucic acid and vitamins, such as biotin, vitamin E and C

[Pieszak et al. 2012, Schäfer et al. 2022]. Borage oil has twice as much gamma-linoleic acid as evening primrose oil [Zadernowski et al. 1999].

The application of borage oil in the cosmetics industry

Borage oil is commonly used in the cosmetics industry, primarily in the form of capsules. Taken regularly, it has a positive effect on the structure of hair and the condition of nails [Pieszak et al. 2012]. The omega-6 acids contained in this oil accelerate wound healing and epidermis renewal [Każmierska et al. 2017]. They soothe sun and thermal burns, swelling, erythema and reduce the visibility of scars [Schäfer et al. 2022]. Linoleic acid, which is a component of borage oil, has a direct role in maintaining the integrity of the water permeability barrier of the skin. It is significant in the treatment of atopic dermatitis [Foster et al. 2010]. The effect of using gamma-linolenic acid depends on the form of application. In the form of creams, it only reaches the stratum corneum and fills the intercellular space, while when taken orally, it reaches the dermis, bonds it and prevents excessive transdermal water loss. GLA strengthens the protective barrier of the epidermis, protecting the body against bacteria, toxins, allergens and fungi [Materac et al. 2013].

The oil is often added to formulas of cosmetics intended for dry, sensitive and acne-prone skin due to its anti-inflammatory, anti-abscess and anti-blackhead effects. It controls the sebum secretion and therefore prevents acne [Pieszak et al. 2012]. Due to the presence of natural antioxidants, the oil is a common ingredient of anti-aging cosmetics. The use of borage oil in skin care improves its hydration, density and elasticity. The fatty acids contained in it have photoprotective and antiallergic properties [Schäfer et al. 2022]. Their deficiency leads to disruption of the keratinization process. As a result, the skin becomes dry, flaky, loose and prone to inflammation and blackheads [Każmierska et al. 2017].

Due to its high gamma-linolenic acid content, borage oil supports the treatment of Seborrheic dermatitis [Pieszak et al. 2012]. It has been proven that patients with eczema supplementing *B. officinalis* L. oil may reduce the need to use steroid-based preparations. It is also helpful in relieving negative dermatological symptoms in some cases of psoriasis such as itching or inflammation [Schäfer et al. 2022]. In addition, gamma-linolenic acid has a positive effect on blood circulation in the skin. As a consequence, it improves its nourishment and oxygenation as well as the removal of toxins, which improves its appearance and color. It plays an important role in skin hydration, and its deficiency, associated with the symptom of dry skin, causes keratinization of the epidermis to be impaired [Każmierska et al. 2017].

The application of borage oil in the pharmaceutical industry

Borage oil is used in the pharmaceutical industry to treat many diseases. According to Każmierska et al. [2017], the omega-3 fatty acids contained in this oil have a beneficial effect in the primary and secondary prevention of cardiovascular diseases. Not only do they lower blood pressure and triglyceride levels, but they also have an anticoagulant effect.

What is more, borage seed oil has proven activity in management of rheumatoid arthritis [Ruaa and Dhuha 2023]. A study conducted in 1994 by Leventhal et al. showed a significant reduction in joint soreness and swelling in people with RA after 24 months of using the oil. No adverse effects were observed during the intake.

It has been shown that gamma-linolenic acid inhibits the angiogenesis process. Therefore, supplementation of *B. officinalis* L. oil reduces the risk of cancer, including melanoma [Kązmierska et al. 2017]. Studies have also proven a protective effect against gastric cancer and mammary tumors in rats [González et al. 1993].

Borage also has a positive effect on improving memory [Pieszak et al. 2012]. Its consumption can help treat Alzheimer's disease and dementia [Ruaa and Dhuha 2023], that are associated with cognitive dysfunction [Zargooshnia et al. 2015]. Gamma-linolenic acid contained in the oil guarantees proper construction of the membranes of neurons. It enables the correct transmitting and receiving of nerve stimulus. Its supplementation can relieve the symptoms of cerebral atherosclerosis and improve the concentration [Pieszak et al. 2012].

Borage oil possesses potent antimicrobial activity [Ruaa and Dhuha 2023]. A study was conducted on the effect of borage oil against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. Results showed that borage seeds extracts have an effect against *S. aureus*. On the other hand, there was no shown activity against *E. coli* and *C. albicans* [Yaghmour et al. 2021]. Using borage oil increases the skin's defense functions against infections and fights inflammation. It also helps with various types of allergies [Kązmierska et al. 2017].

The use of *B. officinalis* L. oil has a protective effect on the liver [Ruaa and Dhuha 2023]. It supports the functioning of the respiratory system and urinary tract. Furthermore, it can be used adjunctively in metabolic disorders, gout, thrombosis, menopause discomfort and obsessive-compulsive disorder [Pieszak et al. 2012]. It is believed that omega-3 fatty acids present in borage oil reduce the incidence of mental illnesses, including depression [Obiedzińska and Waszkiewicz-Robak 2012]. Gamma-linolenic has proven its therapeutic value in the treatment of alcoholism, multiples sclerosis and cyclical mastalgia [Horrobin 1992, Horrobin 1997].

The application of borage oil in the food industry

Due to rich composition, borage oil serves as a functional food. Given its susceptibility to high temperatures, the oil is cold-pressed under controlled conditions to preserve its valuable constituents, while minimizing the presence of toxic compounds such as pyrrolizidine alkaloids [Krygier et al. 2000, Pieszak et al. 2012]. As a result, it is not used as a traditional cooking oil for frying. However, borage oil can be consumed in its liquid form without heating or as a dietary supplement in capsules, as well as in microencapsulated powder form [Tanwar et al. 2021].

A diet containing borage oil will be beneficial for patients with atopic dermatitis, primarily due to the anti-inflammatory properties. Consequently, in the case of other diseases related to chronic inflammatory reactions, the results will also be positive [Beynen 2011]. In a research Puch et al. [2008] investigated the functionality of the oil. 72 healthy women consumed a fermented milk beverage supplemented with borage oil (300 mg GLA), green tea (47 mg catechins) and vitamin E (2 mg) for a duration of 6 months. The

findings revealed a notable enhancement in stratum corneum barrier function and a reduction in transepidermal water loss in the experimental group compared to the control group.

It represents a reservoir of essential fatty acids essential in the diet for maintaining optimal bodily functions [Każmierska et al. 2017]. This oil has garnered significant attention due to its high GLA concentration, accounting for 18–30% of the total oil composition. As a result, most borage cultivation is related to oil extraction, indicating substantial global demand. Based on a report, the global market for borage oil was assessed at 33.91 million USD in 2015 and is projected to expand to 54.9 million USD by 2024, exhibiting a compound annual growth rate (CAGR) of 5.5% [Mhamdi et al. 2009, Tanwar et al. 2021].

The quality of borage oil is impacted by various storage parameters such as temperature, light exposure, oxygen availability, and time duration. Cold-pressed oils typically have a shelf life of 6 months. However, oils preserved in dark glass bottles exhibit greater retention of their nutritional value compared to those in clear polyethylene containers [Zagrodzki and Starek 2012].

What is more, both flowers and young leaves find application in the food industry. Leaves and blossoms are incorporated into salads, soups, desserts, vegetable and meat-based recipes, as well as beverages. Borage flowers possess a refreshing taste reminiscent of cucumbers and are utilized in the production of syrups and wines [Grzeszczuk et al. 2016, Stawiarz et al. 2020].

Summary

Borage oil obtained from borage seeds is a valuable raw material used in various industries. As cold-pressed oil or in the form of dietary supplements, it is a valuable stock on the global market. It is rich in essential fatty acids like gamma-linolenic acid (GLA), crucial for skin health and overall well-being. In addition, the oil also contains alpha-lipoic acid, flavonoids, selenium and various vitamins. Borage oil finds extensive application in cosmetics due to its anti-inflammatory, antimicrobial, soothing, nourishing and hydrating properties, supporting treatment of eczema, psoriasis and acne. Furthermore, it contributes to the maintenance of a proper hydrolipid barrier, which is important in the treatment of atopic dermatitis. Additionally, it positively impacts the condition of nails and hair. Moreover, its pharmaceutical uses range from cardiovascular support to aiding in the management of rheumatoid arthritis and even potentially reducing the risk of cancer. Borage oil is known to enhance mental performance and lower the risk of mental disorders such as depression, what is attributed to the omega-3 fatty acids. However, further clinical research is necessary to ascertain the precise molecular mechanisms and safety thresholds of borage oil intended for human consumption.

References

- Asadi-Samani M., Bahmani M., Rafieian-Kopaei M., 2014. The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of *Borago officinalis*: A review. Asian Pac. J. Trop. Med. 7(S1), S22–S28, [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60199-1](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60199-1)
- Beynen A.C., 2011. Wielostronna efektywność diety hipoalergiczej. Weter. Prakt. 1-2, 68–74.

- Borowy A., Chwil M., Kapłań M., 2017. Biologically active compounds and antioxidant activity of borage (*Borago officinalis* L.) flowers and leaves. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. 16(5), 169–180, <https://doi.org/10.24326/asphc.2017.5.17>
- Choszcz D., Jadwisieńczyk K., Konopka S., 2011. Charakterystyka wybranych właściwości fizycznych nasion ogórecznika lekarskiego w aspekcie wykorzystania ich w doskonaleniu procesu czyszczenia. *Inż. Rol.* 5(130), 31–38.
- Foster R.H., Hardy G., Alany R.G., 2010. Borage oil in the treatment of atopic dermatitis. *Nutrition*. 26(7–8), 708–718, <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.10.014>
- González C.A., Sanz J.M., Marcos G., Pita S., Brullet E., Saigi E., Badia A., Agudo A., Riboli E., 1993. Borage consumption as a possible gastric cancer protective factor. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2(2), 157–8.
- Grzeszczuk M., Stefaniak A., Pachłowska A., 2016. Biological value of various edible flower species. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 15(2), 109–119.
- Horrobin D.F., 1992. Nutritional and medical importance of gamma linolenic acid. *Prog. Lipid Res.* 31, 145–161.
- Horrobin D.F., 1997. Essential fatty acids in the management of impaired nerve function in diabetes. *Diabetes* 46, 90–93.
- Kareem A.T., Hamad M.N., 2020. Separation and identification of phenolic acid from *Borago officinalis* (F:Boraginaceae) cultivated in Iraq. *Iraqi J. Pharm. Sci.* 29(2), 139–151, <https://doi.org/10.31351/vol29iss2pp139-151>
- Kaźmierska A., Bolesławska I., Przysławski J., 2017. Wpływ wielonienasyconych kwasów tłuszczowych na skórę ze szczególnym uwzględnieniem kwasu gamma-linolenowego. *Nauka Przyr. Technol.* 11(3), 245–252, <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00205>
- Krygier K., Wroniak M., Wódka M., Grześkiewicz S., Obiedziński M., 2000. Badania wpływu czasu tłoczenia na jakość oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 2(23), 39–48.
- Materac E., Malczyński Z., Bodek K.H., 2013. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka. *Bromat Chem Toksykol.* 46(2), 225–233.
- Mhamdi B., Wannes W.A., Bourgou S., Marzouk B., 2009. Biochemical characterization of borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *J. Food Biochem.* 33, 331–341, <https://doi.org/10.1111/J.1745-4514.2009.00221.X>.
- Obiedzińska A., Waszkiewicz-Robak B., 2012. Oleje tłoczone na zimno jako żywność funkcjonalna. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 19(1), 27–40.
- Pieszak M., Mikołajczak P.Ł., Manikowska K., 2012. Borage (*Borago officinalis* L.) a valuable medicinal plant used in herbal medicine. *Herba Polon.* 58(4), 95–103.
- Puch F., Samson-Villeger S., Guyonnet D., Blachon J.L., Rawlings A.V., Lassel T., 2008. Consumption of functional fermented milk containing borage oil, green tea and vitamin E enhances skin barrier function. *Exp. Dermatol.* 17, 668–674, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2007.00688.x>
- Ruua M.I., Dhuha A.S.A., 2023. Pharmacological aspects of *Borago officinalis* (Borage): A review. *Iraqi J. Pharm. Sci.* 32(1), <https://doi.org/10.31351/vol32iss1pp1-13>
- Sawic M., Hanaka A., 2023. Prozdrowotne właściwości *Borago officinalis* L. W: M. Babicz, K. Kropiwek-Domańska, U. Szymanowska (red.), *Wybrane zagadnienia z zakresu produkcji surowców, żywności i kosmetyków*, t. 3. WUP, Lublin, 124–129, <https://doi.org/10.24326/mon.2023.3>
- Schäfer N., Sobczyk M., Burczyk D., Balwierz R., Skotnicka-Graca U., 2022. Możliwości zastosowania olejów roślinnych w pielęgnacji skóry trądzikowej. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(2), 49–54, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.007>
- Stawiarz E., Wróblewska A., Masierowska M., Sadowska D., 2020. Flowering, forage value, and insect pollination in Borage (*Borago officinalis* L.) cultivated in SE Poland. *J. Apic. Sci.* 64(1), 77–89, <https://doi.org/10.2478/jas-2020-0005>

- Tanwar B., Goyal A., Kumar V., Rasane P., Sihag M.K., 2021. Borage (*Borago officinalis*) seed. W: B. Tanwar, A. Goyal (red.), Oilseed: health attributes and food applications. Springer Nature, Singapore, 351–372, <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0>
- Yaghmour R., Garajah M., Kayali I., Al-Rimawi F., 2021. Antioxidant, antimicrobial and formulation of Borage (*Borago officinalis*) seeds oil and leaves. Extracts as microemulsion. JPRI 33(55A), 136–148. <https://doi.org/10.9734/JPRI/2021/v33i55A33816>
- Zadernowski R., Polakowska-Nowak H., Rashed A.A., Kowalska M., 1999. Lipidy nasion wiesiołka i ogórecznika. Rośl. Oleiste 20(2), 581–589.
- Zagrodzki P., Starek A., 2012. Dietetyczne znaczenie olejów roślinnych. Bromat. Chem. Toksykol. 45(4), 1175–1182.
- Zargooshnia S., Shahidi S., Ghahremanitamadon F., Nikkhah A., Mehdizadeh M., Asl S.S., 2015. The protective effect of *Borago officinalis* extract on amyloid β (25–35)-induced long term potentiation disruption in the dentate gyrus of male rats. Metab. Brain Dis. 30, 151–156, <https://doi.org/10.1007/s11011-014-9594-4>

Wąkrota azjatycka (*Centella asiatica* L.) jako cenny surowiec kosmetyczny i farmaceutyczny

Centella asiatica L. – valuable raw material used in cosmetic and pharmaceutical industry

Wstęp

Wąkrota azjatycka (*Centella asiatica* L.) jest to roślina należąca do rodziny selerowatych (Apiaceae) [Ratz-Łyko i Arct 2015]. Nazwa *Centella* wywodzi się z łacińskiego słowa *centum* oznaczającego liczbę sto, która odnosi się do obfitości ziela [Król 2010]. Znana jest również pod angielską nazwą Indian pennyworth (Indian hydrocotyle), natomiast w medycynie orientальной określana jest jako gotu kola i tiger grass [Wyszkowska-Kolatko 2019]. Wąkrota była stosowana przez wiele starożytnych kultur i grup plemiennych różnych krajów do leczenia wszelkiego rodzaju dolegliwości: anemii, zapalenia wątroby czy krwawienia z nosa [Belwal i in. 2019]. Wśród społeczności Malajów była używana jako element tradycyjnej medycyny, o wykorzystaniu której przekazywano informacje z pokolenia na pokolenie [Yusof i in. 2020]. Natomiast lekarze indyjscy stosowali preparaty z wąkroty azjatyckiej zewnętrźnie i wewnętrznie w chronicznych owrzodzeniach, egzemach, łuszczycy i trądziku [Karlóicz-Bodalska i in. 2013].

Celem niniejszej pracy był przegląd aktualnej literatury naukowej na temat wąkroty azjatyckiej, jej właściwości oraz zastosowania w przemyśle kosmetycznym i farmakologicznym.

Charakterystyka

Centella asiatica L. jest płożącą byliną o wysokości od 5 do 20 cm z pionowym korzeniem głównym oraz długą, smukłą, gładką lub z włoskami w dolnej części łodygą [Markiewicz 2020, Simka 2023]. Liście, kształtu okrągłego lub nerkowatego o lekko karbowanych brzegach, ułożone są naprzemianległe i mają długość średnio od 10 do 40 mm oraz 70 mm szerokości [Wyszkowska-Kolatko 2019]. Kwiatostan wąkroty to baldach złożony z od 1 do 5 małych, bezszypułkowych kwiatów o barwie białej, ciemnoróżowej lub czerwonej, natomiast owoce są małe, okrągłe lub owalne o długości 8 mm [Markiewicz 2020].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Koło Naukowe „Herba Medica”, dominikapalyska212@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Warzywnictwa i Zielarstwa

Wąkrota azjatycka występuje lokalnie w ciepłych rejonach obu półkul, ale naturalnie rośnie w Azji, głównie w Indiach, Pakistanie, na Madagaskarze, w Afryce Równikowej, Ameryce Środkowej i w tropikalnym regionie Oceanii [Bylka i in. 2014, Karłowicz-Bodalska i in. 2013]. W stanie naturalnym porasta miejsca podmokłe, bagniste, zacienione ze stałym dostępem do wody, ale można ją również znaleźć na leśnych polanach oraz terenach skalistych, zarówno na glebie piaszczystej, jak i gliniastej [Wyszkowska-Kolatko 2019, Markiewicz 2020]. Ze względu na ogromne zapotrzebowanie komercyjne na ziele rośliny, jest również uprawiana na plantacjach, gdzie surowiec otrzymuje się w ciągu całego roku [Wyszkowska-Kolatko 2019].

Skład chemiczny

Głównymi składnikami i determinującymi wielokierunkowe działanie biologiczne *C. asiatici* są pentacykliczne triterpenoidy pochodne ursanu i oleanu, w tym azjatykozyl, madekaszyl, centellozyl, bramozyl, braminozyl, tankunozyl, scefelozyl oraz kwasy triterpenowe, takie jak kwas azjatykowy, bramikowy, madekasowy, centellowy, tankunowy [Sun i in. 2020, Simka 2023]. Obecnie wykorzystuje się wszystkie części rośliny ze względu na ich wielokierunkowe działanie terapeutyczne, jednakże to liście cieszą się największym zainteresowaniem [Paudel i in. 2017]. W liściu gotu kola znajduje się wiele kwasów tłuszczowych, w tym: kwas palmitynowy (55,7%), linolowy (17,5%), laurynowy (13,73%) oraz śladowe ilości kwasu mirystynowego (0,5%) [Pudke i Borikar 2022]. Liście są także bogate w składniki aktywne takie jak związki fenolowe, a zawartość fosforu, żelaza, sodu, magnezu i kwasu askorbinowego jest większa niż w pozostałych częściach rośliny [Lokanathan i in. 2016]. Ziele wąkroty bogate jest w kwasy kawoilochinowe, garbniki, fitosterole, aminokwasy i cukry, saponiny triterpenoidowe, które mogą stanowić od 1% do 8% wszystkich składników, oraz olejki lotne (ok. 0,1%) [Bylka i in. 2014, Gray i in. 2018]. Wąkrota azjatycka jest bogata również w witaminy A, B₁, B₂, C, niacynę oraz flawonoidy, spośród których występuje kwercetyna, kemferol, katechina, rutyna, apigenina i naringina w największej ilości [Kwaśniewska i Kiewlicz 2021].

Wykorzystanie w przemyśle farmaceutycznym i medycynie

Od tysięcy lat *Centella asiatica* L. jest z powodzeniem stosowana w leczeniu rozmaitych chorób, takich jak gruźlica, astma, nadciśnienie tętnicze, odra, reumatyzm czy depresja. Obecnie znajduje zastosowanie również jako suplement diety. Jest zwykle sprzedawana w postaci kapsułek zawierających w swoim składzie suszone ziele lub ekstrakt suchy, a także jako nalewka ziołowa. To skoncentrowane źródło witamin i składników mineralnych, przeznaczone do uzupełnienia normalnej diety osób zdrowych [Gray i in. 2018].

Wąkrota azjatycka wzmacnia organizm człowieka, stymuluje mikrokążenie, odmładza i poprawia pamięć. Najważniejsze właściwości lecznicze tej rośliny to działanie wzmacniające, immunostymulujące, bakteriobójcze, przeciwzapalne oraz przeciwobrzękowe [Klimowicz i in. 2015]. Ze względu na liczne działania farmakologiczne *C. asiatica* znalazła zastosowanie w leczeniu dermatoz i zmian skórnych, takich jak wypryski, opa-

rzenia lub egzemy. Wąkrota azjatycka z dużą skutecznością stosowana jest także w domowej pielęgnacji blizn oraz należy do substancji, które wspomagają przepływ chłonki, zapobiegając zastojom limfatycznym w tkankach [Ciozda 2021]. Jest także stosowana w przypadku choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy, zmian zapalnych błony śluzowej żołądka oraz przewlekłej niewydolności żylniej [Bylka i in. 2014].

Badania, w których wykorzystano żelowy ekstrakt etanolowy z ziela gotu kola w czterech różnych formułacjach, wykazały, że ma ono właściwości rewitalizujące komórki, które wspierają proces gojenia się ran oparzeniowych. Odpowiada za to głównie zawartość związków azjatykozydowych [Rahimah i in. 2021]. Natomiast podczas eksperymentalnego badania przeprowadzanego na myszach udowodniono, że ekstrakt etanolowy z liści gotu kola ma działanie aromaterapeutyczne i jest stosowany w celu uspokojenia oraz w bezsenności [Pistanty 2022].

***Centella asiatica* L. jako środek neuroprotekcyjny**

Centella asiatica L. jest znana z zastosowania jako środek wzmacniający pamięć oraz ze zdolności do rewitalizacji nerwów i komórek mózgowych. Hamuje enzymy, zapobiega powstawaniu blaszek amyloidowych oraz zmniejsza stres oksydacyjny. Stosowanie wąkroty azjatyckiej jest ściśle powiązane z jej działaniem neuroprotekcyjnym ze względu na zawarte w niej bioaktywne składniki, takie jak kwas azjatykowy, kwas madekasowy, brahmazyd i madekasozyd [Prakash i in. 2017, Sabaragamuwa i in. 2018]. Zawartość triterpenoidów w gotu kola może zregenerować i wzmocnić naczynia krwionośne, dzięki czemu usprawnia krążenie mózgowe, poprawiając funkcje poznawcze i funkcjonowanie mózgu [Pistanty 2022].

Na podstawie przeprowadzonych badań z udziałem zwierząt stwierdzono, że saponiny triterpenowe zawarte w ekstrakcie z gotu kola mają duży wpływ na aktywność czynnika wzrostu nerwów i czynnika neurotroficznego pochodzenia mózgowego. Są one odpowiedzialne za różnicowanie, dojrzewanie, tworzenie synaps oraz wzrost neuronów i są powiązane z procesami skorelowanymi z uczeniem się i zapamiętywaniem [Stańczak i Lewgowd 2021]. Składniki te wykazują potencjał w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera, demencja starcza oraz choroba Parkinsona [Sabaragamuwa i in. 2018].

Podczas badań, w których wywoływano u szczurów napady drgawkowe pentylenotetrazolem (PTZ), wykazano, że leczenie ekstraktami z *C. asiatica* powodowało przywrócenie acetylocholiny i acetylocholinoesterazy do poziomów kontrolnych lub znaczny wzrost ich aktywności. Każdą frakcję ekstraktu *C. asiatica* (200 mg/kg masy ciała) rozpuszczono w soli fizjologicznej i podawano zwierzętom doustnie przez tydzień przed wstrzyknięciem PTZ. Podawana objętość wynosiła 1 ml/kg na zwierzę. Uzyskane wyniki sugerują, że *C. asiatica* powoduje odczuwalne zmiany w układzie cholinergicznym, które mogą stanowić jeden z aspektów jej działania przeciwdrgawkowego [Visweswari i in. 2010]. W modelu szczurzym przeprowadzono badania dotyczące wpływu kwasu azjatykowego wyizolowanego z wąkroty azjatyckiej. Badania z wykorzystaniem zastrzyków podawanych dootrzewnowo z kwasu azjatykowego (*asiatic acid*, AA) samodzielnie w dawce 30 mg/kg i w połączeniu z midazolamem (AA 30 mg/kg + midazolam 1,5 mg/kg) wykazały zdolność do poprawy pamięci, co potwierdza, że *Centella asiatica*

L. może być przydatna w leczeniu uogólnionych zaburzeń lękowych. Budzi to nadzieję, że w przyszłości może stanowić obiecujący środek przeciwłękowy [Ceremuga i in. 2015].

Wykorzystanie w przemyśle kosmetycznym

Gotu kola jest stosowana z powodzeniem w preparatach do pielęgnacji skóry ze względu na swoje właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, antycellulitowe i przeciwstarzeniowe [Pudke i Borikar 2022]. *C. asiatica* w swoim składzie zawiera ściągające garbniki i kojące olejki eteryczne, które są doskonałym składnikiem tonizującym i stymulującym skórę. Flawonoidy pozyskiwane z wąkroty są stosowane w produktach do pielęgnacji włosów. Stymulują krążenie obwodowe skóry głowy i zapobiegają wypadaniu włosów, jednocześnie dbając o stan skóry głowy [Chandrika i Kumara 2015]. Badania wykazały, że codzienne stosowanie preparatów kosmetycznych zawierających kwas hialuronowy, glicerynę i ekstrakt z *C. asiatica* wywołuje długotrwały efekt nawilżenia i nawodnienia (do 24 godzin), jednocześnie poprawiając funkcję bariery skórnej [Putri i in. 2019].

Preparaty z wąkrotą azjatycką wykorzystywane są również w leczeniu trądziku pospolitego ze względu na dużą zawartość azjatykozydów oraz saponozydów, wykazujących silne działanie przeciwbakteryjne i przeciwzapalne. Hamują dzięki temu rozwój *Cutibacterium acnes*, czego skutkiem jest zmniejszenie grudek, krost i guzków. Preparaty te mogą być podawane doustnie oraz w formie iniekcji podskórnych lub domięśniowych. Dodatkowo działanie przeciwzapalne może skutkować zmniejszeniem obrzęku, zaczerwienienia i bólu w obszarze rany [Arribas-López i in. 2022]. Skóra uszkodzona przez trądzik zostaje zregenerowana i odmłodzona dzięki przeciwutleniaczom, które również wspomagają szybsze tworzenie kolagenu w skórze [Każmierska i in. 2020, Ikasari i Pebrani 2024].

Wąkrota azjatycka w terapii cellulitu i rozstępów

Cellulit to nieprawidłowo rozmieszczona tkanka tłuszczowa. Występuje najczęściej na tylnobocznych partiach ud, pośladkach i brzuchu. Często można go rozpoznać po wgłębieniach lub strukturze przypominającej skórkę pomarańczy na powierzchni skóry [Luebberding i in. 2015]. Wąkrota azjatycka jest stosowana w terapii cellulitu i rozstępów, ponieważ jest bogata w różnorodne składniki i wpływa na procesy zachodzące w organizmie. Powoduje ona wzrost gęstości i elastyczności skóry, a także poprawia jej nawodnienie. Stymuluje krążenie, działa przeciwobrzękowo oraz wzmacnia naczynia krwionośne [Klimowicz i in. 2015]. Wyciąg z wąkroty zmniejsza objętość komórek tłuszczowych, szczególnie w okolicach ud i pośladków, stymuluje produkcję kolagenu i elastyny, a także syntezę kwasu hialuronowego, co zwiększa nawilżenie skóry [Bojarowicz i in. 2016, Tybur i Piotrowska 2018]. Dodatkowo ekstrakt z wąkroty azjatyckiej zawiera witaminy A, C i E, które doskonale odżywiają oraz nawilżają skórę [Tomczyk i Malara 2023].

Według badań przeprowadzonych z udziałem kobiet po porodzie, które miały widoczne rozstępy, z powodu wzrostu wagi i wahań hormonalnych, po podaniu pudru

z *Centella asiatica* L. na skórę wyniki wykazały, że większość respondentek miała delikatniejsze i mniej widoczne rozstępy [Sanna i in. 2024]. Badanie, w którym stosowany był balsam z ekstraktem gotu kola przez grupę badaną, udowodniło, że ekstrakt ten skutecznie zmniejsza pigmentację skóry i linie w rozstępach. Czas zmiany koloru rozstępów z ciemnego na jasny, a następnie na biały wynosił od 6 do 10 miesięcy. Analiza *in vitro* wykazała również, że połączenie ekstraktu z ziele gotu kola i oliwy z oliwek posiada wysoki poziom zdolności ochrony przeciwsłonecznej ze współczynnikiem ochrony przeciwsłonecznej (SPF) 37 [Nuraini i Rahayu 2021]. Ponadto naukowcy dowiedli, że może poprawić wytrzymałość na rozciąganie nowo powstałej skóry i zmniejszyć fazę zapalną blizn przerostowych oraz bliznowców [Seo i Kim 2019].

Podsumowanie

Od tysięcy lat wąkrota azjatycka jest wykorzystywana zarówno w medycynie tradycyjnej, jak i w życiu codziennym. Aktualnie roślina ta znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle kosmetycznym i posiada wielokierunkowe działanie lecznicze – wykazuje właściwości przeciwzapalne, antycellulitowe, immunostymulujące, bakteriobójcze oraz przeciwstarzeniowe. *Centella asiatica* L. jest uniwersalnym surowcem leczniczym, stosowanym zarówno zewnętrźnie, jak i wewnętrznie. Udowodniono, że substancje biologicznie czynne zawarte w całej roślinie, a w szczególności w liściach, poprawiają stan skóry oraz włosów, ziele natomiast zalecane jest w przypadku leczenia zmian skórnych, takich jak oparzenia, wypryski, blizny i egzemy. Wyciąg z wąkroty zmniejsza objętość komórek tłuszczowych, stymuluje produkcję kolagenu, elastyny i kwasu hialuronowego. Z kolei ekstrakt z wąkroty azjatyckiej, dzięki zawartości witamin A, C i E, doskonale odżywia oraz nawilża skórę. Współcześnie podejmowane są również próby wykorzystania wąkroty azjatyckiej w leczeniu chorób ośrodkowego układu nerwowego, gdyż wykazuje ona potencjał w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera czy choroba Parkinsona. Wąkrota wykazuje także działanie przeciwdrgawkowe i przeciwłkowe. Ekstrakt z wąkroty działa rewitalizująco na komórki, przyspiesza proces gojenia się ran oraz pomaga w przypadku bezsenności. Wąkrota azjatycka jest surowcem z bardzo dużym potencjałem terapeutycznym, farmaceutycznym i kosmetycznym.

Bibliografia

- Arribas-López E., Zand N., Ojo O., Snowden M.J., Kochhar T., 2022. A systematic review of the effect of *Centella asiatica* on wound healing. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 19(6), 3266, <https://doi.org/10.3390/ijerph19063266>
- Belwal T., Andola H.C., Atanassova M.S., Joshi B., Suyal R., Thakur S., Bisht A., Arvind Jantal A., Bhatt I.D., Rawal R.S., 2019. Gotu kola (*Centella asiatica*) in nonvitamin and nonmineral nutritional supplements. *Academic Press*, 265–275, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00038-2>
- Bojarowicz H., Rucińska M., Krysiński J., 2016. Kosmetyki redukujące cellulit. *Probl. Hig. Epidemiol.* 97(4), 291–296.
- Bylka W., Znajdek-Awiżeń P., Studzińska-Sroka E., Dańczak-Pazdrowska A., Brzezińska M., 2014. *Centella asiatica* in dermatology: an overview. *Phytother. Res.* 28(8), 1117–1124, <https://doi.org/10.1002/ptr.5110>

- Ceremuga T.E., Valdivieso D., Kenner C., Lucia A., Lathrop K., Stailey O., Bailey H., Criss J., Linton J., Fried J., Taylor A., Padron G., Johnson A.D., 2015. Evaluation of the anxiolytic and antidepressant effects of asiatic acid, a compound from gotu kola or *Centella asiatica*, in the male Sprague Dawley rat. *AANA J.* 83(2), 91.
- Chandrika U.G., Kumara P.A.P., 2015. Gotu kola (*Centella asiatica*): nutritional properties and plausible health benefits. *Adv. Food Nutr. Res.* 76, 125–157, <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2015.08.001>
- Ciozda A., 2021. Blizny potrądzikowe w gabinecie kosmetycznym. Materiał z konferencji: Nauka, Edukacja, Społeczeństwo: narzędzia i mechanizmy współczesnego innowacyjnego rozwoju. 88, <https://novaosvita.com/wp-content/uploads/2021/04/ScEdSoc-Kyiv-Mar2021.pdf#page=88> [dostęp: 08.02.2024]
- Gray N.E., AlcazarMagana A., Lak P., Wright K.M., Quinn J., Stevens J.F., Maier C.S., Soumyanath A., 2018. *Centella asiatica*: phytochemistry and mechanisms of neuroprotection and cognitive enhancement. *Phytochem. Rev.* 17, 161–194, <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9528-y>.
- Ikasari E.D., Pebriani T.H., 2024. A study on the use of gotu kola extract (*Centella asiatica* (L.) Urb.) as a treatment for acne. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian* 9(1), 1–8, <https://doi.org/10.37874/ms.v9i1.1010>
- Karłowicz-Bodalska K., Han S., Han T., Miranowicz M., Bodalska A., 2013. *Centella asiatica* (L.) Urban, syn. *Hydrocotyle asiatica* L. – chemistry and activity. *Post. Fitoter.* 4, 225–235.
- Każmierska A.D., Bolesławska I., Przysławski J., 2020. Wpływ diety oraz fitoterapii w leczeniu trądziku pospolitego. *Farm. Pol.* 76, 373–380, <https://doi.org/10.32383/farmpol/126231>
- Klimowicz A., Zielonka J., Turek M., Nowak A., 2015. Substancje pochodzenia naturalnego stosowane w terapii cellulitu. *Post. Fitoter.* 2, 16.
- Król D., 2010. *Centella asiatica* L. – medicinal properties. *Post Fitoter.* 2, 101–105.
- Kwaśniewska D., Kiewlicz J., 2021. Antioxidant activity of *Centella asiatica* extracts. *Current trends in quality science – design, quality and safety of products*, 51.
- Lokanathan Y., Omar N., Puzi N.N.A., Saim A., Idrus R.H., 2016. Recent Updates in neuroprotective and neuro regenerative potential of *Centella asiatica*. *Malays. J. Med. Sci.* 23(1), 4.
- Luebberding S., Krueger N., Sadick N.S., 2015. Cellulite: an evidence-based review. *Am. J. Clin. Dermatol.* 16, 243–256.
- Markiewicz W., 2020. Miodla indyjska i wąkrota azjatycka – mało znane rośliny występujące w preparatach weterynaryjnych. *Życie Wet.* 95(05), 306.
- Nuraini I., Rahayu A., 2021. Effectiveness of Gotu Kola extract lotion (*Centella asiatica*) in reducing stretch marks. *J. Health Sci.* 14(3), 196–201, <https://doi.org/10.33086/jhs.v14i3.2066>
- Paudel P., Satyal P., Dosoky N.S., Setzer W.N., 2017. Chemical composition and biological activity of *Centella asiatica* essential oil from Nepal. *Am. J. Essent. Oils Nat. Prod.* 5, 5–8.
- Pistanty M.A., 2022. Effectiveness aromatherapy Gotu kola (*Centella asiatica*) against insomnia disorder: *Array. Literasi Nusantara* 2(2), 645–654.
- Prakash V., Jaiswal N.I.S.H.I.T.A., Srivastava M.R.I.N.A.L., 2017. A review on medicinal properties of *Centella asiatica*. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 10(10), 69–74, <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i10.20760>
- Pudke S., Borikar M., 2022. The role of gotu kola in cosmeceutical: a review. *World J. Pharm. Res.* 11(11), 438–447.
- Putri E., Angkasa C., Ginting C.N., Chiuman L., Lister I.N.E., 2019. Comparison of anti-aging effectiveness from gotu kola extract cream (*Centella asiatica*) and robusta coffee cream (*Coffea canephora*) towards hydration levels in male mus musculus skin. *Res. J. Eng. Technol. Sci.* 61, 192–201.
- Rahimah S., Riski R., Nonde G., 2021. Effectiveness test gel of gotu kola (*Centella asiatica* L. Urban) as wound healing drug. *J. Pharm. Med. Sci.* 81-82, <https://dx.doi.org/10.32814/jpms.v6i1.124>.
- Ratz-Lyko A., Arct J., 2015. Kosmetyczne i dermatologiczne właściwości *Centella asiatica*. *Pol. J. Cosmetol.* 18, 25–30.

- Sabaragamuwa R., Perera C.O., Fedrizzi B., 2018. *Centella asiatica* (Gotu kola) as a neuroprotectant and its potential role in healthy ageing. Trends Food Sci. Technol. 79, 88–97, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.024>
- Sanna A., Hendriani D., Firdaus R., 2024. Effect of *Centella asiatica* powder (gotu kola) against stretch marks in postpartum mothers. KESANS: Int. J. Health Sci. 3(4), 334–342, <https://doi.org/10.54543/kesans.v3i4.247>
- Seo S.B., Kim Y.M., 2019. Improving cosmetic activity by optimizing *Centella asiatica* extraction process. Nat. Prod. Commun. 14(7), 1934578X19867188, <https://doi.org/10.1177/1934578X19867188>
- Simka W., 2023. *Centella asiatica* (L.) Urb. and its application in cosmetology. Aesth Cosmetol Med. 12(5), 175–179, <https://doi.org/10.52336/acm.2023.022>
- Stańczak A., Lewgoud W., 2021. Środki wspierające poprawę funkcji poznawczych – co powinniśmy o nich wiedzieć. Farm. Pol. 214, <https://doi.org/10.32383/farmpol/136335>
- Sun B., Wu L., Wu Y., Zhang C., Qin L., Hayashi M., Kudo M., Gao M., Liu T., 2020. Therapeutic potential of *Centella asiatica* and its triterpenes: A review. Front Pharmacol. 11, 568032, <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.568032>
- Tomczyk J., Malara B., 2023. Modern methods of cellulite diagnosis and treatment. Aesth. Cosmetol. Med. 12(4), 143–149, <https://doi.org/10.52336/acm.2023.018>
- Tybur M., Piotrowska A., 2018. Antycellulitowe substancje pochodzenia roślinnego. Medyczne aspekty kosmologii i dietetyki. Wydawnictwo Naukowe TYGIEL 79.
- Visweswari G., Prasad K.S., Chetan P.S., Lokanatha V., Rajendra W., 2010. Evaluation of the anticonvulsant effect of *Centella asiatica* (gotu kola) in pentylenetetrazole-induced seizures with respect to cholinergic neurotransmission. Epilepsy Behav. 17(3), 332–335, <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2010.01.002>
- Wyszkowska-Kolatko M., 2019. Ocena aktywności biologicznej in vitro wyciągów z wąkroty azjatyckiej. Praca doktorska, Uniwersytet Jagielloński, Wydział Farmaceutyczny, 21.
- Yusof N.N.M., Rahman T.A.F.T.A., Abd Aziz N.A., Hadizam B.B., Isleih A.R.I.S., 2020. Systematic literature review on *Centella asiatica*. Sains Insani 5(1), 135–141, <https://doi.org/10.33102/sainsinsani.vol5no1.136>

Study of the properties of shortcake biscuits fortified with dried rosehips (*Rosa canina* L.)

Badanie właściwości kruchych ciastek fortyfikowanych suszonymi owocami
dzikiej róży (*Rosa canina* L.)

Introduction

Functional foods are most often referred to as foods and beverages that have a documented beneficial effect on human health over and above that result from the presence of essential nutrients. It can be “designed” for the body’s needs (designed food) and can come in traditional or modified forms. Modification involves enrichment in various, deliberately selected, bioactive substances or their compositions. It can also involve reducing the content of undesirable ingredients or their substitution to improve the availability and bioavailability of nutrients. The entry of functional foods into the market has opened up new opportunities for improving health and delaying ageing processes for a comprehensive profile of consumers thanks to the presence of bioactive substances with a diverse range of health-promoting effects [Grochowicz and Fabisiak 2018]. A promising strategy for improving foods’ nutritional and functional properties is adding dried fruits [Krajewska and Dziki 2023].

Rosehips are somewhat forgotten and underestimated by consumers despite their taste and health-promoting properties. Rosehip fruits are rich in vitamins, mainly ascorbic acid (vitamin C), whose content varies between 0.5 and 2%. Other vitamins are also present in the raw material, including B₁, B₂, PP, A, E, and K, carotenoids, such as α -, β -, γ -carotenes, zeaxanthin, lycopene, polyslycopene a and B, rubixanthin, taraxanthin, zeaxanthin and lutein [Razungles et al. 1989, Hodisan et al. 1997], as well as polyphenolic compounds [Hvattum 2002]. Rosehip fruits are also a source of minerals, both macronutrients (P, K, Ca, Mg) and micronutrients (Fe, Cu, Mn, Zn). Their carotenoids are highly valued as natural food colours [Cendrowski et al. 2012]. According to folk tradition, rosehips are most often used for medicinal purposes. They have a general strengthening, anti-inflammatory, nutritive, diuretic, spasmolytic, anti-allergic, slightly cholagogic, antitussive, sedative, antimicrobial, detoxifying, mood-enhancing and vasodilatory effect [De-liorman Orhan et al. 2007, Chrubasik et al. 2008, Barros et al. 2010]. An interesting use of rosehips is their addition to sweet snacks or baked goods, such as shortbread cookies. They are a popular, inexpensive, readily available snack that consumers often reach for. In 2015, the statistical Pole consumed 3.8 kg of biscuits [PwC 2017] and the share of

¹ University of Life Sciences in Lublin, Student Scientific Association of Food Analysts, ramotowskida@gmail.com

² University of Life Sciences in Lublin, Department of Analysis and Food Quality Assessment

biscuits in the Polish confectionery market in 2022 was 40,5% [Górecka 2023]. Unfortunately, due to their high fat and sugar content, they are not beneficial to health and can contribute to the development of lifestyle diseases, including cardiovascular disease, obesity and diabetes. Adding dried fruits can improve the nutritional value of shortbread cookies and enrich them with health-promoting compounds [Krajewska and Dziki 2023].

This study aimed to investigate selected properties of shortcake biscuits with 4%, 8%, and 12% dried rosehips. The study evaluated physicochemical properties, acidity determination, colour analysis, antioxidant activity against ABTS^{·+} and DPPH[·], phenolic compound content, and semi-consumer evaluation.

Materials and methods

Shortcake biscuit preparation

The biscuits were prepared in three variants, with different amounts of added dried, ground into powder rosehip (4%, 8% and 12%), partially replacing wheat flour. The dried rosehips were purchased from a herbal store and stored at room temperature without sunlight access. Control biscuits were prepared without the addition of rosehip. The shortcake recipe contained commonly used ingredients, including wheat flour, butter, eggs, and sugar [Kaźmierczak 2019]. The dough for the biscuits was kneaded by hand on a pastry board, rolled out to a thickness of 0.6 cm, and shaped into round biscuits with a diameter of 4.95 cm. They were baked in an oven to 180°C for about 15 minutes. The quantities of ingredients for each biscuit variant are presented in Table 1.

Table 1. Recipe for shortcake biscuits

Ingredients	C*	R4%	R8%	R12%
Wheat flour (g)	300	288	276	264
Butter (g)	150	150	150	150
Sugar (g)	70	70	70	70
Eggs (pcs)	1	1	1	1
Rosehip (g)	–	12	24	36

*C – control; R4%, R8%, R12% – shortcake biscuits with appropriate amount of dried rosehip

Physical properties of shortcake biscuits

Five biscuits were randomly selected from each variant and analysed for weight, thickness, and diameter. The spread ratio was calculated by finding the ratio of a biscuit's diameter versus its thickness [Zielińska and Pankiewicz 2020]. Biscuit samples were assessed for their moisture in a moisture analyser.

Acidity of shortcake biscuits

To determine acidity, 25 g of shortcakes were weighed into flasks, and 250 mL of distilled water (60°C) was added, then closed tightly. The sample was shaken for 3 min, then allowed to stand for 3 min, and shaken again for 1 min. The suspension was filtered, 50 mL of filtrate was taken and titrated with 0.1 M NaOH solution in the presence of a few drops of 1% phenolphthalein until the pink colour appeared and persisted for 30 seconds. The result was calculated according to the formula:

$$x = 2a$$

where: x – shortcake acidity [°], a – volume of 0.1 M NaOH solution used for titration [mL].

Colour measurements

Ten biscuits were randomly selected from each variant, and their colour measurements were taken. The colour was measured using an EnviSense NH310 colourimeter (EnviSense, Lublin, Poland). Colour differences were recorded on the CIE $L^* a^* b^*$ scale. In addition, the total colour difference (ΔE) was calculated using the following formula:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

where: ΔL^* , Δa^* , and Δb^* are differences in the L^* , a^* , and b^* values, respectively, between the reference sample and the test sample.

The browning index (BI) was calculated using the measured L^* , a^* , and b^* values as follows [Sarıçoban and Yılmaz 2010]:

$$BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.17}$$

where x :

$$x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 0.012b^*)}$$

The whiteness index (WI) was calculated using the measured L^* , a^* , and b^* values as follows:

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

Antioxidant properties

Extraction of bioactive compounds

The biscuit samples (1 g) were ground in a laboratory grinder and shaken with 10 mL of 4:1 ethanol/water (v/v) for 120 min in a laboratory shaker. Next, the samples were centrifuged at 3000 g for 10 min. The supernatant was stored at -18°C until the next day for further analysis [Zielińska and Pankiewicz 2020].

DPPH radical scavenging activity

The DPPH assay was estimated according to Brand-Williams et al. [1995], with slight modification. A 0.1 mL sample volume was mixed with 0.9 mL of a 6 μM solution of DPPH $\cdot$ in 75% methanol. The absorbance was measured after 3 min of reaction at 515 nm (75% methanol was used as a blank). The scavenging effect was calculated using the formula:

$$\text{Scavenging activity (\%)} = [1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}})] \times 100$$

where: a sample is the absorbance of the mixture of sample and DPPH $\cdot$; a control is the absorbance of the control (DPPH $\cdot$ solution). The results were expressed as Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC) values (mM Trolox).

ABTS radical scavenging activity

The ABTS assay was determined according to Re et al. [1999] with slight modifications regarding the quantities of the antioxidant solution. a 2.95 mL of the ABTS $^{+\cdot}$ solution was mixed with 0.05 mL of each sample. The absorbance was measured after 3 min of the reaction at 734 nm with deionized water as a blank. The scavenging effect was calculated using the same procedure as the DPPH scavenging activity.

Total phenolic content (TPC)

The TPC of different samples was determined according to the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method [Singleton and Rossi 1965]. Briefly, 0.04 mL of extracts was diluted with 3.16 mL of distilled water and 0.2 mL of Folin-Ciocalteu's reagent. After vigorous stirring in a vortex mixer, 0.6 mL of saturated sodium carbonate was added and incubated at 40°C for 30 min. The absorbance was measured at 725 nm. The results were expressed as mg of gallic acid equivalents (GAE) per 100 gram of sample.

Semi-consumer evaluation

Consumer evaluation of biscuits was conducted on 42 consumers (18–52 years old) according to Podgórska-Kryszczuk and Pankiewicz [2023] with slight modification regarding the values of weighting factors. The samples were coded with a three-digit number. The external appearance, smell, colour, texture, and taste were assessed. The short-cakes were evaluated using the 5-point quality scale method. The evaluation was based on a table with assigned definitions to each scale of scores for individual characteristics.

Each quality discriminant has assigned an appropriate weighting factor (external appearance 0.1; smell 0.15; colour 0.15; texture 0.2; taste 0.4). Plain water was used for mouth rinsing before and after each sample test.

Statistical analysis

All assays were performed in at least three replicates. All data are presented as means plus standard deviation. The results were statistically analyzed using Statistica 13.3 (Statsoft, Krakow, Poland) and Excel 2019 (Microsoft, Washington, DC, USA). Tukey's test was used to compare the groups. All statistical hypotheses were verified at the significance level of $p < 0.05$.

Results and discussion

Physicochemical properties

Results of the physicochemical properties are shown in Table 2. The average weight was between 11.18 and 11.86 g, with the control biscuits having the lowest weight. The diameter of the cookies was similar and ranged from 4.70 cm to 5 cm. The addition of dried rosehips did not affect the thickness of the obtained products, and it was comparable to the control. The spread ratio measures the quality of cookies. In the experiment, the spread ratio varies from 6.17 in the control samples to 6.46 in R8%. The ratio was similar to the control in the R4% and R12% samples and not statistically significantly different. The control biscuits had the lowest average water content at 3.51%. The water content of the cookies increased when rosehip was added to them. The sample with 4% addition scored 4.86%. This may be due to the high level of natural pectin in rosehips, which helps retain water in the cookie and keep it fresh longer [Taneva et al. 2020]. The acidity of the cookies increased with the amount of rosehip added.

Table 2. Physicochemical properties of the biscuits

Samples	C*	R4%	R8%	R12%
Weight [g]	11.18 ± 0.45 ^{b*}	11.82 ± 0.41 ^a	11.64 ± 0.31 ^{ab}	11.86 ± 0.23 ^{ab}
Diameter [cm]	4.76 ± 0.06 ^b	4.76 ± 0.08 ^b	4.95 ± 0.04 ^a	4.76 ± 0.05 ^b
Thickness [cm]	0.77 ± 0.05 ^a	0.77 ± 0.04 ^a	0.77 ± 0.04 ^a	0.77 ± 0.04 ^a
Spread Ratio	6.18 ± 0.47 ^a	6.17 ± 0.30 ^a	6.46 ± 0.32 ^b	6.18 ± 0.19 ^a
Water content	3.51 ± 0.21 ^c	4.86 ± 0.44 ^a	3.86 ± 0.15 ^c	4.34 ± 0.11 ^b
Acidity [°]	0.8 ^d	1.6 ^c	2.8 ^b	3.6 ^a

* Values marked with the same letters do not differ significantly at $p < 0.05$ (Tukey's post hoc test);

*C – control; R4%, R8%, R12% – shortcake biscuits with appropriate amount of dried rosehip

Color measurements

The surface colour of the biscuits was measured in the CIELAB colour space along with ΔE , the browning index (BI), and the whiteness index (WI), as shown in Table 3. The colour of cakes with the addition of dried rosehips changed significantly compared to the control (Figure 1). The most noticeable difference was in cookies, with the highest addition, 12% dried rosehips. Increasing the amount of rosehip decreased the brightness (L^*), and increased the redness (a^*), yellowing (b^*) and ΔE . The whiteness index decreased from 50.92 (control) to 32.01 (in the sample with 12% fruit). The browning index WI was 13.88 in the control and 26.07 in the sample with the highest fruit addition. The differences in the colour of the control cakes and those with dried rosehips were due to the reddish-brown colour of the fruit itself. It was predictable that the colour would change after their addition.

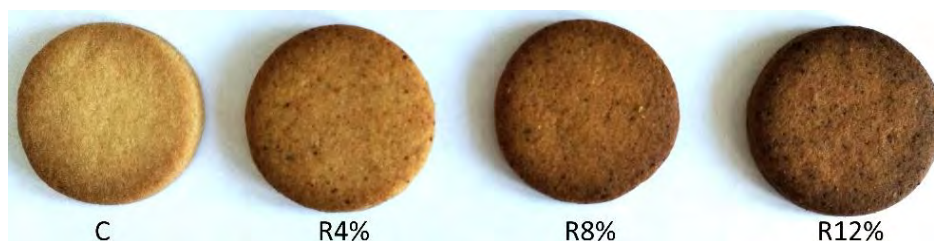


Fig. 1. Shortcake biscuits prepared with different amounts of dried rosehip (phot. D. Ramotowski)

Table 3. Colour determinants of biscuits

Samples	L^*	a^*	b^*	ΔE	BI	WI
C*	66.06 ± 1.65	13.00 ± 1.24	32.99 ± 0.23	–	13.88	50.92
R4%	54.91 ± 2.11	15.80 ± 0.71	36.43 ± 1.15	12.00	19.96	39.92
R8%	49.74 ± 1.59	16.15 ± 0.55	36.67 ± 1.16	17.02	22.38	35.72
R12%	44.77 ± 1.17	17.11 ± 0.38	35.78 ± 0.76	21.86	26.07	32.01

* C – control; R4%, R8%, R12% – shortcake biscuits with appropriate amount of dried rosehip; * mean in terms of lightness (L^*) and colour (a^* – redness; b^* – yellowness)

Antioxidant properties

Our study measured antioxidant properties using DPPH $\cdot$ and ABTS $\cdot^+$ scavenging activity methods and total phenolic content (TPC) (Table 4). The DPPH $\cdot$ scavenging activity increased significantly with the level of rosehips added from 0.418 mM TE for R1 (control biscuits) to 2.217 mM TE for R4 (12% of rosehip), which is more than double

compared to control ones. The ABTS^{·+} scavenging activity results are very similar; for R1, there was only 0.593 mM TE, but for R4, it was 1.128 mM TE. The outcome in ABTS^{·+} scavenging activity is not as notable as in DPPH[·] analysis; however, the antioxidant properties doubled, and it is a success. Total phenolic content (TPC) was measured, and results are shown as mg of gallic acid equivalents (GAE) per 100 g of sample. Again, with the rise of rosehip percentage in biscuits, TPC also increased. In control biscuits, TPC was not detected; however, in only 4% of rosehip, it was 17.22 mg GAE/g and continued to increase.

Table 4. Antioxidant properties of biscuits

Performed analyses	C*	R4%	R8%	R12%
DPPH [mM TE]	0.418 ± 0.076 ^d	1.145 ± 0.09 ^c	1.609 ± 0.026 ^b	2.217 ± 0.025 ^a
ABTS [mM TE]	0.593 ± 0.013 ^d	0.908 ± 0.04 ^c	1.101 ± 0.007 ^b	1.128 ± 0.001 ^a
TPC [mg GAE/100 g]	–	17.22 ± 5.6 ^c	48.24 ± 8.6 ^b	90.93 ± 10 ^a

* Values xmarked with the same letters do not differ significantly at $p < 0.05$ (Tukey's post hoc test);

*C – control; R4%, R8%, R12% – shortcake biscuits with appropriate amount of dried rosehip

A study conducted by Tańska et al. [2016] showed that rosehip pomace addition (20%) increases antioxidant properties. DPPH[·] scavenging activity and total phenolic compounds have the second-highest results, right after blackcurrant pomace. In another study by Borczak et al. [2022], the authors evaluated the impact of fruit addition as a functional ingredient in cookies. All cookies enriched with fruits had significantly higher antioxidative properties than the control; moreover, consumers very pleasantly reviewed biscuits with rosehip addition, and their score was very close to that of the control cookies, which was equal to our semi-consumer evaluation.

Semi-consumer evaluation

In addition to their high nutritional value, new food products on the market should have adequate taste qualities and evoke general consumer satisfaction, and organoleptic and textural characteristics play a decisive role in this [Mikulec et al. 2017]. In the present study, replacing part of the flour with dried rosehips did not statistically significantly change the sensory characteristics of the biscuits (Figure 2). Evaluating consumers rated the colour of cakes with added fruit slightly lower than control cakes. The higher the addition of fruit, the lower the score obtained for colour. The highest overall rating was given to the control cookies (4.25), and as the addition of dried rosehips increased, the rating decreased slightly. However, respondents said the product was still good quality, and the cookies with the highest fruit addition received a rating of 4.13.

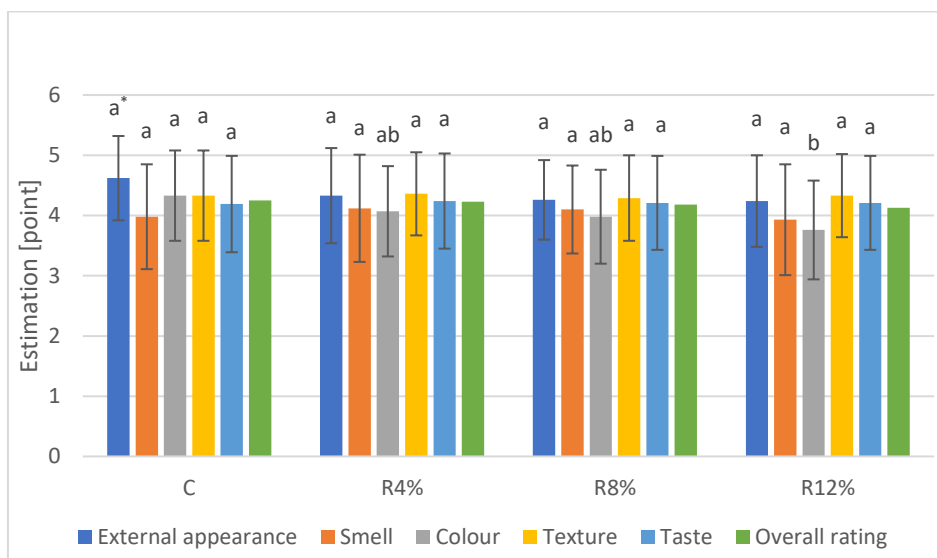


Fig. 2. Semi-consumer evaluation of shortbread cookies depending on the addition of dried rosehip. C – control; R4%, R8%, R12% – shortcake biscuits with the appropriate amount of dried rosehip; * within a given quality discriminant, values marked with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ (Tukey's post hoc test)

Other researchers also obtained similar good results in the sensory evaluation of the confectionery product by adding powdered rosehip pulp. According to Ghendov-Mosanu et al. [2020], adding rosehip to gingerbread positively affects the resulting product's sensory properties, primarily when used in lower concentrations. Before marketing a new product, consumer research is essential to predict its level of acceptance. The results of the organoleptic evaluation obtained in the present study are significant and confirm the good sensory quality of cookies with dried rosehips.

Conclusions

Based on the results obtained, the following conclusions were drawn:

1. The products obtained by adding rosehip to shortcake biscuits compared to those without the addition were characterised by a significantly higher polyphenols content and higher antioxidant activity.
2. Rosehip shortcake biscuits are characterised by different colours, which consumers rated lower than the colour of control. However, the resulting products are still acceptable while improving their nutritional properties.
3. The properties of the obtained biscuits with the addition of dried rosehips indicate that they are a potential product that can be successfully marketed.

References

- Barros L., Carvalho A.M., Morais J.S., Ferreira I.C.F.R., 2010. Strawberry-tree, blackthorn, and rose fruits: Detailed characterization in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. *Food Chem.* 120(1), 247–254.
- Borczak B., Sikora M., Kapusta-Duch J., Fołta M., Szewczyk A., Zięć G., Doskočil I., Leszczyńska T., 2022. Antioxidative properties and acrylamide content of functional wheat-flour cookies enriched with wild-grown fruits. *Molecules* 27(17), 5531, <https://doi.org/10.3390/molecules27175531>
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28(1), 25–30, [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Cendrowski A., Kalisz A., Mitek M., 2012. Właściwości i zastosowanie owoców róży w przetwórstwie spożywczym. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 4(83), 24–31.
- Chrubasik C., Roufogalis B.D., Müller-Ladner U., Chrubasik S., 2008. A systematic review on the *Rosa canina* effect and efficacy profiles. *Phytother. Res.* 22(6), 725–733, <https://doi.org/10.1002/ptr.2400>
- Deliorman Orhan D., Hartevioğlu A., Küpeli E., Yesilada E., 2007. In vivo anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. *J. Ethnopharmacol.* 112(2), 394–400, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.03.029>
- Ghendov-Mosanu A., Cristea E., Patras A., Sturza R., Niculau M., 2020. Rose hips, a valuable source of antioxidants to improve gingerbread characteristics. *Molecules* 25(23), 5659, <https://doi.org/10.3390/molecules25235659>
- Górecka M., 2023. Rynek słodczy. Aktualna sytuacja i perspektywy. mBank S.A., <https://www.mbank.pl/pdf/firmy/inne/raport-slodycze.pdf> [access: 25.06.2024]
- Grochowicz J., Fabisiak A., 2018. Żywność funkcjonalna – aspekty prawne i znaczenie wybranych składników bioaktywnych, *ZNUV* 60(3), 143–153.
- Hodisan T., Socaciu C., Ropan I., Neamtu G., 1997. Carotenoid composition of *Rosa canina* fruits determined by thin-layer chromatography and high-performance liquid chromatography. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 16(3), 521–528, [https://doi.org/10.1016/S0731-7085\(97\)00099-X](https://doi.org/10.1016/S0731-7085(97)00099-X)
- Hvattum E., 2002. Determination of phenolic compounds in rose hip (*Rosa canina*) using liquid chromatography coupled to electrospray ionisation tandem mass spectrometry and diode-array detection. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 16(7), 655–662, <https://doi.org/10.1002/rcm.622>
- Kaźmierczak M., 2019. Technologie produkcji cukierniczej. *Wyroby cukiernicze*. WSiP, Warszawa.
- Krajewska A., Dziki D., 2023. Physical properties of shortbread biscuits enriched with dried and powdered fruit and their by-products: a review. *International Agrophysics.* 37(3), 245–264, <https://doi.org/10.31545/intagr/165803>
- Mikulec A., Kowalski S., Łapczyńska-Kordon B., 2017. Wpływ zastosowania różnych mąk na wybrane cechy jakościowe ciastek kruchych. *Acta Agrophys.* 24(1), 101–110.
- Podgórska-Kryszczuk I., Pankiewicz U., 2023. Assessment of the fungistatic properties of *Calendula officinalis* L. Water extract and the effect of its addition on the quality of wheat bread. *Applied Sciences* 13(12), 7286, <https://doi.org/10.3390/app13127286>
- PwC, PricewaterhouseCoopers, 2017. Rynek ciastek w Polsce, <https://www.pwc.pl/pl/publikacje/2017/rynek-ciastek-w-polsce-pwc-polska.html> [access: 25.06.2024]
- Razungles A., Oszmianski J., Sapis J.P., 1989. Determination of carotenoids in fruits of *Rosa* sp. (*Rosa canina* and *Rosa rugosa*) and of chokeberry (*Aronia melanocarpa*). *J. Food Sci.* 54(3), 774–77, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb04709.x>
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26(9-10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

- Sarıçoban C., Yılmaz M., 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Appl. Sci. J.* 9(1), 14–22.
- Singleton V.L., Rossi J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16(3), 144–158, <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Taneva I., Petkova N., Krystijan M., 2020. Characteristics and rheological properties of ammonium oxalate extracted rosehip pectin. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1031, 012086, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1031/1/012086>
- Tańska M., Roszkowska B., Czaplicki S., Borowska E.J., Bojarska J., Dąbrowska A., 2016. Effect of fruit pomace addition on shortbread cookies to improve their physical and nutritional values. *Plant Foods Hum. Nutr.* 71(3), 307–313, <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0561-6>
- Zielińska E., Pankiewicz U., 2020. Nutritional, physiochemical, and antioxidative characteristics of shortcake biscuits enriched with *Tenebrio molitor* flour. *Molecules* 25(23), 5629, <https://doi.org/10.3390/molecules25235629>

Kostka zamiast płynu: pielęgnacja włosów w myśl idei waterless i less waste w opinii użytkowników szamponów

A bar instead of a liquid: waterless and less waste hair care according to the shampoo users

Wstęp

W ostatnich dziesięcioleciach obserwuje się znaczące zmiany klimatu – ocieplenie w skali globalnej, kontynentalnej, regionalnej i lokalnej, zmiany ilości opadów atmosferycznych i szereg ekstremów pogodowych, kurczenie się kriosfery oraz wzrost poziomu mórz i oceanów [Wibig 2020]. Zwiększona świadomość dotycząca tych zmian spowodowała większy popyt na produkty i usługi, które pomagają zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko [Słazińska-Kluczek i Brzezek 2023]. Skłoniło to wiele podmiotów do przyjęcia innowacyjnych sposobów rozwiązywania problemów środowiskowych. Na rynku pojawiły się produkty wpisujące się w trend waterless, less waste czy zero waste, których ideą jest ograniczanie degradacji środowiska oraz racjonalna eksploatacja jego zasobów [Kamińska 2021].

Świadomość ekologiczna jest ważnym aspektem w kształtowaniu rynku kosmetycznego. Obecnie nabywcy kosmetyków zwracają nie tylko większą uwagę na bezpieczeństwo, skład i pochodzenie składników produktów higieny osobistej, ale poszukują kosmetyków, które są produkowane w odpowiedzialny środowiskowo i społecznie sposób [Turczuk i in. 2022]. Trendy waterless i less waste w branży beauty to proekologiczne podejście do pielęgnacji skóry i używanych do niej produktów. Oznacza ono ograniczenie zużycia wody do produkcji kosmetyku, jego opakowania i późniejszego użytkowania [Tataruch i Kucia 2022]. To również unikanie plastiku, sięganie po produkty wielorazowego użytku oraz wybór produktów bezodpadowych [Diaczek i Garduła 2019].

Szampony w kostce, które wpisują się w idee waterless i less waste, to kosmetyki w formie niewielkiej kostki. Są zamiennikiem tradycyjnych szamponów w płynie, w przypadku których na liście składników woda występuje zazwyczaj na pierwszym miejscu, co nie jest korzystne ani dla konsumenta, ani producenta. Z uwagi na wysoką zawartość wody tradycyjne szampony muszą zawierać więcej konserwantów i są mniej skoncentrowane, co sprawia, że trzeba je kupować częściej i są mniej trwałe. W przypadku szamponów w kostce bezwodna formuła umożliwia zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie konserwantów i zbędnych wypełniaczy [Tataruch i Kucia 2022].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Ekologicznej Produkcji Żywności, w.rolkowska@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła

Celem pracy była ocena popularności szamponów w kostce, sposobu postrzegania tych produktów oraz poznanie motywacji i barier ich stosowania przez nabywców kosmetyków. Motywem do podjęcia badań był fakt, że analizy zachowań różnych grup konsumentów wobec innowacyjnych produktów (m.in. takich jak szampony w kostce) prowadzone nawet w małej skali stanowią ważny element uzupełniający i aktualizujący wiedzę na temat akceptowalności tych produktów, co może być wykorzystane w opracowaniu właściwej strategii marketingowej.

Material i metody

Materiał badawczy zebrano z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza ankiety, który opracowano i udostępniono z zastosowaniem aplikacji Google Forms (Microsoft Office). Badania przeprowadzono na przełomie 2023 i 2024 roku wśród 171 osób, które zadeklarowały chęć wypełnienia ankiety. Pytania dotyczyły opinii na temat szamponów w kostce oraz wiedzy na temat tych produktów w kontekście ochrony środowiska. W ankiecie zawarto również pytania metryczkowe (dotyczyły one wieku i płci respondentów). Pytania ankietowe miały formę pytań jednokrotnego bądź wielokrotnego wyboru, a w przypadku 2 pytań zastosowano skalę Likerta (od 1 do 5). Wyniki zestawiono w formie arkusza Excel, a do oceny zebranych danych wykorzystano statystyki opisowe (n i %).

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka grupy badawczej

Ankieta została przeprowadzona wśród 171 osób w różnym wieku, wśród których przeważały osoby młode (41,5% osób w wieku 10–20 lat i 21,6% osób w wieku 21–30 lat) i były to głównie kobiety (76%) (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka demograficzna ankietowanych

Wiek (lata)	%	Liczba kobiet	Liczba mężczyzn
10–20	41,5	46	25
21–30	21,6	25	12
31–40	12,3	21	0
41–50	17,0	26	3
> 50	7,6	12	1

Wiek ankietowanych może wpływać na świadomość ekologiczną i wiedzę dotyczącą różnych aspektów ochrony środowiska [Mamun i in. 2012, Calculli i in. 2021], a co za tym idzie – również na wybory kosmetyków waterless czy też less waste. Z pracy Firek i Dziadkowiec [2020], w której analizowano związek pomiędzy wiekiem ankietowanych a zainteresowaniem kosmetykami naturalnymi, wynika, że ich głównymi nabywcami – obecnymi i potencjalnymi – są osoby młode, dynamiczne, chętnie poszerzające swoją

wiedzę. Może to sugerować, że są one bardziej skłonne wybierać postawy proekologiczne oraz podążać za ekoinnowacyjnymi trendami. Badania Matić i Puh [2016] wykazały natomiast, że kobiety częściej niż mężczyźni decydują się na zakup kosmetyków naturalnych i ekologicznych, ponieważ sądzą, że są one lepsze dla środowiska. Kobiety są też bardziej zainteresowane kwestiami ekologii.

Postrzeganie szamponów w kostce i opinie na temat ich używania

Szampony w kostce pojawiły się na polskim rynku już jakiś czas temu, ale są produkowane w ograniczonych ilościach, ponieważ są rzadko wybierane przez konsumentów. W branży beauty wiele mówi się o ich wydajności i o tym, że są rozwiązaniem bardziej ekonomicznym niż szampony w płynie. Zazwyczaj produkuje się je z naturalnych składników, bez szkodliwych substancji chemicznych. Są przy tym ekologiczne, ponieważ nie są pakowane w plastikowe opakowania [Thakare i in. 2024]. Nasuwa się zatem pytanie, dlaczego zamiast szamponów w kostce, które mają lepszy skład, pozwalają na zmniejszenie ilości produkcji plastiku oraz są bardziej ekonomiczne w użytkowaniu, konsumenci wciąż wybierają tradycyjne produkty.

Wśród osób ankietowanych zaledwie 18,7% zadeklarowało, że kiedyś używało szamponu w kostce, co więcej – tylko 1,2% odpowiedziało, że używa ich regularnie. Tylko 2 osoby podały, że stosują szampony w kostce jedynie w czasie wyjazdu, ponieważ są wygodniejsze i zajmują mniej miejsca w bagażu (tab. 2). Pokazuje to, że mimo rosnącego zainteresowania produktami chroniącymi środowisko szampony w kostce są mało znanym wyborem. Pozytywnie należy ocenić fakt, że 8,2% ankietowanych zamierza używać szamponów w kostce, a 84,2% nie wyklucza, że będzie je stosować.

Tabela 2. Popularność szamponów w kostce wśród ankietowanych

Pytanie	Odpowiedź	n	%
Czy słyszałeś(-łaś) o szamponach w kostce?	Tak	82	47,9
	Nie	89	52,1
Czy widziałeś(-łaś) kiedyś w drogerii szampon w kostce?	Tak	58	33,9
	Nie	36	21,1
	Nie zwróciłem(-łam) uwagi	69	40,3
	Nie chodzę do drogerii	8	4,7
Czy używałeś(-łaś) w przeszłości szamponu w kostce?	Tak	41	18,7
	Nie	130	81,3
Czy używasz obecnie szamponu w kostce?	Tak, używam regularnie	2	1,2
	Tak, ale robię to nieregularnie	6	3,5
	Używam tylko na wyjazdach	2	1,2
	Nie używam	161	94,1
Czy zamierzasz w przyszłości używać szamponu w kostce?	Tak	14	8,2
	Nie	13	7,6
	Nie wykluczam tego, ale obecnie nie wiem	144	84,2
Razem		171	100

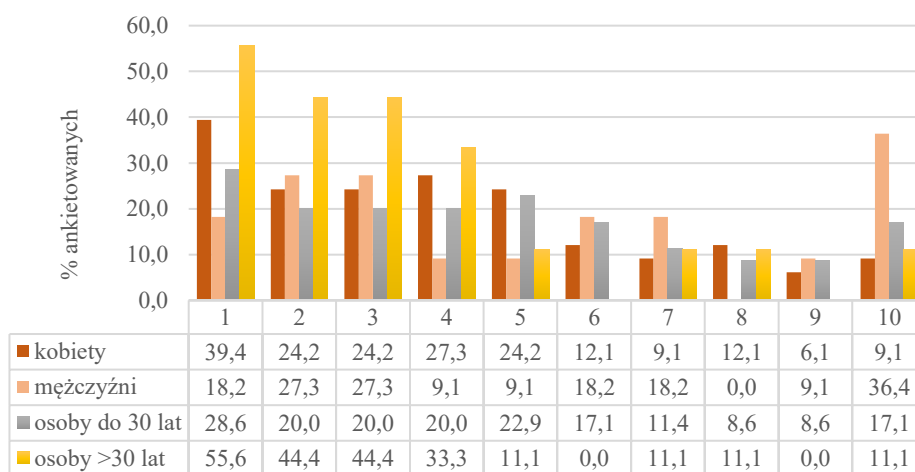
Ankietowani, którzy potwierdzili, że stosowali bądź używają szamponów w kostce, na pytanie, co skłoniło ich do użycia tych produktów, odpowiadali najczęściej (tab. 3), że była to ciekawość (15 odpowiedzi), przy czym kobiety wybierały tę odpowiedź częściej niż mężczyźni (ryc. 1). Jako kolejne motywy ankietowani wskazywali obecność naturalnych składników oraz praktyczną i kompaktową formę (po 11 odpowiedzi), przy czym odpowiedzi takie padły w przypadku 24,2% kobiet i 27,3% mężczyzn. Dla 10 osób ważne były opinie znajomych i rodziny, a dla 9 osób – troska o środowisko. Rzadziej wskazywano modę na nowości (6 odpowiedzi), łatwość stosowania (5 odpowiedzi), przeczytane lub obejrzone w internecie opinie (4 odpowiedzi) oraz reklamę (3 odpowiedzi). Kantor i Hübner [2019] stwierdziły, że wśród powodów, które wpływają na decyzje zakupowe kobiet dotyczące nabywania kosmetyków ekologicznych, najczęściej wymieniane były chęć zmiany (35%) oraz ekologiczne poglądy (29%). Ważne były również otwartość na nowe marki kosmetyków oraz poszukiwanie nowych rozwiązań. Z badań Kaźmierczak i Wcisło-Dziadeckiej [2018] wynika, że 62% kobiet sięgnęło po kosmetyki naturalne za namową znajomej, 58,6% po lekturze artykułu w prasie, a 79,3% po przeczytaniu informacji na blogu internetowym. Ciekawość była powodem zakupu produktów pochodzenia naturalnego u 20,7% respondentek.

Osoby młode (do 30. roku życia) deklarowały, że sięgając po szampony w kostce, kierowały się głównie ciekawością oraz troską o środowisko (odpowiednio 28,6 i 22,9% – ryc. 1). Najmniej istotne były dla nich reklama oraz opinie zamieszczone w internecie (po 8,6%). W przypadku ankietowanych powyżej 30. roku życia reklama oraz moda na nowości nie miały znaczenia (brak wskazań), natomiast przy zamianie tradycyjnych szamponów na szampony w kostce, częściej niż osoby młode, kierowali się opiniami przeczytanymi lub obejrzanymi w internecie (11,1% vs. 8,6%). Najczęstszym wyborem respondentów > 30 lat była ciekawość (odpowiedź tę wskazywali niemal dwukrotnie częściej niż młodzi – 55,6%). Ponad dwukrotnie częściej niż osoby młode starsi kierowali się obecnością naturalnych składników oraz praktycznym i kompaktowym opakowaniem (po 44,4%) i w znacznie większym stopniu ważne były dla nich opinie osób z najbliższego otoczenia (33,3%). Wyniki te świadczą o tym, że osoby starsze mają nieco inne priorytety niż młodzież i w swoich wyborach większą wagę przywiązują do aspektów praktycznych, przy jednoczesnej dużej otwartości na poznawanie nowych produktów.

Tabela 3. Motywy, którymi kierowali się ankietowani, by sięgnąć po szampony w kostce*

Wyszczególnienie	n	%
Ciekawość	15	34,1
Naturalne składniki	11	25,0
Praktyczna i kompaktowa forma	11	25,0
Opinie znajomych/przyjaciół/rodziny	10	22,7
Troska o środowisko	9	20,5
Moda na nowości	6	13,6
Łatwość stosowania	5	11,4
Opinie przeczytane/obejrzone w internecie	4	9,1
Reklama	3	6,8
Inne	7	15,9

* – ankietowani mogli wskazać maks. 3 motywy, a pytanie skierowane było do osób, które kiedykolwiek stosowały szampony w kostce (n = 44)



Objaśnienia: 1 – ciekawość; 2 – naturalne składniki; 3 – praktyczna i kompaktowa forma; 4 – opinie znajomych/przyjaciół/rodziny; 5 – troska o środowisko; 6 – moda na nowości; 7 – łatwość stosowania; 8 – opinie przeczytane/obejrzone w internecie; 9 – reklama; 10 – inne

* – ankietowani mogli wskazać maks. 3 powody, a pytanie skierowane było do osób, które kiedykolwiek stosowały szampony w kostce (n = 44)

Ryc. 1. Rozkład odpowiedzi ankietowanych różnej płci i w różnym wieku na temat motywów sięgnięcia po szampony w kostce*

Respondentów, którzy kiedykolwiek używali szamponów w kostce, poproszono o ocenę (od 1 do 5 pkt) skuteczności działania oraz ogólnych wrażeń związanych z ich stosowaniem. Z danych tabeli 4 wynika, że obydwa te kryteria oceniano najczęściej na 3 pkt, przy czym w przypadku odczuć dotyczących działania szamponów w kostce odpowiedź taką wybrało 50% ankietowanych, a w przypadku ogólnego wrażenia związanego z ich stosowaniem odsetek ten był wyższy i wynosił 54,6%. Blisko 30% respondentów pozytywnie (na 4–5 pkt) oceniło swoje wrażenia dotyczące stosowania szamponów w kostce, a 31,8% przyznało 4–5 pkt za skuteczność ich działania. Na doświadczenia negatywne (1–2 pkt) wskazało odpowiednio 18,2 i 15,9% ankietowanych.

Tabela 4. Subiektywna ocena wrażeń związanych ze stosowaniem szamponów w kostce dokonana przez osoby, które kiedykolwiek ich używały

Oceniane kryterium	Miary statystyczne	Ocena (pkt)					
		1	2	3	4	5	średnio
Ogólne wrażenie związane z używaniem szamponów w kostce	N	6	1	24	6	7	3,16
	%	13,6	2,3	54,6	13,6	15,9	
Odczucia dotyczące skuteczności działania szamponów w kostce	N	4	4	22	7	7	3,20
	%	9,1	9,1	50,0	15,9	15,9	

Ankietowani pytani o powód zaprzestania stosowania szamponów w kostce (tab. 5) odpowiadali, że słabiej się pieniły od tradycyjnych (19 odpowiedzi) i że nie byli zadowoleni z efektów ich działania (9 odpowiedzi). Wśród mankamentów tych produktów wymieniano także to, że są mało wydajne (5 odpowiedzi), że po ich używaniu kondycja włosów pogorszyła się (4 odpowiedzi) oraz że są za drogie (3 odpowiedzi). Na problemy z zakupem szamponów jako przyczynę rezygnacji z używania szamponów w kostce wskazały 2 osoby.

Tabela 5. Przyczyny rezygnacji z używania szamponów w kostce przez ankietowanych*

Przyczyny	Liczba wskazań
Słabo się pieniał	19
Nie byłem(-łam) zadowolony(-a) z działania	9
Mało wydajny	5
Kondycja włosów pogorszyła się	4
Za drogi	3
Miałem(-łam) problemy z zakupem	2
Miał nieprzyjemny zapach	0
Inne	12

* – ankietowani mogli wskazać maksymalnie 3 przyczyny rezygnacji

Zdaniem Yang [2017] intencje zakupowe konsumentów są efektem postrzegania produktu przez pryzmat jego jakości. Natomiast według Kantor i Hübner [2019] nie tylko jakość, ale również skład to cechy, które w istotny sposób kształtują wybory w zakresie nabywania kosmetyków naturalnych. Świadczy o tym fakt, że na te właśnie cechy zwracał uwagę niemal każdy konsument (odpowiednio 94 i 93%). Z badań Turczuk i in. [2022] wynika, że wśród najbardziej istotnych czynników zakupu ekoinnowacyjnych kosmetyków wymieniano skuteczność działania, dopasowanie do rodzaju cery, skóry czy włosów oraz cenę.

Bariery rozwoju rynku szamponów w kostce

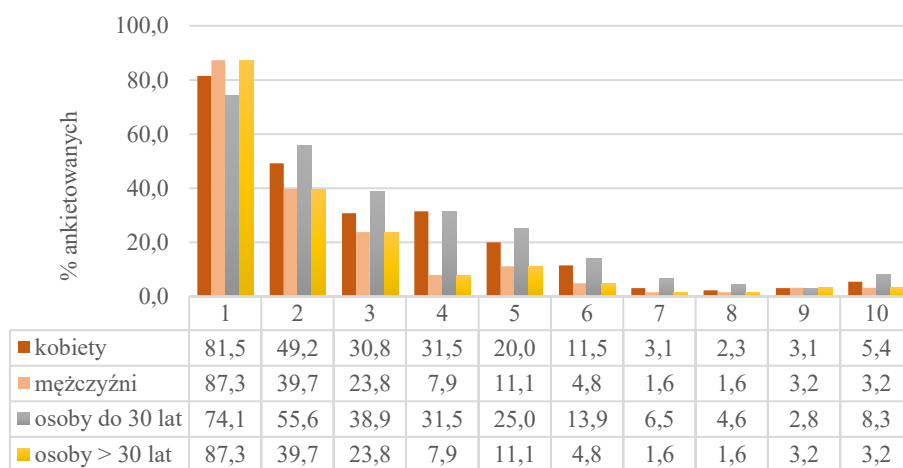
W popularnych drogeriach stacjonarnych wybór szamponów w kostce jest bardzo mały, a niektóre z nich nie posiadają ich w swojej ofercie. Mała dostępność to jedna z wielu barier, które wymieniali ankietowani wśród czynników będących powodem małego zainteresowania kupujących szamponami w kostce (tab. 6). Odpowiedź taką wskazało 57 osób (co stanowiło 33,3%), a w hierarchii ważności znalazła się na 3. miejscu. Znacznie częściej wśród powodów niekupowania szamponu w kostkach respondenci wskazywali, że są to produkty mało znane (78,9%), a konsumenci nie wiedzą, jak ich używać (49,7%). Według 22,8% ankietowanych mały popyt na szampony w kostce związany jest z tym, że słabiej się pienią. Respondenci zwrócili również uwagę na taką kwestię, jak wyższa cena szamponów w kostce w porównaniu z ceną ich tradycyjnych odpowiedników (19,9%). Należy w tym miejscu podkreślić, że kosmetyki bezwodne są często droższe od tradycyjnych, ponieważ technologia potrzebna do ich wyprodukowania i koszt składników bywają wyższe od produkcji standardowej. Jednak ze względu na skoncentrowaną formułę wystarczają na dłużej [Dobos 2019], zatem w ostatecznym rozrachunku ich zakup okazuje się ekonomicznie uzasadniony. Najniżej w hierarchii przyczyn małego zainteresowania szamponami w kostce znalazły się: mniejsza skuteczność działania (10,5%), nieatrakcyjny wygląd (4,7%), słaba wydajność (3,5%) oraz brzydki zapach (2,9%).

Postrzeganie przyczyn małej popularności szamponów w kostce nie różniło się znacząco pomiędzy ankietowanymi kobietami a mężczyznami oraz pomiędzy osobami młodszymi i starszymi (ryc. 2). We wszystkich wymienionych grupach na pierwszym miejscu wskazano, że są to produkty mało znane (w przypadku kobiet i mężczyzn odpowiednio 81,5 i 87,3% oraz w przypadku osób do 30 lat i powyżej 30 lat odpowiednio 74,1 i 87,3%). Na kolejnych miejscach wymieniano brak wiedzy na temat sposobu ich używania, małą dostępność, słabsze pienienie się, wyższą cenę i słabsze działanie. Warto podkreślić, że odpowiedzi te częściej wybierały kobiety niż mężczyźni oraz osoby młodsze w porównaniu ze starszymi, przy czym na słabsze pienienie się kobiety i osoby młodsze zwracały uwagę niemal pięciokrotnie częściej niż mężczyźni i osoby starsze.

Tabela 6. Powody niekupowania szamponów w kostce przez konsumentów w opinii ankietowanych osób*

Powody	n	%
Nie są znane	135	78,9
Ludzie nie wiedzą, jak ich używać	85	49,7
Są mało dostępne	57	33,3
Słabiej się pienią	39	22,8
Są droższe	34	19,9
Gorzej działają	18	10,5
Brzydko wyglądają	8	4,7
Są mało wydajne	6	3,5
Brzydko pachną	5	2,9
Inne	7	4,1

* – ankietowani mogli wskazać maksymalnie 3 powody



Objaśnienia: 1 – nie są znane; 2 – ludzie nie wiedzą, jak ich używać; 3 – są mało dostępne; 4 – słabiej się pienią; 5 – są droższe; 6 – gorzej działają; 7 – brzydko wyglądają; 8 – są mało wydajne; 9 – brzydko pachną; 10 – inne
 * – ankietowani mogli wskazać maksymalnie 3 powody

Ryc. 2. Rozkład odpowiedzi ankietowanych różnej płci i w różnym wieku na temat powodów niekupowania szamponów w kostce przez konsumentów*

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że szampony w kostce wciąż są mało znanym i wybieranym produktem. Głównymi ich nabywcami okazały się kobiety do 30 lat. Ankietowanych do ich stosowania skłoniły ciekawość, naturalny skład oraz praktyczna i kompaktowa forma. Rzadziej ich nabywcy kierowali się reklamą czy opiniami obejrzanymi/przeczytanymi w internecie. Jako powody niekupowania szamponów w kostce najczęściej wymieniano to, że są to produkty nieznane, brak wiedzy na temat sposobu ich używania i to, że są mało dostępne.

Prezentowane wyniki nie pozwalają jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie dotyczące szans rozwoju rynku szamponów w kostce. Jednak w kontekście intensyfikacji trendów ekologicznych w różnych dziedzinach życia i zwiększającej się świadomości ekologicznej można pokusić się o stwierdzenie, że uzyskane wyniki mogą stanowić istotny element podejmowanych działań w zakresie strategii i modeli biznesowych w branży kosmetycznej. Konieczne jest bieżące monitorowanie rynku w celu obserwacji zmieniających się preferencji i zachowań nabywców kosmetyków wobec szamponów w kostkach.

Bibliografia

- Calculli C., D'Uggento A.M., Labarile A., Ribecco N., 2021. Evaluating people's awareness about climate changes and environmental issues: A case study. *J. Clean. Prod.* 324, 129244, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129244>
- Diaček A., Garduła W., 2019. Ekologiczne opakowania w przemyśle kosmetycznym – trend czy realny wzrost świadomości konsumentów? *Zesz. Nauk. Szk. Gł. Gosp. Wiej. Warsz., Ekon. Organ. Logist.* 4(1), 37–50, <https://doi.org/10.22630/EIOL.2019.4.1.4>
- Dobos K., 2019. Formulating on trend: waterless cosmetics, <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/formulas-products/skin-care/article/21835650/sun-chemical-formulating-on-trend-waterless-cosmetics> [data dostępu: 2.03.2024].
- Firek A., Dziadkowiec J.M., 2020. Preferencje i zachowania konsumentów na rynku kosmetyków naturalnych. *Nauki Inż. Technol.* 36, 57–69, <https://doi.org/10.15611/nit.2020.36.03>
- Kamińska M., 2021. Globalne wyzwania ekologiczne. Poszukiwanie umiaru w społeczeństwie konsumpcyjnym. W: E. Zeman-Miszewska, A. Grabowska-Powaga (red.), *Gospodarka światowa w dobie przesilenia. Wybrane zagadnienia i aspekty*. Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, 102–111.
- Kantor A., Hübner R., 2019. Zachowania kobiet na rynku kosmetyków naturalnych. *Stud. Ekon., Zesz. Nauk. Uniw. Ekon. Katow.* 279, 72–95.
- Kaźmierczak A., Weisło-Dziadecka D., 2018. Wpływ świadomości konsumentów na wybór kosmetyków naturalnych. *Aesth. Cosmetol.* 7, 501–503.
- Mamun S.A., Nessa A., Aktar M., Hossain M.R., Saifullah A.S.M., 2012. Perception of environmental education and awareness among mass people: A case study of Tangail district. *J. Environ. Sci. Nat. Resour.* 5(2), 263–266.
- Matić M., Puh B., 2016. Consumers' purchase intentions towards natural cosmetics. *Rev. Cont. Busin. Entrepren. Econ. Iss.* 29(1), 53–64.
- Ślażyńska-Kluczek D., Brzezek M., 2023. Czynniki ESG jako elementy zrównoważonego rozwoju wpływające na postrzeganie przedsiębiorstw przez konsumentów. *Kwart. Nauk Przeds.* 70(4), 73–90.
- Tataruch K., Kucia M., 2022. Przyjazne środowisku kosmetyki waterless. *Manag. Qual.* 4(3), 204–218.

- Thakare N.H., Shirole S.S., Patil U.R., Deo S.D., Yeole R.R., 2024. Review on hair care cosmetic-formulation and evaluation of shampoo bar [solid shampoo]. *Internat. J. Progres. Res. Engin. Manag. Sci.* 4 (1), 519–526.
- Turczuk A., Rydzewska E., Olszewska A.M., 2022. Ekoinnowacyjność przedsiębiorstw branży kosmetycznej jako determinanta wyborów konsumenckich. *Akad. Zarządz.* 6(3), 181–199. <https://doi.org/10.24427/az-2022-0038>
- Wibig J., 2020. Współczesne zmiany klimatu – obserwacje, przyczyny, prognozy. W: K. Prandecki, M. Burchard-Dziubińska (red.), *Zmiana klimatu – skutki dla polskiego społeczeństwa i gospodarki*. Wyd. Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN, Warszawa, 13–46.
- Yang Y.C., 2017. Consumer behavior towards green products. *J. Econ. Busin. Manag.* 5(4), 160–167.

Piotr Stanek^{lib2}, Michał Rapacewicz^{lib1}, Kacper Pofelski^{lib1}, Jakub Iskra^{lib1},
Agnieszka Woźniak^{lib1}, Paweł Żółkiewski^{lib2}

Estetyka i wpływ fotografii kulinarnej na spożycie żywności

Aesthetics and the impact of culinary photography on a food consumption

Wstęp

Fotografia kulinarna to dziedzina, która w ostatnich latach zdobyła ogromną popularność. W dobie mediów społecznościowych, kiedy obrazy jedzenia dominują na Instagramie, Pinterście czy blogach kulinarnych, estetyka fotografii potraw stała się nieodłącznym elementem współczesnej kultury spożywczej. To właśnie wizualna prezentacja żywności często decyduje o naszych wyborach zakupowych i wpływa na nasze postrzeganie smaku.

Celem pracy jest zrozumienie roli estetyki w fotografii kulinarnej oraz jej wpływu na zachowania konsumentów. Analizując literaturę naukową, uwzględniono zarówno podstawy teoretyczne z zakresu percepcji wizualnej, jak i psychologiczne determinanty wyborów zakupowych i konsumpcji żywności. Przedstawiono również ewolucję fotografii kulinarnej, uwzględniając zarówno tradycyjne techniki, jak i współczesne trendy. W kolejnych częściach skupiono się na wpływie estetyki na spożycie żywności, analizując mózgowie reakcje na wizualne bodźce oraz rolę kolorystyki i kompozycji w postrzeganiu smaku potraw, nie zapominając także o etycznych aspektach manipulacji wizualnej oraz poszukiwaniu równowagi między estetyką a autentycznością.

Analiza merytoryczna podjętego tematu

Percepcja wizualna to proces, w którym informacje wizualne są interpretowane przez mózg, co pozwala na zrozumienie i nadanie znaczenia temu, co widzimy. Jest to złożony proces, który rozpoczyna się od detekcji bodźców przez komórki fotoreceptorowe siatkówki, a kończy na zaawansowanej analizie w korze mózgowej. W dziedzinie marketingu analiza percepcji wizualnej ma na celu zgłębienie sposobów, jak różnorodne aspekty wizualne, takie jak barwa, forma, wielkość, a także design opakowania, mogą oddziaływać na konsumenta [Majer i in. 2022]. Decyzje zakupowe są często uwarunkowane przez czynniki psychologiczne, które mogą być świadome lub nieświadome. Badania pokazują, że emocje, doświadczenia, a także indywidualne predyspozycje, takie jak potrzeba nowości czy skłonność do ryzyka, mają wpływ na wybory konsumentów.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Ekologicznej Produkcji Żywności, kapofelski@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia Zwierzęcego

W kontekście żywności takie aspekty, jak smak, zapach, tekstura, a także prezentacja wizualna, mogą znacząco wpływać na decyzje zakupowe i konsumpcyjne [Majer i in. 2022].

Estetyka produktu, czyli jego atrakcyjność wizualna, jest jednym z kluczowych elementów wpływających na preferencje konsumentów. Wizualny aspekt produktu może wywoływać różne emocje i skojarzenia, które z kolei mogą prowadzić do pozytywnych lub negatywnych decyzji zakupowych. Design produktu, jego kolorystyka, a także sposób prezentacji są starannie analizowane przez specjalistów ds. marketingu, aby maksymalizować atrakcyjność oferty dla potencjalnych klientów [Majer i in. 2022].

Warto zwrócić uwagę, że etykietowanie produktów jest obiecującym narzędziem promującym bardziej zrównoważone zachowania konsumenckie poprzez wiarygodne informowanie konsumentów o wydajności produktu pod względem środowiskowym, etycznym lub społecznym. Prace analizujące to zagadnienie dostarczają ważnych informacji na temat wpływu etykietowania na percepcję i zachowania konsumentów, identyfikując istotne zmienne moderujące, które mogą być kategoryzowane jako indywidualne czynniki konsumentów, czynniki kontekstowe w sytuacji zakupu oraz czynniki inherentne w samej etykietce [Majer i in. 2022].

Tradycyjna fotografia kulinarna opierała się na klasycznych zasadach kompozycji oświetlenia, które miały na celu jak najlepsze oddanie tekstury, koloru i kształtu potraw. Fotografowie kulinarni często korzystali z naturalnego światła, aby podkreślić delikatność i świeżość składników. Ważnym elementem była również aranżacja sceny, która wymagała starannego ułożenia elementów na talerzu oraz dobór odpowiednich rekwizytów, aby stworzyć odpowiedni nastrój i kontekst dla dania. W swojej pracy *From apicius to gastroporn: form, function, and ideology in the history of cookery books* Abigail Dennis opisuje, w jaki sposób książki kucharskie ewoluowały od prostych przepisów do bogato ilustrowanych dzieł, które prezentują jedzenie nie tylko jako źródło pożywienia, ale i jako formę sztuki [Dennis 2008].

Współczesna fotografia kulinarna przeszła rewolucję dzięki rozwojowi technologii cyfrowej. Innowacje, takie jak wysokiej jakości aparaty cyfrowe, zaawansowane oprogramowanie do obróbki zdjęć oraz platformy społecznościowe, zmieniły sposób, w jaki fotografujemy i dzielimy się zdjęciami przedstawiającymi jedzenie. Obecnie fotografia kulinarna często wykorzystuje żywe kolory i kreatywne kompozycje, aby przyciągnąć uwagę i wywołać emocjonalną reakcję u widza. Trendy takie jak *food porn* czy *gastroporn* podkreślają sensualność i estetykę potraw, czyniąc z jedzenia obiekt pożądania. Współczesne techniki, takie jak makrofotografia, pozwalają na uchwycenie najdrobniejszych detali, podczas gdy stylizacja i storytelling stają się równie ważne co sama potrawa. Fotografia kulinarna to dziedzina, która ciągle się rozwija i dostosowuje do zmieniających się gustów i trendów. Od tradycyjnych technik po współczesne innowacje fotografia kulinarna pozostaje ważnym narzędziem w komunikacji kulturowej i marketingowej, pozwalając na nowo odkrywać i doceniać piękno oraz smak jedzenia.

Fotografia kulinarna w mediach społecznościowych to nie tylko sposób na dzielenie się osobistymi doświadczeniami kulinarnymi, ale również narzędzie wpływające na decyzje konsumenckie i promocję turystyki kulinarniej. Zgodnie z badaniem przeprowadzonym przez Liu i in. [2013], 91% respondentów wskazało Flickr jako preferowane medium do przesyłania zdjęć przedstawiających jedzenie, podczas gdy 75,9% korzystało z sieci społecznościowych, takich jak Facebook i Twitter, a 47,2% z blogów osobistych i tematycznych. Badanie to ujawniło, że fotografia kulinarna podczas wakacji jest szczególnie popularna – 80,4% respondentów wskazało, że robi zdjęcia jedzenia w czasie urlopu, głównie w celu dzielenia się swoimi doświadczeniami. Calefato, La Fortuna i Scelzi

w swoim artykule *Food-ography: food and new media* podkreślają, że fotografia kulinarna w mediach społecznościowych stała się formą komunikacji semiotycznej, gdzie obrazy jedzenia są używane do wyrażania tożsamości, emocji i wartości. Autorzy zauważają, że fotografia kulinarna może być postrzegana jako forma narracji, która opowiada historię o kulturze, tradycjach i osobistych preferencjach [Calefato i in. 2016]. W kontekście marketingu fotografia kulinarna w mediach społecznościowych jest wykorzystywana do promowania restauracji, produktów spożywczych i destynacji turystycznych. Zdjęcia jedzenia o wysokiej jakości estetycznej przyciągają uwagę użytkowników, zachęcając ich do odwiedzenia różnych miejsc lub wypróbowania nowych produktów. Jest to szczególnie ważne w erze cyfrowej, w której wizualny aspekt komunikacji ma kluczowe znaczenie dla zaangażowania odbiorców. Fotografia kulinarna, często określana jako *food porn*, odgrywa istotną rolę w kształtowaniu nawyków żywieniowych i zachowań konsumentów. W erze cyfrowej obrazy jedzenia są wszechobecne w mediach społecznościowych, książkach kucharskich i reklamach, wpływając na percepcję i decyzje zakupowe konsumentów. W obecnych czasach, kiedy media społecznościowe i nowe technologie dominują w komunikacji, obrazy jedzenia nie są już tylko prostym odzwierciedleniem tego, co spożywamy, ale stały się narzędziem wyrażania tożsamości, emocji i wartości społecznych.

Majer i in. [2022]. w swoim badaniu dotyczącym wpływu wizualnych etykiet zrównoważonego rozwoju na percepcję i zachowanie konsumentów podkreślili, że etykietowanie może mieć pozytywne efekty na zmienne psychologiczne i behawioralne. Zidentyfikowano również ważne zmienne moderujące, które mogą być kategoryzowane jako indywidualne czynniki konsumentów, czynniki kontekstowe w sytuacji zakupu oraz czynniki inherentne w samej etykiecie.

McDonnell analizuje zjawisko *food porn* jako jawne konsumowanie żywności w erze cyfrowej reprodukcji, zauważając, że obrazy jedzenia mogą wywoływać silne emocje i pragnienia, które mogą prowadzić do zwiększonego spożycia żywności [McDonnell 2016].

Cankul, Ari i Okumus w swoich badaniach *The current practices of food and beverage photography and styling in food business* analizują obecne praktyki fotografii i stylizacji jedzenia w biznesie gastronomicznym. Wskazują oni na znaczenie estetyki i prezentacji w promowaniu produktów żywnościowych, co wpływa na percepcję i zachowania konsumentów [Cankul i in. 2021].

Przegląd i konkluzje

Fotografia kulinarna ma bezpośredni wpływ na spożycie żywności. Jest to narzędzie, które może zachęcać do zdrowszych wyborów żywieniowych, ale również może przyczyniać się do nadmiernego spożycia i marnotrawienia żywności. Ważne jest, aby zrozumieć i wykorzystać potencjał fotografii kulinarnej w promowaniu zdrowego odżywiania i zrównoważonego spożycia żywności. Dalsze badania mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia mechanizmów, dzięki którym fotografia kulinarna wpływa na zachowania konsumentów i spożycie żywności. W erze cyfrowej obrazy jedzenia są wszechobecne, dlatego odpowiedzialne wykorzystanie fotografii kulinarnej może odgrywać kluczową rolę w kształtowaniu zdrowych nawyków żywieniowych. Fotografia kulinarna,

będąca częścią kultury wizualnej, niesie ze sobą szereg etycznych i społecznych implikacji. W dobie mediów społecznościowych estetyka jedzenia często przewyższa jego wartość odżywczą, zatem ważne jest, aby zrozumieć konsekwencje tego zjawiska. Estetyzacja żywności w mediach może prowadzić do nierealistycznych oczekiwań wobec jedzenia i jego prezentacji. Taylor i Keating [2018] zwracają uwagę na to, jak *food porn* i inne trendy wizualne mogą wpływać na postrzeganie jedzenia przez społeczeństwo, często pomijając ważne aspekty, takie jak zdrowe odżywianie czy warunki produkcji żywności. Społeczna odpowiedzialność w aspekcie prezentacji potraw obejmuje uczciwe przedstawianie jedzenia, które nie wprowadza w błąd konsumentów. Närvänen i in. [2018] podkreślają znaczenie kreatywności, estetyki i etyki w kampaniach społecznych dotyczących marnowania żywności, co wskazuje na potrzebę odpowiedzialnego podejścia do prezentacji jedzenia w mediach.

Dyskusja nad manipulacją wizualną w fotografii kulinarnej może prowadzić do wniosku, iż ten sposób prezentacji buduje dystans między produktem a jego reprezentacją, co z kolei może wpływać na decyzje konsumenckie i postrzeganie żywności jako jadalnej lub niejadalnej. Tivadar i Luthar [2005] omawiają etykę i estetykę w kontekście jedzenia, zwracając uwagę na to, jak ważne jest znalezienie równowagi między atrakcyjnością wizualną a rzetelnym przekazem o wartościach odżywczych i pochodzeniu produktów.

Etyczne i społeczne aspekty fotografii kulinarnej mają głęboki wpływ na społeczeństwo. Estetyzacja żywności w mediach, choć przyciąga uwagę, może prowadzić do niezdrowych trendów żywieniowych i nieodpowiedzialnego konsumpcjonizmu. Społeczna odpowiedzialność i uczciwość w prezentacji potraw są kluczowe dla utrzymania zaufania konsumentów i promowania zdrowego stylu życia. Odpowiedzialne wykorzystanie fotografii kulinarnej może przyczynić się do kształtowania świadomego podejścia do jedzenia i zrównoważonego rozwoju społecznego.

W niniejszej pracy podjęto próbę kompleksowego zbadania roli fotografii kulinarnej w społeczeństwie, analizując jej wpływ na percepcję, zachowania konsumenckie oraz kulturę jedzenia. Przeanalizowano również etyczne i społeczne aspekty związane z prezentacją żywności w mediach. Poniżej przedstawiono podsumowanie głównych punktów oraz wnioski, które mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych badań i praktyki w tej fascynującej dziedzinie.

Fotografia kulinarna, będąca nieodłącznym elementem współczesnej kultury spożywczej, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu nawyków żywieniowych i zachowań konsumenckich. W dobie mediów społecznościowych, gdzie obrazy jedzenia dominują na platformach, takich jak Instagram, Pinterest czy blogach kulinarnych, estetyka fotografii potraw stała się decydującym czynnikiem wpływającym na nasze wybory zakupowe i postrzeganie smaku. Celem pracy było zrozumienie roli estetyki w fotografii kulinarnej oraz jej wpływu na zachowania konsumentów. Analizując literaturę naukową, autorzy przyjrzeni się zarówno podstawom teoretycznym z zakresu percepcji wizualnej, jak i psychologicznym determinantom wyborów zakupowych i konsumpcji żywności. Przedstawili również ewolucję fotografii kulinarnej, uwzględniając zarówno tradycyjne techniki, jak i współczesne trendy. W pracy skupiono się także na wpływie estetyki na spożycie żywności, analizując mózgowie reakcje na wizualne bodźce oraz rolę kolorystyki i kompozycji w postrzeganiu smaku potraw. Nie zapomniano o etycznych aspektach manipulacji wizualnej oraz poszukiwaniu równowagi między estetyką a autentycznością. Fotografia kulinarna w mediach społecznościowych stała się narzędziem wpływającym na decyzje konsumenckie i promocję turystyki, a także formą komunikacji semiotycznej,

gdzie obrazy jedzenia wyrażają tożsamość, emocje i wartości. Etyczne i społeczne aspekty fotografii kulinarnej, takie jak zagrożenia związane z estetyzacją żywności, społeczna odpowiedzialność w prezentacji potraw oraz dyskusja nad manipulacją wizualną, mają głęboki wpływ na społeczeństwo. Estetyzacja żywności w mediach, choć przyciąga uwagę, może prowadzić do niezdrowych trendów żywieniowych i nieodpowiedzialnego konsumpcjonizmu. Społeczna odpowiedzialność i uczciwość w prezentacji potraw są kluczowe dla utrzymania zaufania konsumentów i promowania zdrowego stylu życia. Właściwe wykorzystanie fotografii kulinarnej może przyczynić się do kształtowania świadomego podejścia do jedzenia i zrównoważonego rozwoju społecznego. Dalsze badania w tej dziedzinie mogą prowadzić do lepszego zrozumienia mechanizmów, w wyniku których fotografia kulinarna wpływa na zachowania konsumenckie i spożycie żywności. Fotografia kulinarna, często określana jako *food porn*, odgrywa istotną rolę w kształtowaniu nawyków żywieniowych i zachowań konsumenckich. W erze cyfrowej obrazy jedzenia są wszechobecne w mediach społecznościowych, książkach kucharskich i reklamach, wpływając na percepcję i decyzje zakupowe konsumentów.

Fotografia kulinarna jest potężnym narzędziem, które może wpływać na zdrowie publiczne, kulturę i gospodarkę. Odpowiedzialne wykorzystanie fotografii kulinarnej może przyczynić się do promowania zdrowego odżywiania, zrównoważonego spożycia żywności oraz świadomego podejścia do jedzenia. Jednakże istnieje potrzeba zwiększenia świadomości na temat potencjalnych negatywnych skutków, takich jak niezdrowe trendy żywieniowe i nieodpowiedzialny konsumpcjonizm.

Dalsze badania powinny skupić się na zrozumieniu mechanizmów, przez które fotografia kulinarna wpływa na zachowania konsumenckie i spożycie żywności. Istotne jest również badanie wpływu mediów społecznościowych na kulturę jedzenia oraz rozwijanie metod oceny etycznych i społecznych aspektów fotografii kulinarnej. W praktyce ważne jest tworzenie i promowanie standardów odpowiedzialnej prezentacji żywności, które będą wspierać zdrowe nawyki żywieniowe i zrównoważony rozwój społeczny.

Podsumowanie

Reasumując, fotografia kulinarna ma niezaprzeczalny wpływ na społeczeństwo i kulturę. Jest to dziedzina, która wymaga dalszych badań, aby w pełni zrozumieć jej potencjał i wyzwania. Odpowiedzialne wykorzystanie fotografii kulinarnej w dzisiejszych cyfrowych czasach może odgrywać kluczową rolę w kształtowaniu zdrowych nawyków żywieniowych i promowaniu zrównoważonego rozwoju społecznego. Co za tym idzie, fotografia kulinarna ma bezpośredni wpływ na spożycie żywności. Jest to narzędzie, które może zachęcać do zdrowszych wyborów żywieniowych, ale również może przyczyniać się do nadmiernego spożycia i marnotrawstwa żywności. Ważne jest, aby zrozumieć i wykorzystać potencjał fotografii kulinarnej w promowaniu zdrowego odżywiania i zrównoważonego spożycia żywności. Dalsze badania mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia mechanizmów, w wyniku których fotografia kulinarna wpływa na zachowania konsumenckie i spożycie żywności.

Bibliografia

- Calefato P., La Fortuna L., Scelzi R., 2016. Food-ography: Food and new media. *Semiotica* 211, 371–388, [https://doi.org/ 10.1515/sem-2016-0087](https://doi.org/10.1515/sem-2016-0087)
- Cankul D., Ari O.P., Okumus B., 2021. The current practices of food and beverage photography and styling in food business. *J. Hosp. Tour. Technol.* 12(2), 287–306, <https://doi.org/10.1108/JHTT-02-2020-0052>
- Dennis A., 2008. From apicius to gastroporn: form, function, and ideology in the history of cookery books. *Stud. Pop. Cult.* 31(1), 1–17, <http://www.jstor.org/stable/44982180>
- Liu B., Norman W.C., Pennington-Gray L., 2013. A flash of culinary tourism: Understanding the influences of online food photography on people's travel planning process on flickr. *Tour. Cult. Comm.* 13(1), 5–18, <https://doi.org/10.3727/109830413X13769180530567>
- Majer J.M., Henscher H.A., Reuber P., Fischer-Kreer D., Fischer D., 2022. The effects of visual sustainability labels on consumer perception and behavior: A systematic review of the empirical literature. *Sust. Prod. Cons.* 33, 1–14, [https://doi.org/ 10.1016/j.spc.2022.06.012](https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.012)
- McDonnell E.M., 2016. Food porn: The conspicuous consumption of food in the age of digital reproduction. In: P. Bradley [ed.], *Food, media and contemporary culture: the edible image*. Palgrave Macmillan UK, pp. 239–265, https://doi.org/10.1057/9781137463234_14
- Närvänen E., Mesiranta N., Sutinen U.-M., Mattila M., 2018. Creativity, aesthetics and ethics of food waste in social media campaigns. *J. Clean. Prod.* 195, 102–110, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.202>
- Taylor N., Keating M., 2018. Contemporary food imagery: food porn and other visual trends. *Comm. Res. Pract.* 4(3), 307–323, <https://doi.org/10.1080/22041451.2018.1482190>
- Tivadar B., Luthar B., 2005. Food, ethics and aesthetics. *Appetite* 44(2), 215–233, <https://doi.org/10.1016/j.appet.2004.10.002>

Analiza zawartości barwników roślinnych w bazylii greckiej (*Ocimum basilicum* var. *minimum*) w zależności od warunków uprawy

Analysis of the plant pigment content of greek basil (*Ocimum basilicum* var. *minimum*)
depending on growing conditions

Wstęp

Bazylia grecka (*Ocimum basilicum* var. *minimum*) należy do rodzaju *Ocimum* i jest jednym z około 150 gatunków bazylii [Hossain i in. 2010], a według innych źródeł jednym z około 200 [Nurzyńska-Wierdak 2012]. Bazylia w uprawie wymaga stanowisk ciepłych i osłoniętych od wiatru (zwłaszcza zimnego), dostatecznie wilgotnych o wystawie południowej. Ze względu na wysokie wymagania dotyczące dostępności do światła, korzystne są dla niej stanowiska w pełni oświetlone. Najlepiej plonuje na glebach żyznych, próchnicznych, utrzymanych w wysokiej kulturze. Gleby powinny być bogate w próchnicę o uregulowanym pH (6,5–7). Bazylię uprawia się na wiele sposobów, zarówno z rozsady produkowanej w szklarni, jak i z siewu bezpośredniego [Nurzyńska-Wierdak 2018].

Bazylia wykorzystywana jest między innymi jako przyprawa do dań mięsnych, pasztetów, sosów, marynat, zup i pomidorów oraz do aromatyzowania konserw. Ma silny korzenny zapach i charakteryzuje się lekko kwaskowatym smakiem [Majkowska-Gadomska i in. 2017]. Bazylia pospolita, której siostrą jest bazylia grecka, to roślina z rodziny jasnotowatych (Lamiaceae) zawierająca wiele substancji bioaktywnych, takich jak: związki polifenolowe (flawonoidy i fenolokwasy), garbniki i olejki eteryczne [Nurzyńska-Wierdak i Zawiaślak 2016]. Ponadto w częściach zielonych bazylii występują chlorofile i karotenoidy. Chlorofile odpowiadają za zieloną barwę i biorą udział w procesie fotosyntezy. Mimo że w przyrodzie występuje ich wiele rodzajów, to w roślinach nasiennych występują tylko dwa z nich – chlorofil a oraz chlorofil b. Ten drugi stanowi około 1/3 chlorofilu a [Strzałka 2005]. Fotosynteza jest procesem, w którym zachodzą reakcje fotochemiczne uzależnione od obecności światła. Aby taka reakcja zaszła, wcześniej musi dojść do absorpcji kwantów promieniowania, do czego z kolei niezbędne są chlorofile i karotenoidy [Puternicki 2010]. Wspomniane karotenoidy nadają barwę żółtą, pomarańczową i czerwoną wielu owocom i kwiatom [Stahl i Sies 2005].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Koło Naukowe „Herba Medica”, marta.stepnik@o2.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Międzywydziałowe Koło Naukowe „Herba Medica”

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Katedra Warzywnictwa i Zielerstwa, Międzywydziałowe Koło Naukowe „Herba Medica”

Wspomagają chlorofil w procesie fotosyntezy poprzez przenoszenie pochłoniętej energii na chlorofil z wydajnością 15-90%. Zabezpieczają barwniki roślinne przed zbyt intensywnym działaniem promieni słonecznych [Bołonkowska i in. 2011]. Warunki panujące w czasie uprawy również mają wpływ na zawartość chlorofilu w bazylii. Niska temperatura w połączeniu z CO₂ wykazuje działanie stresujące roślinę, co negatywnie wpływa na koncentrację barwników. Natomiast wysoka temperatura w połączeniu z podniesionym stężeniem CO₂ przyczynia się do znacznego wzrostu poziomu tych związków w roślinie [Barickman i in. 2021]. W przypadku nawadniania nie zaobserwowano jego wpływu na zawartość chlorofilu [Kalamartzis i in 2020].

Uprawa bazylii jest istotna ze względu na właściwości zdrowotne – głównie antyoksydacyjne [Nurzyńska-Wierdak i Zawiaślak 2016]. Części rośliny, zwłaszcza liście, i przygotowane z nich ekstrakty w przeprowadzonych dotąd testach klinicznych odznaczały się wieloma właściwościami prozdrowotnymi. Badania wykonane na różnych gatunkach bazylii wykazały korzyści nie tylko dla metabolizmu, zdrowia psychicznego, odporności człowieka, ale także przy zapaleniu dziąseł czy próchnicy. Potwierdzono również korzystne działanie bazylii na prawidłowe funkcjonowanie skóry. Nie odnotowano żadnych skutków ubocznych podczas podawania tej rośliny i jej przetworów u ludzi, natomiast długotrwałe skutki stosowania zarówno ziela, jak i jego ekstraktów muszą być jeszcze dokładnie sprawdzone. Bazylię wprowadza się do diety między innymi jako element wspomagający leczenie cukrzycy i zespołu metabolicznego – oczywiście przy uwzględnieniu stanu organizmu chorego [Singletary 2018]. Spożywanie bazylii niesie ze sobą szereg korzyści zdrowotnych, co związane jest z obecnością m.in. chlorofilu i karotenoidów w tej roślinie. Aby dostarczyć chlorofilu organizmowi, człowiek powinien spożywać owoce, warzywa i wszystkie zielone części roślin. Chlorofil cechuje się właściwościami przeciwutleniającymi, antymutagennymi, antygenotoksycznymi, przeciwnowotworowymi oraz antyobesogennymi [Martins i in. 2023]. Karotenoidy są również istotne. Ich brak w organizmie może potencjalnie prowadzić do śmierci. Przypisuje się im bioochronną funkcję w ciele człowieka. W rezultacie stosowane są w profilaktyce wielu chorób [Muszyńska i in. 2016]. Klasyfikowane są jako antyoksydanty prewencyjne i antyoksydanty interwencyjne [Igielska-Kalwat i in. 2013]. Po spożyciu pokarmu zawierającego karotenoidy trafiają one do jelit, skąd są wchłaniane i transportowane do różnych tkanek dzięki lipoproteinom [Scarmo i in. 2010]. W roślinach z rodzaju *Ocimum* wykryto karotenoidy, takie jak: beta-karoten, luteinę czy zeaksantynę [Kopsell i in 2005]. Związki te mają wiele właściwości prozdrowotnych i stosuje się je między innymi w leczeniu choroby wieńcowej, niektórych nowotworów, a także miażdżycy tętnic. Są popularne w przemyśle kosmetycznym [Muszyńska i in. 2016].

Ze względu na istotność bazylii dla zdrowia podjęto się określenia zawartości barwników roślinnych oraz oznaczenia suchej masy w bazylii greckiej (*Ocimum basilicum* var. *minimum*), w zależności od dwóch zmiennych – miejsca uprawy (tunel, szklarnia, pole) i wielkości doniczki (9, 10 i 11 cm).

Material i metody

W przeprowadzonym doświadczeniu wykonano siew nasion do wielodoniczek, z których następnie pikowano rośliny do pojemników docelowych. Materiał roślinny stanowiła grecka odmiana bazylii (*Ocimum basilicum* var. *minimum*), której nasiona zostały

wysiane do skrzynek wypełnionych torfem – na trzy tygodnie przed wykonaniem analiz. Po ukorzenieniu rośliny przepikowano do doniczek o zróżnicowanej średnicy – kolejno 9, 10 i 11 cm, a następnie umieszczono w odpowiednich lokacjach. Realizacja doświadczenia miała miejsce na terenie Gospodarstwa Doświadczalnego „Felin” Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. W celu uzupełnienia składników niezbędnych do prawidłowego wzrostu roślin zastosowano 0,2% Florovit w postaci oprysku. Nasiona bazylii greckiej pozyskano od firmy „W. Legutko”. W ciągu 3 tygodni część bazylii rosła w tunelu pokrytym folią, część w szklarni, a część w polu, gdzie rośliny zabezpieczono agrowłókniną.

Pozyskane próbki poddano odpowiednim procedurom, które miały na celu oznaczenie: suchej masy – metodą suszarkową, oraz zawartości barwników roślinnych (takich jak chlorofil a, chlorofil b oraz karotenoidy) – które natomiast oznaczone zostały przy użyciu metody spektrofotometrycznej. Część otrzymanego materiału roślinnego przeznaczono na określenie suchej masy. W tym celu bazylię rozdrobniono i przełożono w odpowiedniej ilości (0,5 lub 1 g) do wcześniej przygotowanych, ważonych naczynek. Gotowe naważki umieszczono w suszarce termicznej w temperaturze 105°C i przetrzymywano je w tych warunkach do ustabilizowania masy. Oznaczenie chlorofilu wykonane zostało metodą spektrofotometryczną. Wykorzystano 0,5 g surowca bazylii. Materiał roślinny poddano ekstrakcji 80% acetonem. Absorbancję mierzono przy trzech długościach fali $\lambda = 470, 663$ i 645 . Chlorofile (a, b) i karotenoidy przeliczone zostały według poniższych wzorów:

$$c_a (\mu\text{g/ml}) = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8}$$

$$c_b (\mu\text{g/ml}) = 21,50 A_{646,8} - 5,10 A_{663,2}$$

$$c_{(x+c)} (\mu\text{g/ml}) = (1000 A_{470} - 1,82c_a - 85,02c_b) / 198$$

gdzie:

c_a – chlorofil a,

c_b – chlorofil b,

$c_{(x+c)}$ – suma karotenoidów.

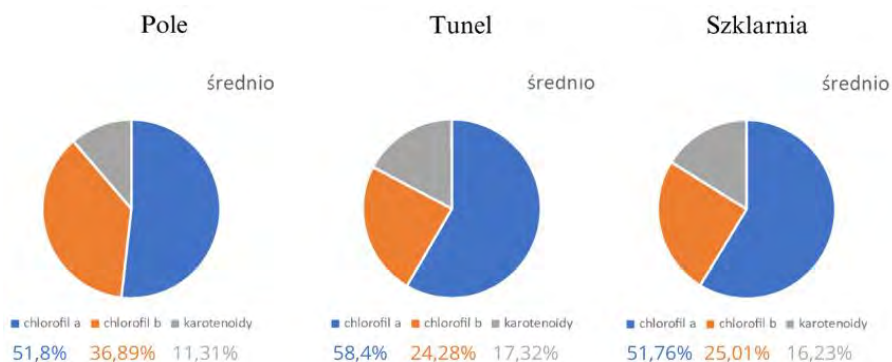
Wzory zaczerpnięto z monografii dotyczącej badania spektrofotometrycznego karotenoidów i chlorofilu [Lichtenthaler i Buschmann 2001].

Wyniki

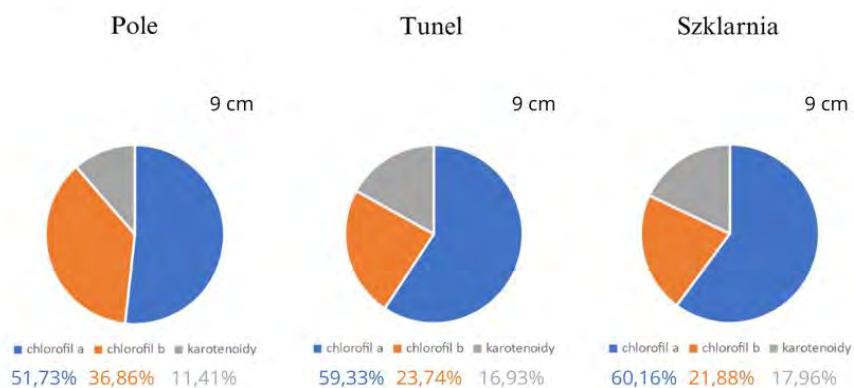
Przeprowadzone badanie wykazało, że czynniki składające się na warunki uprawy – stanowisko, temperatura, a także dostępność do światła i wody, znacząco wpływają na zawartość barwników roślinnych oraz suchej masy.

Tabela 1. Zawartość poszczególnych barwników roślinnych (jednostka – mg/100 g)
w bazylii greckiej

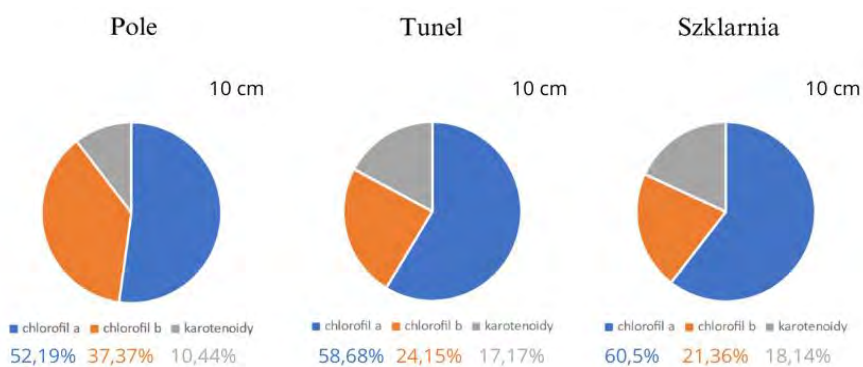
Miejsce	Rozmiar doniczki	Chlorofil a	Chlorofil b	Chlorofile a + b	Karotenoidy
Pole	9 cm	53,87	38,38	92,25	11,87
	10 cm	62,54	44,78	107,32	12,50
	11 cm	61,50	43,52	105,02	14,50
	Średnio	59,30	42,23	101,53	12,95
Tunel	9 cm	68,89	27,57	96,46	19,66
	10 cm	60,32	24,82	85,14	17,65
	11 cm	56,76	24,88	81,64	17,75
	Średnio	61,99	25,76	87,75	18,35
Szklnia	9 cm	74,05	26,93	100,98	22,11
	10 cm	73,09	25,81	98,90	21,91
	11 cm	80,41	44,45	124,86	18,51
	Średnio	75,85	32,40	108,25	20,84
Średnio	9 cm	65,60	30,96	96,56	17,88
	10 cm	65,32	31,81	97,12	17,35
	11 cm	66,22	37,62	103,84	16,92



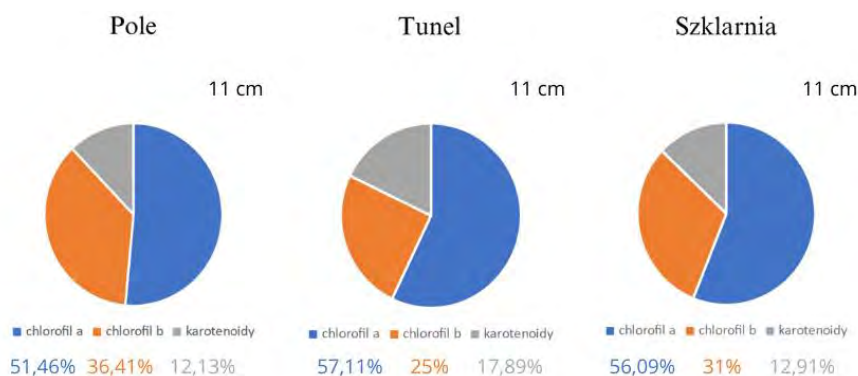
Ryc. 1. Średnia zawartość poszczególnych barwników roślinnych w bazylii greckiej



Ryc. 2. Zawartość poszczególnych barwników roślinnych w bazylii greckiej w doniczkach o wielkości 9 cm



Ryc. 3. Zawartość poszczególnych barwników roślinnych w bazylii greckiej w doniczkach o wielkości 10 cm



Ryc. 4. Zawartość poszczególnych barwników roślinnych w bazylii greckiej w doniczkach o wielkości 11 cm

Tabela 2. Zawartość suchej masy w 100 g suchego surowca bazylii greckiej

Miejsce uprawy	Rozmiar doniczki	% wody na 100 g s.s.	Średnia
Pole	9 cm	16,18	16,50
	10 cm	16,55	
	11 cm	16,77	
Szkłarnia	9 cm	7,71	7,95
	10 cm	8,04	
	11 cm	8,11	
Tunel	9 cm	8,49	9,40
	10 cm	10,56	
	11 cm	9,16	

Wnioski i dyskusja

Najwyższy odsetek wody na 100 g suchego surowca oznaczono w bazylii pozyskanej z pola, rosnącej w doniczkach o średnicy 11 cm. Podobnie w przypadku uprawy szklarniowej – największą procentową zawartość wody zaobserwowano dla roślin pochodzących z doniczek o średnicy 11 cm. W przypadku uprawy tunelowej były to nieco mniejsze doniczki – o przekroju 10 cm. Najniższy odsetek wody na 100 g suchego su-

rowca w przypadku wszystkich trzech form uprawy oznaczono w bazylii rosnącej w doniczkach o średnicy 9 cm. Przy czym szczególnie niską zawartością wody odznaczały się rośliny uzyskane z uprawy szklarniowej (tab. 2).

Najkorzystniejszą formą uprawy okazała się szklarniowa, stwierdzono w niej najwyższą koncentrację oznaczanych barwników roślinnych (tab. 1). Porównując zawartość barwników w bazylii greckiej w zależności od wielkości doniczek, z których pozyskano rośliny, można jednoznacznie stwierdzić, że najwyższą zawartość chlorofilu a i b wykryto w roślinach pozyskanych z doniczek o średnicy 11 cm (ryc. 4). Najniższą zawartością chlorofilu a i b odznaczały się natomiast rośliny pozyskane z doniczek o średnicy 9 cm (ryc. 2). W przypadku karotenoidów zaś najwyższa wartość została oznaczona w bazylii z doniczek 9, a najniższa z doniczek 11 (tab. 1; ryc. 2–4). Można zatem założyć, iż proporcja między karotenoidami a chlorofilami była odwrotnie proporcjonalna. Uśrednione wyniki dotyczące każdej średnicy doniczek wskazują na najwyższą ilość chlorofilu a i karotenoidów w uprawie tunelowej, natomiast chlorofilu b w uprawie polowej (ryc. 1).

W 2021 r. badacze z Uniwersytetu w Zagrzebiu porównywali między innymi uprawę trzech odmian bazylii w warunkach polowych oraz w uprawie hydroponicznej. Doświadczenie można zatem traktować jako porównanie zawartości barwników roślinnych podczas uprawy w warunkach bardziej i mniej kontrolowanych. Najwyższe wartości tych barwników uzyskano w uprawie hydroponicznej, czyli w warunkach bardziej kontrolowanych [Žlabur i in. 2021].

Podsumowanie

Dane zaczerpnięte z powyższego badania, jak i z doświadczenia opisywanego w niniejszej pracy jednoznacznie pokazują, że w przypadku barwników roślinnych istnieje wyraźna tendencja do otrzymywania wyższych wartości w kontrolowanych warunkach uprawy.

Bibliografia

- Barickman T.C., Olorunwa O.J., Sehgal A., Walne C.H., Reddy K.R., Gao W., 2021. Yield, physiological performance, and phytochemistry of basil (*Ocimum basilicum* L.) under temperature stress and elevated CO₂ concentrations. *Plants* (Basel, Switzerland) 10(6), 1072, <https://doi.org/10.3390/plants10061072>
- Bołonkowska O., Pietrosiuk A., Sykłowska-Baranek K., 2011. Roślinne związki barwne, ich właściwości biologiczne oraz możliwości wytwarzania w kulturach in vitro. *Prospect. Pharm. Sci.* 9(1), 1–27, <https://doi.org/10.56782/pps.83>
- Hossain M.A., Kabir M.J., Salehuddin S.M., Rahman S.M., Das A.K., Singha S.K., Alam M.K., Rahman A., 2010. Antibacterial properties of essential oils and methanol extracts of sweet basil *Ocimum basilicum* occurring in Bangladesh. *Pharm. Biol.* 48, 504–511, <https://doi.org/10.3109/13880200903190977>
- Igielska-Kalwat J., Gościńska J., Nowak I., 2013. Antyoksydacyjne właściwości karotenoidów. *Kosmet. Kosmetol.* 96, 3–4, <https://doi.org/10.5604/17322693.1148335>
- Kalamartzis I., Menexes G., Georgiou P., Dordas C., 2020. Effect of water stress on the physiological characteristics of five basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivars. *Agronomy* 10(7), 1029, <https://doi.org/10.3390/agronomy10071029>

- Kopsell D.A., Kopsell D.E., Curran-Celentano J., 2005. Carotenoid and chlorophyll pigments in sweet basil grown in the field and greenhouse. *HortScience* 40(5), 1230–1233, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.5.1230>
- Lichtenthaler H.K., Buschmann C., 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Curr. Protoc. Food Anal. Chem.* 1(1), F4–3, <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01>
- Martins T., Barros A.N., Rosa E., Antunes L., 2023. Enhancing health benefits through chlorophylls and chlorophyll-rich agro-food: A comprehensive review. *Molecules* 28(14), 5344, <https://doi.org/10.3390/molecules28145344>
- Muszyńska B., Mastej M., Sułkowska-Ziaja K., 2016. Karotenoidy rola biologiczna i występowanie w owocnikach grzybów. *Med. Int. Rev.* 27(107), 113–122.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2012. *Ocimum basilicum* L. – wartościowa roślina przyprawowa, lecznicza i olejkodajna. Praca przeglądowa. *Annales UMCS, sec. EEE, Horticultura* 22(1), 20–30.
- Nurzyńska-Wierdak R., Zawiaślak G., 2016. Substancje bioaktywne oraz aktywność antyoksydacyjna bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.) i melisy lekarskiej (*Melissa officinalis* L.). *Ann. Hortic.* 26(4), 43–51.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2018. Bazylija pospolita. W: B. Kołodziej (red.), *Uprawa ziół: poradnik plantatora*. PWRiL, Warszawa, 128–133.
- Majkowska-Gadomska J., Kulczycka A., Mikulewicz E., Dobrowolski A., 2017. Wybrane cechy fitometryczne bazylii pospolitej uprawianej w doniczkach o różnej objętości podłoża. *Acta Agrophys.* 24(2), 278–288.
- Puternicki A., 2010. Zastosowanie półprzewodnikowych źródeł światła do wspomagania wzrostu roślin. *Pr. Inst. Elektrotech.* (245), 69–86.
- Singletary K.W., 2018. Basil: A brief summary of potential health benefits. *Nutr. Today* 53(2), 92–97, <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000267>
- Scarmo S., Cartmel B., Lin H., Leffell D.J., Welch E., Bhosale P., Bernstein P.S., Mayne S.T., 2010. Significant correlations of dermal total carotenoids and dermal lycopene with their respective plasma levels in healthy adults. *Arch. Biochem. Biophys.* 504(1), 34–39, <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.07.004>
- Stahl W., Sies H., 2005. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochim. Biophys. Acta* 1740, 101–107, <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2004.12.006>
- Strzałka K., 2005. Przemiany związków organicznych i energii u roślin. Fotosynteza i chemosynteza. Budowa i funkcja błon fotosyntetycznych. W: J. Kopcewicz i S. Lewak (red.), *Fizjologia roślin*. PWN, Warszawa, 278–291.
- Žlabur J.Š., Opačić N., Žutić I., Voća S., Pošteć M., Radman S., Benko B., Uher S.F., 2021. Valorization of nutritional potential and specialized metabolites of basil cultivars depending on cultivation method. *Agronomy* 11, 1048, <https://doi.org/10.3390/agronomy11061048>

Badania zrealizowane w ramach projektu Studenckie Koła Naukowe Tworzą Innowacje pt. „Optymalizacja metod uprawy pojemnikowej oraz oznaczenie zawartości substancji bioaktywnych w wybranych roślinach zielarskich” (SKN/SP/569569/2023) w okresie od 28.04.2023 roku do 30.09.2023 roku, finansowanego przez Ministerstwo Edukacji Naukowej.

Aktywność biologiczna fermentowanego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.)

Biological activity of fermented wild garlic (*Allium ursinum* L.) extract

Wstęp

Zastosowanie roślinnych substancji leczniczych w celu zwalczania różnorodnych dolegliwości oraz łagodzenia objawów i zaburzeń nie jest zjawiskiem nowym, lecz ma swoje korzenie w odległej przeszłości. Ludzie od najdawniejszych czasów poszukiwali sposobów na pozyskanie pożywienia i złagodzenie bólu, rozwijając umiejętność rozpoznawania roślin o potencjalnych właściwościach leczniczych. Wraz z postępem wiedzy na temat leczenia nowych schorzeń rosła także liczba preparatów pochodzenia roślinnego. Współczesny przemysł farmaceutyczny, opierając się na osiągnięciach technologicznych, często sięga po tradycyjne praktyki i zgromadzoną dotychczas wiedzę w procesie tworzenia, udoskonalania i produkcji leków. Ten nieustanny proces przynosi nowe odkrycia i zastosowania, które mogą być pomocne w leczeniu i profilaktyce różnych chorób. Mimo olbrzymiego postępu w nowoczesnym systemie medycznym i nieustannego rozwoju medycyny nadal terapia wielu chorób, takich jak nowotwory czy infekcje bakteryjne, pozostaje wyzwaniem. Rośliny lecznicze stanowią naturalne źródło substancji użytecznych przy tworzeniu nowych leków. Posiadają one właściwości farmakologiczne dzięki obecności metabolitów o aktywności biologicznej. Te naturalne środki lecznicze są powszechnie stosowane w przypadku takich dolegliwości, jak przeziębienia, alergie, problemy żołądkowe czy bóle zęba. Wiele roślin wykazuje również aktywność antyoksydacyjną oraz przeciwdrobnoustrojową. Ponadto substancje zawarte w roślinach mogą zmniejszać ryzyko wystąpienia wielu chorób, w tym chorób serca, cukrzycy, chorób neurodegeneracyjnych, nowotworów czy chorób wątroby [Hosseinzadeh i in. 2015].

Czosnek niedźwiedzi (*Allium ursinum* L.), należący do roślin leczniczych, został uznany za istotne źródło biologicznie aktywnych związków, posiadających długą historię zastosowań w medycynie tradycyjnej w leczeniu zaburzeń żołądkowo-jelitowych, sercowo-naczyniowych oraz układu oddechowego. Najistotniejszymi składnikami chemicznymi czosnku niedźwiedziego o działaniu farmakologicznym są niewątpliwie związki siarki; wśród najczęściej spotykanych znajdują się peptydy glutaminowe i sulfiny, które stanowią jednocześnie przedmiot intensywnych badań w tej grupie roślin. Gatunki *Allium* charakteryzują się wysoką zawartością sulfotlenków S-alk(en)yl-l-cysteiny, które po hydrolizie przekształcają się w różnorodne związki lotne, w tym tiosulfoniany i polisulfidy, odpowiadające za charakterystyczny zapach i smak tej rośliny [Sobolewska i in. 2015]. Poza związkami zawierającymi siarkę *A. ursinum* jest także bogatym źródłem

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów BIOM, angelikasliwka1@wp.pl

związków fenolowych. Jednakże warto zaznaczyć, że metoda ekstrakcji może istotnie wpłynąć na poziom wyizolowanych związków aktywnych. W liściach można wykryć wolne formy kwasów ferulowego i wanilinowego oraz związane formy kwasu p-kumarowego, ferulowego i wanilinowego, natomiast w cebulach wolny kwas ferulowy, p-hydroksybenzoesowy i wanilinowy oraz związane formy kwasu p-kumarowego i ferulowego [Djurdjevic i in. 2004].

Fermentacja jest technologią, która przekształca surowce roślinne przy użyciu kultur bakterii kwasu mlekowego (*Lactid acid bacteria*, LAB) za pomocą działania enzymów pochodzących od mikroorganizmów. Ten proces prowadzi do ulepszenia właściwości surowca poprzez generowanie i zwiększanie ekstrakcji substancji bioaktywnych. Dotychczasowe badania wykazały, że technologię fermentacji mlekowej można zastosować do wzmocnienia korzystnych właściwości i zawartości związków bioaktywnych w ekstraktach pochodzących z roślin leczniczych. Proces fermentacji mlekowej wpływa na parametry fizykochemiczne matrycy roślinnej, obniżając pH i zwiększając kwasowość w otrzymanym ekstrakcie z fermentowanych roślin. Analizy biochemiczne zawartości flawonoidów, tanin oraz polifenoli w ekstraktach z fermentowanych roślin wykazały, że fermentacja przy użyciu LAB zwiększa ogólną zawartość związków fenolowych oraz flawonoidów i tanin w porównaniu z poziomami tych związków przed fermentacją [Gadhoumi i in. 2022].

Temat wykorzystania fermentacji w połączeniu z ekstrakcją związków bioaktywnych z roślin leczniczych jest szczególnie interesujący, gdyż pomimo obiecujących perspektyw liczba badań i publikacji na ten temat jest wciąż ograniczona. Dlatego warto bliżej przyjrzeć się tej tematyce, ponieważ może ona mieć istotne znaczenie dla dalszego wykorzystania potencjału roślin leczniczych oraz cennych składników w nich zawartych do produkcji żywności funkcjonalnej, suplementów oraz środków terapeutycznych.

Celem przeprowadzonych badań było określenie potencjału przeciwnowotworowego, przeciwdrobnoustrojowego i antyoksydacyjnego fermentowanego ekstraktu roślinnego pochodzącego z czosnku niedźwiedziego.

Material i metody

Materiał do badań stanowiły komercyjnie dostępne wysuszone liście czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.).

Do fermentacji ekstraktu roślinnego wykorzystano izolat *Lactiplantibacillus plantarum* A24 wyizolowany z fermentowanego kalafiora z kolekcji Katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Pozyskanie fermentowanego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.)

W celu pozyskania fermentowanego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego zmielono wysuszony materiał roślinny w młynku elektrycznym. Do jednorodnego proszku roślinnego w ilości 5 g dodano 50 ml sterylnej wody destylowanej oraz 200 µl zawiesiny bakterii *Lactiplantibacillus plantarum* o gęstości 0,5 w skali McFarlanda, zmierzonej spektrofotometrycznie przy długości fali 600 nm (A600). Następnie próbki inkubowano w kolbkach fermentacyjnych, w wytrząsarce przez 72 godziny w temperaturze pokojowej (20–25°C), zapewniając warunki tlenowe i stałe wytrząsanie z częstotliwością 150 rpm.

Proces fermentacji potwierdzono przez zaobserwowanie wydzielających się pęcherzyków dwutlenku węgla (CO_2). Po określonym czasie pozyskany ekstrakt przefiltrowano, używając filtra miracloth i poddano wirowaniu przez 10 min przy 9000 rpm. Dla uzyskania klarownego przesącza ekstrakt dodatkowo został ponownie przesączony przez bibułę filtracyjną. Kolejnym etapem było odparowanie przesącza w wirówce próżniowej w celu usunięcia rozpuszczalnika i uzyskania składników bioaktywnych w fazie stałej, przy użyciu parametrów: temperatura 40°C , ciśnienie 10 mbar oraz prędkość wirowania wynosząca 1400 rpm.

Oznaczenie całkowitej zawartości związków fenolowych metodą Folina-Ciocalteua

Zastosowano metodę Folina-Ciocalteua opisaną przez Matenge i in. [2017], która pozwala na oznaczenie całkowitej zawartości związków fenolowych w próbce. Związki te ulegają utlenieniu, podczas gdy kompleks fosfowolframianowo-fosfomolibdenowy, wchodzący w skład odczynnika Folina, ulega redukcji, w wyniku czego powstający produkt w środowisku zasadowym przybiera barwę niebieską.

W celu analizy całkowitej zawartości związków fenolowych użyto 200 μl klarownego ekstraktu o stężeniu 10 mg/ml, który został odtworzony w sterylnym roztworze NaCl po uprzednim odparowaniu ekstraktów po ekstrakcji. Następnie zmieszano z 400 μl 10% odczynnika Folina-Ciocalteua i zworteksowano. Kolejnym krokiem było dodanie 800 μl 0,7 M węglanu sodu i ponowne poddanie worteksowaniu. Po upływie 30 min wykonany został pomiar absorbancji przy długości fali 735 nm za pomocą spektrofotometru UV-VIS. Każdą próbkę analizowano w trzech powtórzeniach. Jako wzorzec w analizie został użyty kwas galusowy, dla którego sporządzono krzywą wzorcową i na tej podstawie obliczono zawartość związków fenolowych w badanych próbkach.

Oznaczenie właściwości antyoksydacyjnych metodą FRAP

Metoda FRAP (*ferric reducing antioxidant power*) opisaną przez Benzie i Strain [1996] polega na redukcji jonu żelazowego (Fe^{3+}) przez potencjalny przeciwutleniacz do jonu żelazowego (Fe^{2+}) tworzącego niebieski kompleks z TPTZ zawartym w odczynniku FRAP. Na odczynnik FRAP składa się mieszanina buforu octanowego (300 mM, pH 3,6), roztworu 10 mM TPTZ (2,4,6-tris(2-pirydylo)-s-triazyna) w 40 mM HCl oraz 20 mM FeCl_3 w stosunku 10:1:1 (v:v:v).

Test przeprowadzono na płytce wielodołkowej, na którą naniesiono w trzech powtórzeniach po 50 μl fermentowanego ekstraktu o stężeniu 10 mg/ml oraz 150 μl odczynnika FRAP. Po zmieszaniu i inkubacji trwającej 5 min w temp. 25°C zmierzona została absorbancja przy długości fali 593 nm wobec ślepej próby, która zawierała wodę zamiast próbki badanej. W celu oceny stężenia jonów Fe^{2+} odniesiono się do sporządzonej krzywej wzorcowej zawierającej znane stężenia roztworu FeSO_4 (0,005; 0,01; 0,02; 0,05 i 0,1 mg/ml).

Ocena aktywności przeciwdrobnoustrojowej ekstraktu przy użyciu metody dyfuzyjno-krążkowej

W badaniu aktywności przeciwbakteryjnej ekstraktu roślinnego wykorzystano cztery szczepy bakterii oportunistycznych pochodzących z kolekcji katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywności Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* – zaliczane do bakterii Gram-dodatnich, oraz

Escherichia coli i *Salmonella enterica* – zaliczane do bakterii Gram-ujemnych. Natomiast do oceny aktywności przeciwrzybiczej zastosowano grzyby tj. *Aspergillus niger* i *Candida parapsilosis*. Pierwszym etapem tego badania było zaszczepienie podłoż agarowych (dla grzybów – agar dekstrozowy Sabourauda, dla bakterii – agar Mueller-Hinton) przygotowanymi zawiesinami mikroorganizmów (OD₆₀₀ ok. 0,45) w objętości po 100 µl, które rozprowadzono sterylną głaszczką. Następnie na powierzchni mikroorganizmów na płytkach Petriego umieszczono sterylne krążki bibułowe, a na nie naniesiono fermentowany ekstrakt z czosnku w objętości 10 µl w końcowym stężeniu 100 mg/ml. Ekstrakt ten wcześniej przepuszczono przez filtr strzykawkowy (Millipore 0,22 µm) w celu zachowania sterylności. Jako kontrola pozytywna dla bakterii posłużył antybiotyk ampicylina o stężeniu 10 µg, dla grzybów nystatyna o stężeniu 1000 U/ml, natomiast jako negatywna roztwór 0,9% NaCl. Płytki z bakteriami poddano inkubacji w temp. 37°C przez 24 godziny, a płytki z grzybami w temp. 28°C przez 48 godzin i po danym czasie określono strefy zahamowania wzrostu drobnoustrojów wokół krążków.

Aktywność przeciwnowotworowa ekstraktu określona za pomocą testu MTT

Do określenia wpływu fermentowanego ekstraktu na proliferację komórek nowotworowych posłużył test MTT (bromek 3-[4,5-dimetylotiazol-2-yl]-2,5-difenylo-tetrazoliowy), który opiera się na konwersji MTT w kryształ formazanu przez żywe komórki. W doświadczeniu wykorzystano ludzkie nabłonkowe komórki gruczolakoraka okrężnicy linii Caco-2 w celu określenia aktywności przeciwnowotworowej ekstraktu oraz komórki prawidłowe jelita linii CCD 841 CoTr, aby sprawdzić bezpieczeństwo stosowania ekstraktu.

Na 96-dółkowe mikropłytki posiano komórki w ilości 5×10^4 na dółek w 100 µl podłoża hodowlanego (RPMI z 10% FBS). Hodowle komórkowe poddano inkubacji przez 24 h w temp. 37°C przy 5% CO₂, a następnie odrzucono pożywkę z hodowli i dodano świeżą (RPMI z 2% FBS) zawierającą badany ekstrakt w stężeniach: 50, 100, 200 i 300 µg/ml, każde stężenie w trzech powtórzeniach. Jako kontrolę wykorzystano próbki bez dodatku substancji badanej, a jako kontrolę tła medium bez komórek. Inkubację komórek z ekstraktami prowadzono przez 48 h w temp. 37°C i 5% CO₂. Kolejnym etapem było dodanie do każdego dołka po 10 µl świeżo przygotowanego roztworu MTT (5 mg/ml w PBS). Po ponownej inkubacji (37°C, 5% CO₂) trwającej 3 h do każdej studzienki wprowadzono po 100 µl roztworu solubilizacyjnego (10% SDS w 0,01 N HCl) w celu zatrzymania zachodzącej reakcji i rozpuszczenia powstających kryształów formazanu. Próbkę poddano inkubacji, a następnie oznaczono absorbancję spektrofotometrycznie przy długości fali 570 nm i 680 nm, używając czytnika mikropłytek Varioskan LUX po 2 h oraz po 24 h inkubacji (37°C, 5% CO₂). Ilość powstającego formazanu była wprost proporcjonalna do liczby komórek żywych. W celu sprawdzenia istotności wyników przeprowadzono analizę statystyczną za pomocą testu t-studenta, odnosząc się do próbek kontrolnych (100% żywotności). Za istotne statystycznie uznano wyniki, których wartość p była mniejsza niż 0,5.

Wyniki i dyskusja

Zawartość związków fenolowych

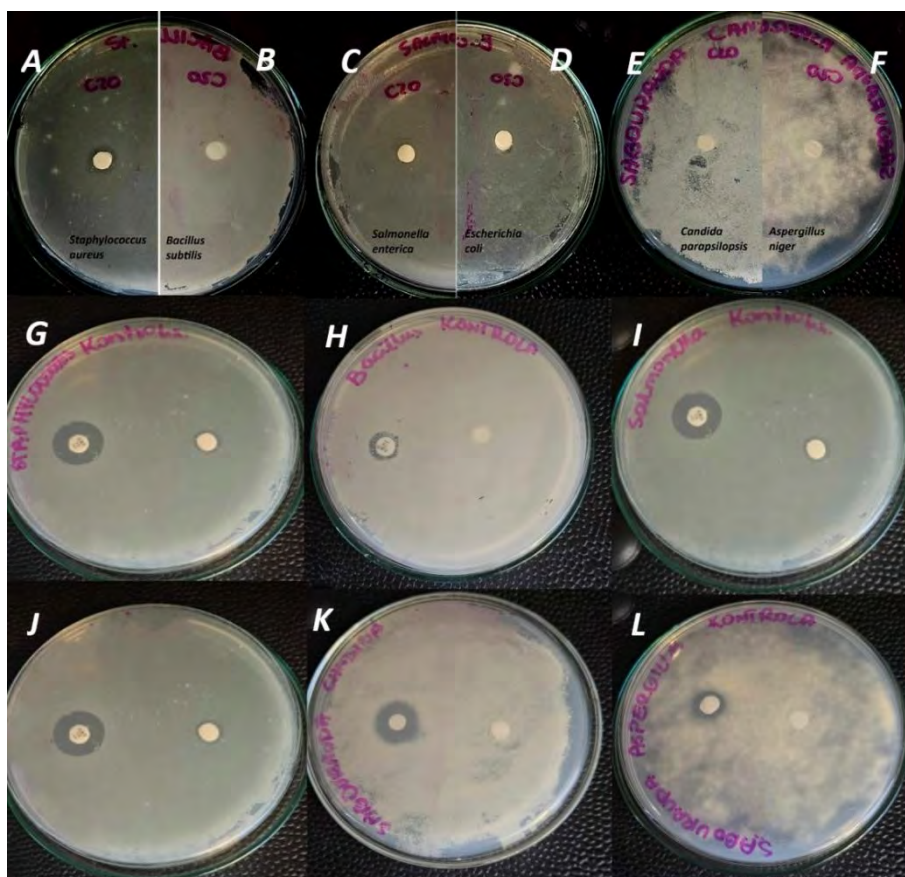
Związki fenolowe powszechnie występujące w roślinach wykazują wiele korzystnych właściwości biologicznych. Mogą neutralizować wolne rodniki w organizmie człowieka, które odpowiadają za procesy starzenia i takie choroby, jak cukrzyca czy dysfunkcje układu sercowo-naczyniowego. Wykazują też właściwości przeciwzapalne, przeciwnowotworowe oraz wspomagają układ trawienny poprzez regulację perystaltyki jelit [Sun i Shahrajabian 2023]. W badaniach tych wykazano, że uzyskany ekstrakt z czosnku niedźwiedziego zawiera średnio 218,96 ($\pm$ 4,44) $\mu\text{g/ml}$ związków fenolowych. Zawartość związków fenolowych może wskazywać na to, że badany ekstrakt posiada właściwości antyoksydacyjne. Todorović i in. [2023] wykazali, że etanolowy ekstrakt z czosnku niedźwiedziego zawiera od 1,88 do 20,15 mg GAE/g s.m. związków fenolowych w zależności od geograficznego pochodzenia rośliny, natomiast w badaniach Bernaś i in. [2024] całkowita zawartość polifenoli w ekstraktach czosnku niedźwiedziego uzyskanych z czterech różnych stanowisk mieściła się w zakresie 14,7–21,4 mg ekwiwalentu kwasu galusowego (GAE)/g s.m.

Aktywność antyoksydacyjna

W celu potwierdzenia aktywności antyoksydacyjnej związków zawartych w fermentowanym ekstrakcie z czosnku niedźwiedziego wykonano test wykorzystujący metodę FRAP, która polega na określeniu siły redukującej związku. Ilość związków przeciwutleniających w badanym fermentowanym ekstrakcie czosnku niedźwiedziego wyniosła 0,21 ($\pm$ 0,006) $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{mg}$ próbki. Todorović i in. [2023] w swoim badaniu wykazali siłę przeciwutleniającą etanolowego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego w zakresie od 0,01 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{mg}$ do 0,153 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{mg}$ próbki, w zależności od geograficznego miejsca zbioru. Natomiast Bernaś i in. [2024], porównując aktywność antyoksydacyjną w suszonych liściach czosnku, uzyskali wyniki od 1,05 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{mg}$ do 1,61 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{mg}$ próbki, co jest wartością zbliżoną do wyników uzyskanych w naszych badaniach.

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa badanego ekstraktu w stężeniu 100 mg/ml została oznaczona metodą dyfuzyjno-krążkową, a wyniki przedstawiono na rycinie 1. W przypadku bakterii największa strefa zahamowania wzrostu wystąpiła u *S. aureus* (12 mm), niewielkie strefy powstały u *E. coli* i *S. enterica* (po 8 mm), natomiast nie zaobserwowano zahamowania wzrostu *B. subtilis*. Brak aktywności wobec *B. subtilis* może wynikać ze zdolności tego szczepu do tworzenia przetrwalników, co wpływa na jego odporność wobec drobnoustrojów. W badaniu nie stwierdzono działania przeciwwgrzybiczego badanego ekstraktu – nie wystąpiły strefy zahamowania wzrostu *A. niger* oraz *C. parapsilopsis* pod wpływem działania ekstraktu z czosnku niedźwiedziego. Sapunjewa i in. [2012] udowodnili w swoim badaniu, że *Allium ursinum* L. wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową zarówno wobec bakterii Gram (+), jak i Gram (–), z tym że strefy zahamowania wzrostu są większe dla bakterii Gram (+). Pärvi i in. [2011], analizując przeciwwgrzybiczą aktywność etanolowych ekstraktów czosnku, wykazali, że



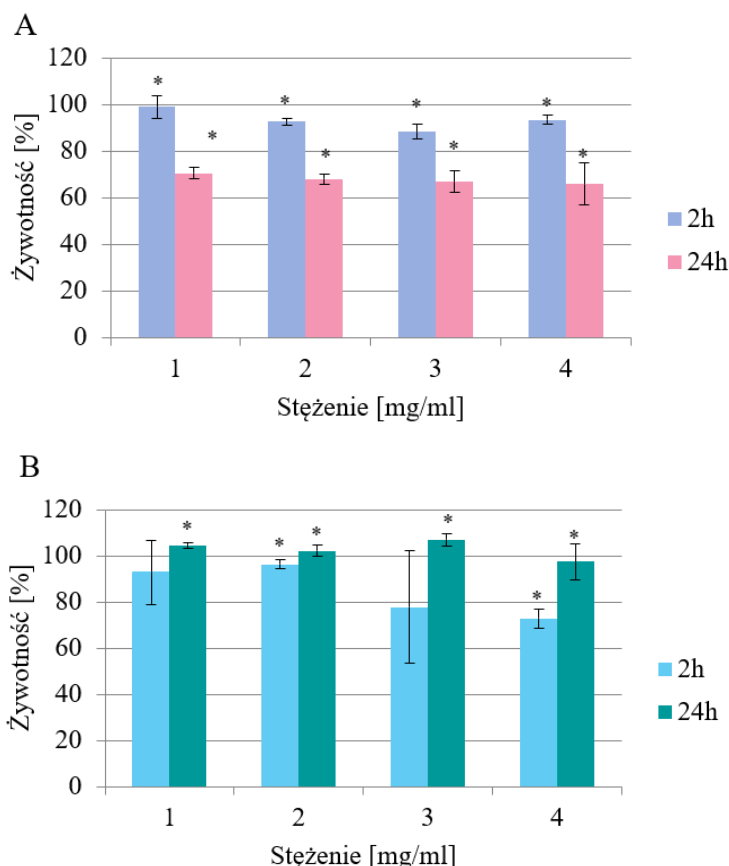
Ryc. 1. Strefy zahamowania wzrostu badanych szczepów wobec fermentowanego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego: *Staphylococcus aureus* (A), *Bacillus subtilis* (B), *Salmonella enterica* (C), *Escherichia coli* (D), *Candida parapsilosis* (E), *Aspergillus niger* (F) oraz pozytywne i negatywne kontrole dla *Staphylococcus aureus* (G), *Bacillus subtilis* (H), *Salmonella enterica* (I), *Escherichia coli* (J), *Candida parapsilosis* (K) i *Aspergillus niger* (L)

w związku z obecnością w swoim składzie allicyny, która jest głównym składnikiem badanej rośliny i cechuje się dużą aktywnością przeciwgrzybiczą, hamuje on wzrost takich grzybów, jak *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea* czy *Penicillium gladioli*.

Aktywność przeciwnowotworowa

Aktywność przeciwnowotworowa badanego ekstraktu wobec komórek raka jelita grubego (Caco-2) została określona za pomocą testu MTT (bromek 3-(4,5-dimetylotiazol-2-yl)-2,5-difenylo-tetrazoliowy) w warunkach *in vitro*. Jednocześnie sprawdzono bezpieczeństwo stosowania ekstraktu wobec komórek prawidłowych (CoTr CCD 841). W przypadku analizy żywotności komórek raka jelita grubego (Caco-2) wyniki uzyskane po 24-godzinnej inkubacji wskazują na zahamowanie proliferacji komórek nowotworo-

wych w porównaniu z żywotnością zmierzoną po 2 godzinach (ryc. 2 A). Najniższą żywotność komórek nowotworowych, wynoszącą 65,92%, można zaobserwować przy stężeniu 300 mg/ml. Analiza żywotności komórek prawidłowych (ryc. 2 B) przeprowadzona w tych samych warunkach wykazuje brak znaczącego wpływu ekstraktu na zahamowanie ich zdolności do proliferacji, co potwierdza bezpieczeństwo jego stosowania.



Ryc. 2. Przeżywalność komórek raka jelita grubego (Caco-2) (A) oraz komórek prawidłowych (CoTr CCD 841) (B) traktowanych różnymi stężeniami fermentowanego ekstraktu czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.) po 2 i 24 h inkubacji. * wartość $p < 0,05$

W literaturze naukowej brakuje odniesień do wpływu ekstraktu z *Allium ursinum* L. wobec komórek raka jelita grubego (Caco-2). Natomiast Xu i in. [2013] wykazali przeciwnowotworowe działanie wodnego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego na linii komórek raka żołądka AGS. Ekstrakty wodne *A. ursinum* wykazały zdolność do zatrzymywania komórek w fazie G2/M w linii komórek nowotworowych żołądka AGS oraz do indukcji apoptozy. Analiza z wykorzystaniem metody Western blotting dostarczyła danych wskazujących, że ekstrakt z czosnku może hamować ekspresję cykliny B, czyli białka

kluczowego w procesie mitozy. Co istotne, obserwacje wykazały, że po leczeniu ekstraktem *A. ursinum* białka związane z fazą G1 pozostały na niezmiennym poziomie, co sugeruje, że ekstrakt ten ingeruje w cykl komórkowy na etapie fazy M.

Wnioski

1. Otrzymane wyniki wskazują na to, że badany fermentowany ekstrakt z czosnku niedźwiedziego posiada wysoką zawartość związków fenolowych i powiązaną z nimi aktywność antyoksydacyjną.

2. Badany ekstrakt wykazuje dużą aktywność przeciwbakteryjną wobec *S. aureus*, w niewielkim stopniu wobec *E. coli* i *S. enterica* oraz nie hamuje wzrostu *B. subtilis*, co pozwala stwierdzić wybiórcze działanie przeciwbakteryjne ekstraktu. Ekstrakt nie posiada aktywności przeciwgrzybiczej.

3. Wykazano potencjał przeciwnowotworowy badanego ekstraktu wobec komórek raka jelita grubego (Caco-2) w warunkach *in vitro* oraz brak wpływu na proliferację komórek prawidłowych, co wskazuje na bezpieczeństwo jego stosowania.

Uzyskane wyniki badań wykazują potencjał w zastosowaniu fermentowanego ekstraktu z czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.) jako dodatku do żywności, suplementu diety czy fitoterapeutyku, charakteryzującego się właściwościami przeciwnowotworowymi, antynowotworowymi i antyoksydacyjnymi.

Bibliografia

- Benzie I.F.F., Strain J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP Assay. *Anal. Biochem.* 239(1), 70–76, <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bernaś E., Słupski J., Gębczyński P., Rażná K., Žiarovská J., 2024. Chemical composition and genome pattern as a means of identifying the origin of preserved wild garlic (*Allium ursinum* L.) in Poland. *Agriculture* 14(1), 20, <https://doi.org/10.3390/agriculture14010020>
- Djurdjevic L., Dinic A., Pavlovic P., Mitrovic M., Karadzic B., Tesevic V., 2004. Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. *Biochem. Syst. Ecol.* 32(6), 533–544, <https://doi.org/10.1016/j.bse.2003.10.001>.
- Gadhoumi H., Hayouni E.L.A., Martinez-Rojas E., Yeddes W., Tounsi M.S., 2022. Biochemical composition, antimicrobial and antifungal activities assessment of the fermented medicinal plants extract using lactic acid bacteria. *Arch. Microbiol.* 204(7), 374, <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02985-9>
- Hosseinzadeh S., Jafarikukhdan A., Hosseini A., Armand R., 2015. The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: A review of *Thymus vulgaris*. *Int. J. Clin. Med.* 06, 635–642, <https://doi.org/10.4236/ijcm.2015.69084>
- Matenge P., Li J., Apau Gyamerah S., Tapera R., Tshepho S., 2017. Nutritional and phytochemical content of indigenous leafy vegetables consumed in Botswana. *Front. Food Nutr. Res.* 3, 1–7.
- Pârvu M., alina elena P., Vlase L., Roșca-Casian O., Parvu O., 2011. Antifungal properties of *Allium ursinum* L. ethanol extract. *J. Med. PLANTS Res.* 5, 2041–2046.
- Sapunjieva T., Mihaylova D., Alexieva I., Popova A., 2012. Antimicrobial and antioxidant activity of extracts of *Allium ursinum* L. *J. Biosci. Biotechnol.* 143–145.
- Sobolewska D., Podolak I., Makowska-Wąs J., 2015. *Allium ursinum*: botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochem. Rev.* 14(1), 81–97, <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9334-0>

- Sun W., Shahrajabian M.H., 2023. Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants – natural health products for human health. *Molecules* 28(4), 1845, <https://doi.org/10.3390/molecules28041845>
- Todorović V., Đekić N., Antić M., Bosančić B., Davidović-Gidas J., Murtić S., 2023. Morphological characteristics and antioxidant properties of *Allium ursinum* L. Wild growing in the north-western part of the Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 48-54, <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2023.096.006>
- Xu X.-Y., Song G.-Q., Yu Y.-Q., Ma H.-Y., Ma L., Jin Y.-N., 2013. Apoptosis and G2/M arrest induced by *Allium ursinum* (Ramson) watery extract in an AGS gastric cancer cell line. *Oncotargets Ther.* 6, 779–783, <https://doi.org/10.2147/OTT.S45865>

Właściwości terapeutyczne arbutyny i zastosowanie w kosmetologii

Therapeutic properties of arbutin and use in cosmetology

Wstęp

Arbutyna jest znanym naturalnym polifenolem występującym w świecie roślin. Można ją znaleźć w liściach mącznicy lekarskiej (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.) [Man i in. 2019], w kwiatach wrzосу zwyczajnego (*Callunae flos*), liściach, kwiatach i owocach gruszy pospolitej (*Pyrus communis* L.) [Wichtl 1997, Yim i Nam 2015] oraz w kawie i herbacie [Pop i in. 2024]. Została zidentyfikowana w około 50 rodzinach, między innymi w: Asteraceae, Ericaceae, Proteaceae, Rosaceae, Saxifragaceae, Lamiaceae oraz Apiaceae [Jiang i in. 2018, Nahar i in. 2022, Bhalla i in. 2022]. Pod względem chemicznym składa się z cząsteczki hydrochinonu oraz D-glukozy i od wielu lat trwają badania nad jej wykorzystaniem zarówno w medycynie, jak i kosmetologii [Boo 2021]. Dane literaturowe wskazują na szereg bioaktywności arbutyny wynikających z jej budowy chemicznej [Zheng i in. 2018].

Celem niniejszej pracy był przegląd aktualnej literatury na temat właściwości arbutyny, zastosowania w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym oraz medycynie.

Budowa i synteza

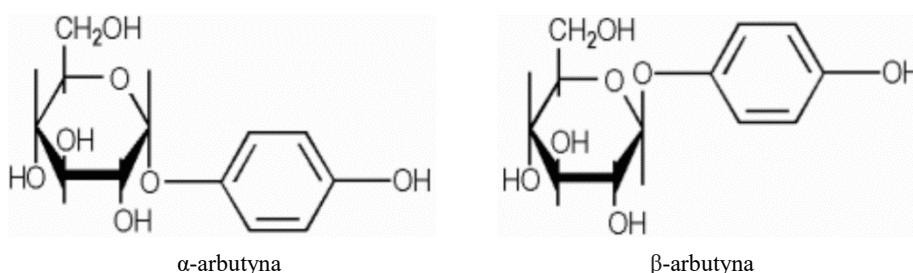
Arbutyna to związek, w którym jedna cząsteczka D-glukozy związana jest z hydrochinonem (ryc. 1) i występuje w dwóch postaciach α i β . Dominującą formą jest stereoizomer β , znany pod nazwą arbutyna, który popularnie występuje w świecie roślin. Ta postać otrzymywana jest poprzez ekstrakcję z materiału roślinnego, biokonwersję z hydrochinonu, na drodze fermentacji mikrobiologicznej oraz drogą syntezy chemicznej. Głównym źródłem β -arbutyny są liście mącznicy lekarskiej, z której pozyskuje się ją poprzez ekstrakcję [Boo 2021, Xu i in. 2022]. Natomiast α -arbutynę uzyskuje się wyłącznie syntetycznie i wykazuje ona większą aktywność niż β -arbutyna [Sadowska i Kamm 2020].

Synteza chemiczna β -arbutyny opiera się na reakcji glikozylacji cząsteczki glukozy z hydrochinonem [Xu i in. 2022]. Niestety proces ten jest ograniczony znacznym zapotrzebowaniem na energię, pracochłonnością, wytwarzaniem odpadów chemicznych i niską wydajnością. Natomiast synteza na drodze enzymatycznej α -arbutyny jest przyjazna

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Międzywydziałowe Koło Naukowe „Herba Medica”, lucja.daria1@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Warzywnictwa i Zielaństwa

dla środowiska i oferuje wyższą wydajność [Agarwal i in. 2021]. Biosynteza α - i β -arbutyny polega na glikozylacji hydrochinonu przy użyciu glikozydaz jako katalizatora i aktywowanego cukru jako donora glikozyłu [Xu i in. 2022].



Ryc. 1. Budowa α - i β -arbutyny [źródło: Komitet Naukowy ds. Bezpieczeństwa...]

Wykorzystanie w przemyśle farmaceutycznym i medycynie

Arbutyna była używana w tradycyjnych chińskich lekach ludowych jako substancja posiadająca m.in. działanie antybakteryjne, przeciwutleniające oraz przeciwzapalne [Zhou i in. 2019]. Współcześnie dane literaturowe wskazują, iż β -arbutyna wykazuje silne działanie przeciwbakteryjne i szerokie spektrum działania wobec bakterii Gram-ujemnych, Gram-dodatnich oraz grzybów [Cela-López i in. 2021]. Ma również zastosowanie kliniczne w leczeniu infekcji dróg moczowych, kamieni nerkowych jako środek pobudzający diurezę [Wu i in. 2023, Skrzypczak-Pietraszek i in. 2017]. Dodatkowo wykazuje silne działanie przeciwkaszlowe, dzięki czemu łagodzi kaszel oraz zapobiega astmie, jest także polecana przy leczeniu zapalenia oskrzeli [Wang i in. 2016, Shang i in. 2020, Jeon i in. 2015].

Badania wskazują, że arbutyna posiada także działanie przeciwzapalne. Wykorzystanie α -arbutyny w fibroblastach ludzkich przyspieszało gojenie się ran skórnych poprzez aktywację genów *MMP3*, *COL1A1*, *EGFR* oraz supresję genów *SIRT1* i *FOXO1* [Polouliakh i in. 2020, Zhu i in. 2022]. Jako jelitowy lek przeciwzapalny, arbutyna ma działanie bakteriobójcze i przeciwzapalne, bez skutków ubocznych i toksycznych [Zhang 2016]. Odgrywa istotną rolę w jelitach, poprawiając stan patologiczny jelita czczego i krętego oraz zmieniając kompozycję mikrobioty układu pokarmowego [Ma i in. 2022]. Jest ona wchłaniana z przewodu pokarmowego, gdzie przez mikrobiom jelitowy pod wpływem β -glukozydazy rozpada się na aglikon hydrochinonu i glukozę [Jurica i in. 2017].

Ponadto jest głównym składnikiem leków stosowanych w leczeniu oparzeń, których charakterystyczną cechą jest szybka eliminacja bólu i obrzęku oraz szybkie gojenie, niepozostawiające blizn [Li i in. 2018]. Arbutyna łagodzi stres oksydacyjny i wykazuje działanie w zakresie tłumienia rozwoju nowotworu: czerniaka złośliwego [Safari i in. 2020]. W komórkach czerniaka hamowanie tyrozynazy zachodzi 10 razy silniej przez α -arbu-

tynę niż β -arbutynę [Surini i Mellani 2017]. Ponadto indukuje spadek aktywności tyrozynazy bez wpływu na ekspresję mRNA i wywiera hamujący wpływ na dojrzewanie melanosomów [Mohiuddin 2019].

Singh i in. [2022] w swoich badaniach wykazali, że arbutyna ma potencjał neuroprotektynny, który zmniejsza zaburzenia behawioralne i biochemiczne u szczurów z dyskinezą późną (*tardive dyskinesia*, TD) indukowaną haloperidolem. Dzięki działaniu neuroprotektynnemu arbutyna łagodzi deficyt zachowania w TD u szczurów. Poza tym podawanie arbutyny przywracało poziom enzymów antyoksydacyjnych, łagodząc stres oksydacyjny i zmniejszając poziom cytokin prozapalnych w mózgu szczura. Przeprowadzone badania wskazują na możliwość zastosowania arbutyny w leczeniu TD oraz objawów podobnych do TD [Singh i in. 2022].

Ponadto badania wykazały, że arbutyna zmniejsza wytwarzanie cytokin prozapalnych i genów związanych ze stanem zapalnym, takich jak interleukiny: IL-1B, IL-6 oraz czynnik martwicy nowotworów – TNF- α w różnych stanach patologicznych układu nerwowego. Arbutyna wywierała działanie neuroprotektynne w modelach zwierzęcych choroby Parkinsona, zmniejszała zapalenie układu nerwowego i reakcje oksydacyjne [Ebrahim-Tabar i in. 2020, Ding i in. 2020]. Z badań przeprowadzonych przez Uvarajan i in. [2023] wynika, że arbutyna może zmniejszać niekorzystne skutki choroby Alzheimera poprzez kontrolowanie genów węzłowych, które regulują różne procesy biologiczne związane z postępem tej choroby. Wyniki wyraźnie wskazały, że arbutyna może zapobiegać chorobie Alzheimera i leczyć ją. Można również wywnioskować, że arbutyna może chronić przed urazami niedokrwiennymi i udarem mózgu. Jej ochronne działanie może zmniejszyć uszkodzenie mózgu po udarze [Tan i in. 2022].

Wykorzystanie w przemyśle kosmetycznym

Arbutyna jest szeroko stosowana w przemyśle kosmetycznym do leczenia zaburzeń hiperpigmentacyjnych. Według danych literaturowych jest to prawdopodobnie związane z działaniem przeciwutleniającym oraz hamowaniem tyrozynazy w melanocytach [Boo 2021]. Jej depigmentacyjne działanie jest lepsze niż kwasu kojowego i witaminy C [Erawati i in. 2018]. Stosowanie zewnętrzne α -arbutyny charakteryzuje się niskim poziomem melanotyksyczności, w wyniku czego może stanowić opcję zastępującą stosowanie hydrohinonu czy też kwasu kojowego i witaminy C (Garcia-Jimenez i in. 2017, Masyita i Rifai 2019). Arbutyna charakteryzuje się wysoką hydrofilowością, przez co stosunkowo słabo przenika w głąb skóry i wykazuje działanie miejscowe. Ze względu na niski stosunek stężeń substancji dwóch niemieszących się rozpuszczalników w stanie równowagi i szybkość przenikania do optymalnego działania wymaga zastosowania wzmacniacza penetracji. Jest odporna na światło i niestabilna przy pH2 [Masyita i Rifai 2019, Aung i in. 2020, Erawati i in. 2018]. Jako preparat liposomalny może zwiększać odkładanie się hydrofilowych środków wybielających, zwiększając w ten sposób ich aktywność [Aparajita i Ravikumar 2014].

Jest to bezpieczny, najskuteczniejszy i najpopularniejszy środek do terapii przebarwień oraz składnik kosmetyków wybielających i rozjaśniających skórę ze względu na niską cytotoksyczność [Feng i in. 2023, Zhu i in. 2019]. Arbutyna jako inhibitor tyrozynazy wykorzystywana jest w różnorodnych kosmetykach, takich jak: kremy, balsamy, mydła, sera i środki czyszczące [Noikotr i in. 2018]. Dodatkowo poprzez hamowanie

tyrozynazy zmniejsza syntezę i przyspiesza rozkład melaniny, eliminując piegi i zmniejszając pigmentację skóry [Chandorkar i in. 2021, Zhu i in. 2022, Masyita i Rifai 2019]. Chroni skórę także przed pigmentacją wywołaną słońcem i wolnymi rodnikami, jednocześnie nie zwiększając wrażliwości skóry na ekspozycję na słońce [Chandorkar i in. 2021].

Arbutyna wykazuje również właściwości przeciwstarzeniowe – wynika to z faktu, że jest przeciwutleniaczem o właściwościach antybakteryjnych wobec bakterii Gram-ujemnych, Gram-dodatnich oraz grzybów [Abere 2015]. Komitet Naukowy ds. Bezpieczeństwa Konsumentów (Scientific Committee on Consumer Safety – SCCS) zaleca ograniczenie ilości α -arbutyny stosowanej w kosmetykach do 2% w kremach do twarzy i 0,5% w balsamach do ciała, natomiast β -arbutyny do 7% w kremach do twarzy. Ponieważ oba izomery mogą być szkodliwe w wysokich stężeniach, wymagane są metody ich ilościowego oznaczania [Repert i in. 2022].

Podsumowanie

Arbutyna wykazuje wiele terapeutycznych korzyści. Dzięki działaniu przeciwzapalnemu, przeciwutleniającemu oraz antybakteryjnemu znalazła bogate zastosowanie w medycynie i przemyśle farmaceutycznym, głównie w leczeniu ran skórnych, oparzeń, chorób związanych z drogami moczowymi oraz chorób układu nerwowego. W kosmetyce natomiast najważniejszym jej działaniem jest rozjaśnianie i wybielanie skóry, co przyczynia się do niwelowania przebarwień. Ponadto w kosmetykach wykazuje skuteczniejsze działanie w przypadku przebarwień niż kwas kojowy i witamina C, co sprawia, że jest ona coraz popularniejsza w produkcji kosmetyków.

Bibliografia

- Abere G., 2015. Assessment of levels of some active skin lightening compounds in selected facial creams and soaps in the Kenyan market. Nairobi: Published Master Thesis, Kenyatta University.
- Agarwal N., Rai A.K., Singh S.P., 2021. Biotransformation of hydroquinone into α -arbutin by transglucosylation activity of a metagenomic amylosucrase. 3 Biotech. 11(8), 362, <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02909-2>
- Aparajita V., Ravikumar P., 2014. Liposomes as carriers in skin ageing. Int. J. Curr Pharm. Res. 6(3), 1–7.
- Aung N.N., Ngawhirunpat T., Rojanarata T., Patrojanasophon P., Opanasopit P., Pamornpathomkul B., 2020. HPMC/PVP dissolving microneedles: a promising delivery platform to promote trans-epidermal delivery of alpha-arbutin for skin lightening. AAPS PharmSciTech 21, 1–13, <https://doi.org/10.1208/s12249-019-1599-1>
- Bhalla M., Mittal R., Kumar M., Kushwah A.S., 2022. Pharmacological aspects of a bioactive compound arbutin: A comprehensive review. Biointerface Res. Appl. Chem. 13, 119, <https://doi.org/10.33263/BRIAC132.119>
- Boo Y.C., 2021. Arbutin as a skin depigmenting agent with antimelanogenic and antioxidant properties. Antioxidants 10(7), 1129, <https://doi.org/10.3390/antiox10071129>
- Cela-López J.M., Camacho Roldan C.J., Gómez-Lizarraga G., Martínez V., 2021. Effects of Itxasol© components on gene expression in bacteria related to infections of the urinary tract and to

- the inflammation process. *Int. J. Mol. Sci.* 22(23), 12655, <https://doi.org/10.3390/ijms222312655>
- Chandorkar N., Tambe S., Amin P., Madankar C.S., 2021. Alpha arbutin as a skin lightening agent: A review. *Int. J. Pharm. Res.* 13(2), <https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.02.446>
- Ding Y., Kong D., Zhou T., Yang N.D., Xin C., Xu J., Huang W., 2020. α -Arbutin protects against Parkinson's disease-associated mitochondrial dysfunction in vitro and in vivo. *Neuromol. Med.* 22, 56–67, <https://doi.org/10.1007/s12017-019-08562-6>
- Ebrahim-Tabar F., Nazari A., Pouramir M., Ashrafpour M., Pourabdolhossein F., 2020. Arbutin improves functional recovery and attenuates glial activation in lysolecithin-induced demyelination model in rat optic chiasm. *Mol. Neurobiol.* 57, 3228–3242, <https://doi.org/10.1007/s12035-020-01962-x>
- Erawati T., Ayuningtyas J.P., Soeratri W., Rosita N., 2018. Physical characteristic and SPF value of oxybenzone and octyldimethyl PABA: Effect of arbutin and olive oil in Carbomer 940 Gel Base. In Proceedings of International Conference on Applied Pharmaceutical Sciences (ICoAPS), <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3489575>
- Feng Y., Li X., Yang Q., Guo D., Li Y., Tong Y., Ye B.C., 2023. Dual-template molecularly imprinted electrochemical sensor based on foamed iron-based MOF for simultaneous and specific detection of α -arbutin and β -arbutin in cosmetics. *JEAC* 928, 117031, <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2022.117031>
- Garcia-Jimenez A., Teruel-Puche J.A., Berna J., Rodriguez-Lopez J.N., Tudela J., Garcia-Cano-vas F., 2017. Action of tyrosinase on alpha and beta-arbutin: A kinetic study. *Plos One* 12(5), e0177330, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177330>
- Jeon J.S., Kim B.H., Lee S.H., Kwon H.J., Bae H.J., Kim S.K., Park J.A., Shim J.H., Ebd El-Aty A.M., Shin H.C., 2015. Simultaneous determination of arbutin and its decomposed product hydroquinone in whitening creams using high-performance liquid chromatography with photodiode array detection: Effect of temperature and pH on decomposition. *Int. J. Cosmet. Sci.* 37(6), 567–573, <https://doi.org/10.1111/ics.12228>
- Jiang L., Wang D., Zhang Y., Li J., Wu Z., Wang Z., 2018. Investigation of the pro-apoptotic effects of arbutin and its acetylated derivative on murine melanoma cells. *Int. J. Mol. Med.* 41(2), 1048–1054, <https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.3256>
- Jurica K., Gobin I., Kremer D., Čepo D.V., Grubešić R.J., Karačonji I.B., Kosalec I., 2017. Arbutin and its metabolite hydroquinone as the main factors in the antimicrobial effect of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaves. *J. Herb. Med.* 8, 17–23, <https://doi.org/10.1016/j.her-med.2017.03.006>
- Komitet Naukowy ds. Bezpieczeństwa Konsumentów, https://health.ec.europa.eu/document/download/66cdc38f-68e7-4e47-b06a-7ba73b027fb6_en?filename=scs_o_264.pdf
- Li X.-X., Du L.-D., Du G.-H., 2018. Arbutin. W: G.-H. Du, Natural small molecule drugs from plants. Springer, Singapur, 667–670, https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7_107
- Ma J., Chen S., Li Y., Wu X., Song Z., 2022. Arbutin improves gut development and serum lipids via *Lactobacillus intestinalis*. *Front. Nutr.* 9, 948573, <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.948573>
- Man X., Yang L., Liu S., Yang L., Li M., Fu Q., 2019. Arbutin promotes MC3T3-E1 mouse osteoblast precursor cell proliferation and differentiation via the Wnt/ β -catenin signaling pathway. *Mol. Med. Rep.* 19(6), 4637–4644, <https://doi.org/10.3892/mmr.2019.10125>
- Masyita A., Rifai Y., 2019. Molecular docking studies of arbutin derivatives as tyrosinase inhibitors. *Int. J. Biosci. Biochem. Bioinforma* 9(3), 188–193, <https://doi.org/10.17706/ijbbb.2019.9.3.188-193>
- Mohiuddin A.K., 2019. Skin lightening & management of hyperpigmentation. *Pharma Sci. Anal. Res. J.* 2, 180020.
- Nahar L., Al-Groshi A., Kumar A., Sarker S.D., 2022. Arbutin: Occurrence in plants, and its potential as an anticancer agent. *Molecules* 27(24), 8786, <https://doi.org/10.3390/molecules27248786>

- Noikotr K., Chaveerach A., Sudmoon R., Tanee T., Patarapadungkit N., 2018. Phytochemicals, cytotoxicity, and genotoxicity of three *Artocarpus* species reveal arbutin in *A. lacucha*. *Sci. Asia* 44(3), 170–178, <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2018.44.170>
- Polouliakh N., Ludwig V., Meguro A., Kawagoe T., Heeb O., Mizuki N., 2020. Alpha-arbutin promotes wound healing by lowering ROS and upregulating insulin/IGF-1 Pathway in Human Dermal Fibroblast. *Frontiers in Physiology* 11, 586843, <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.586843>
- Pop C.E., Coste A., Vlase A.-M., Deliu C., Tămaş M., Casian T., Vlase L., 2024. Selection of a *Digitalis purpurea* cell line with improved bioconversion capacity of hydroquinone into arbutin. *Life* 14(1), 84, <https://doi.org/10.3390/life14010084>
- Repert S., Matthes S., Rozhon W., 2022. Quantification of arbutin in cosmetics, drugs and food supplements by hydrophilic-interaction chromatography. *Molecules* 27(17), 5673, <https://doi.org/10.3390/molecules27175673>
- Sadowska A., Kamm A., 2020. Sposoby zapobiegania i niwelowania hiperpigmentacji skóry twarzy w gabinecie kosmetycznym. Ocena aktualnego stanu wiedzy społeczeństwa. *Aesth Cosmetol Med.* 9(4), 363–382.
- Safari H., Zabihi E., Pouramir M., Morakabati P., Abedian Z., Karkhah A., Nouri H.R., 2020. Decrease of intracellular ROS by arbutin is associated with apoptosis induction and downregulation of IL-1 β and TNF- α in LNCaP; prostate cancer. *Food Biochem.* 44(9), e13360, <https://doi.org/10.1111/jfbc.13360>
- Shang Y., Wei W., Zhang P., Ye B.C., 2020. Engineering *Yarrowia lipolytica* for enhanced production of arbutin. *J. Agri. Food Chem.* 68(5), 1364–1372, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07151>
- Singh G., Upadhyay S., Navik U., Kumar P., 2022. Neuroprotection by arbutin against haloperidol-induced Tardive Dyskinesia in rats and reducing neurotoxicity in SHSY-5Y cells, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2211641/v1>
- Skrzypczak-Pietraszek E., Kwiecień I., Gołdyn A., Pietraszek J., 2017. HPLC-DAD analysis of arbutin produced from hydroquinone in a biotransformation process in *Origanum majorana* L. shoot culture. *Phytochem. Lett.* 20, 443–448, <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2017.01.009>
- Surini S., Mellani T., 2017. Formulation and physical evaluation of microemulsion and W/O/W multiple emulsions dosage forms with alpha arbutin, lactic acid, and niacinamide as skin-whitening cosmetics. *Int. J. Appl. Pharm.* 9, 67, https://doi.org/10.22159/ijap.2017.v9s1.39_45
- Tan J., Kumar Yadav M., Devi S., Kumar M., 2022. Neuroprotective effects of arbutin against oxygen and glucose deprivation-induced oxidative stress and neuroinflammation in rat cortical neurons. *Acta Pharm.* 72(1), 123–134, <https://doi.org/10.2478/acph-2022-0002>
- Uvarajan D., Ravikumar M., Durairaj B., 2023. Network analysis and molecular mapping for Alzheimer's disease to reveal the drug targets of arbutin, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3474607/v1>
- Wang X., Zhang C., Zheng N., Ma J., Zhu Y.F., 2016. Determination of arbutin in rat plasma using liquid chromatography – tandem mass spectrometry: application to a pharmacokinetic study after oral administration of the extract of *Vaccinium vitis-idaea*. *J. Chromatogr. Sci.* 54(9), 1508–1513, <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmw085>
- Wichtl M., 1997. Teedrogen und phytopharmaka. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart.
- Wu Y., Yu X., Zhou H., Li S., Wu X., Zhao J., 2023. Revealing the critical role of Leucine145 of α -glucosidase AglA for enhancing α -arbutin production. *Molecular Catalysis* 537, 112943, <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2023.112943>
- Xu K.X., Xue M.G., Li Z., Ye B.C., Zhang B., 2022. Recent progress on feasible strategies for arbutin production. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 10, 914280, <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.914280>
- Yim S.H., Nam S.H., 2015. Antioxidant and whitening activities of five unripe pear cultivars. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 88(1), 186–191, <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088.026>
- Zhang Y., 2016. Optimize engineered *E. coli* for arbutin production to reduce costs.

- Zheng L., Xie X., Wang Z., Zhang Y., Wang L., Cui X., Huang H., Zhuang H., 2018. Fabrication of a nano-biocatalyst for regioselective acylation of arbutin. *Green Chem. Lett. Rev.* 11(2), 55–61, <https://doi.org/10.1080/17518253.2018.1437226>
- Zhou H., Zhao J., Li A., Reetz M.T., 2019. Chemical and biocatalytic routes to arbutin. *Molecules*, 24(18), 3303, <https://doi.org/10.3390/molecules24183303>
- Zhu L., Xu M., Lu C., Chen L., Xu A., Fang J., Chen H., Lu Y., Fan Y., Chen X., 2019. Optimization of whole-cell biotransformation for scale-up production of α -arbutin from hydroquinone by the use of recombinant *Escherichia coli*. *AMB Express* 9, 1–9, <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0820-7>
- Zhu S., Yang Z., Kong L., Kong L., Zhang Y., 2022. Arbutin inhibited heat stress-induced apoptosis and promoted proliferation and migration of heat-injured dermal fibroblasts and keratinocytes by activating PI3K/AKT signaling pathway. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2022, <https://doi.org/10.1155/2022/8798861>

Aktywność biologiczna substancji zawartych w roślinach z rodzaju *Pulmonaria*

Biological activity of compounds isolated from plants of the *Pulmonaria* genus

Wstęp

Pulmonaria jest to rodzaj należący do rodziny Boraginaceae Juss. – ogórecznikowate. Gatunki z rodzaju *Pulmonaria* występują w Azji i Europie i pojawiają się głównie w siedliskach zacienionych i wilgotnych [Chauhan i in. 2022, Meeus i in. 2013]. W tradycyjnej medycynie rośliny te były stosowane do leczenia różnych dolegliwości związanych z układem oddechowym [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2021]. Gatunki z rodzaju *Pulmonaria* wykorzystuje się jako miododajne i pyłkodajne [Jacquemyn i in. 2013]. Ze względu na znaczną zawartość substancji biologicznie czynnych miodunka płamista (*Pulmonaria officinalis* L.) wchodzi w skład mieszanek ziołowych o działaniu leczniczym i wspomagającym leczenie chorób, np. Parkinsona, Alzheimer, a także demencji [Neagu i in. 2018]. Ma pozytywny wpływ na układ oddechowy, zwiększa zdolność gojenia się uszkodzonej tkanki płuc, przyspiesza proces zwłóknienia ognisk gruźliczych, a także usuwanie wydzielin z górnych dróg oddechowych [Klećkowska-Nawrot i in. 2013]. Ekstrakt z *P. officinalis* L. ze względu na właściwości ściągające, zmiękczające, poprawiające stan i kondycję skóry znalazł szczególne miejsce w kosmetologii [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2018]. Ekstrakt *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem. (miodunki miękkowłosej) dodawany do żywności podwyższa jej funkcjonalność i wartość odżywczą m.in. dzięki wysokiej zawartości żelaza [Borieva i in. 2019].

Celem niniejszej pracy był przegląd literatury i usystematyzowanie aktualnej wiedzy na temat substancji czynnych zawartych w roślinach z rodzaju *Pulmonaria* oraz ich wykorzystania. Przedstawiono charakterystykę różnych gatunków z tego rodzaju, ocenę zawartości składników bioaktywnych, a także możliwość zastosowania w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym i spożywczym.

Rodzaj *Pulmonaria* – charakterystyka

Pulmonaria stanowi rodzaj roślin wchodzących w skład rodziny Boraginaceae Juss. (ogórecznikowate). Uwzględniono około 18 gatunków wieloletnich roślin kwitnących,

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologów, Sekcja Biokosmetologii, wiktoriaaa.wlodarczyk@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin

szeroko rozpowszechnionych w Europie, Rosji oraz Azji Zachodniej [Chauhan i in. 2022]. W Europie Zachodniej obecnych jest 8 gatunków roślin z rodzaju *Pulmonaria*. Najczęściej występującymi są: *Pulmonaria obscura* Dumort., *Pulmonaria officinalis* L., *Pulmonaria longifolia* (Bastard) Boreau oraz *Pulmonaria angustifolia* L. [Meeus i in. 2016]. Powszechnie *Pulmonaria* nazywana jest „lungwort” – „lung” z języka angielskiego oznacza „płuco”. Odnosi się to do właściwości tej rośliny, gdyż w tradycyjnej medycynie była stosowana do leczenia różnych dolegliwości związanych z układem oddechowym, takich jak zapalenie oskrzeli, przeziębienie, kaszel, zapalenie krtani oraz ból gardła [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2021].

P. officinalis L. preferuje miejsca zacienione, dlatego głównie występuje w runie lasów liściastych, rzadziej cisowatych lub iglastych. Odnotowano również występowanie na terenach bardziej otwartych, wzdłuż żywopłotów, brzegów strumieni oraz w siedliskach ruderalnych – na drogach, terenach zabudowanych, w ogrodach, a nawet na wysypiskach śmieci [Meeus i in. 2013]. Roślinom tym sprzyjają wilgotne i gliniaste gleby. *Pulmonaria* kwitnienie rozpoczyna wraz z początkiem sezonu wegetacyjnego, który rozciąga się od marca do końca kwietnia [Jacquemyn i in. 2013].

Część podziemną *P. officinalis* L. (miodunka plamista) stanowią silnie rozgałęzione kłącza. Łodyga jest pojedyncza (lub słabo rozgałęziona), okryta szczeciniastymi włoskami. Blaszka liścia ma sercowaty kształt oraz posiada charakterystyczne, srebrzyste plamki przypominające płuca. Początkowo barwa kwiatu jest zazwyczaj różowa, lecz wraz z postępującą syntezą jego barwa przechodzi w fioletową lub niebieską [Baca-García i in. 2007]. Kwiat składa się z cylindrycznego kielicha, z którego wyrasta pięciopłatkowa korona. Średnica kwiatu wynosi od 0,5 do 1,5 cm, a w jej centralnej części osadzony jest słupek występujący w formie krótkiej lub dłuższej (heterostylia). Kwiaty są bogate w nektar, wyróżniają się wśród roślin nektarodajnych m.in. w Estonii [Chauhan i in. 2022]. Wydajność nektarowa miodunki plamistej wynosi od 35 do 60 kg/ha. Sekrecja nektaru przez pojedynczy kwiat nie jest cechą stałą, zależy to m.in. od gatunku rośliny, rozmiaru kwiatu, liczby i rodzaju nektarników oraz warunków pogodowych [Sulborska-Różycka 2019].

Składniki biologicznie aktywne

Surowce zielarskie zawierające składniki biologicznie aktywne charakteryzują się działaniem przeciwutleniającym, przeciwbakteryjnym, przeciwwirusowym oraz prozdrowotnym [Śledź i in. 2012].

Pulmonaria officinalis L. odznacza się dużą zawartością substancji bioaktywnych. Ze względu na różnorodność składu chemicznego i idących za tym właściwościami roślina ta znajduje zastosowanie zarówno w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym, jak i spożywczym. Występujące w niej flawonoidy wykazują działanie przeciwzapalne i przeciwdrobnoustrojowe, a karotenoidy wpływają na szybkość gojenia się tkanek [Dyshlyuk i in. 2020]. Większość flawonoidów stanowią antocyjany, które zgromadzone są w powierzchniowych warstwach tkanek roślinnych, przez co zmniejszają szkodliwość wpływu promieniowania ultrafioletowego oraz nadają roślinie barwę [Samaszko-Fiertel i in. 2016]. Składniki chemiczne zawarte w części nadziemnej rośliny są bogate w kompleks witamin B oraz minerały, takie jak: żelazo, miedź, srebro, magnez i nikiel [Akram i in. 2017].

Fitoskładniki znajdujące się w roślinach z rodzaju *Pulmonaria* obejmują saponiny, garbniki, kwas askorbinowy, kwas krzemowy, rutynę, karoten, allantoinę, alkaloidy i kwasy tłuszczowe [Chauhan i in. 2022]. Saponiny kształtują się w liściach, a następnie są magazynowane w łodygach, korzeniach i kwiatach jako substancje zapasowe. Posiadają właściwości przeciwgrzybicze, przeciwbakteryjne oraz przeciwpasożytnicze [Sadowska i in. 2014]. Garbniki są źródłem wielu cennych właściwości leczniczych. Wyróżniają się działaniem antyoksydacyjnym, przeciwzapalnym, przeciwnowotworowym oraz immunostymulującym [Sembratowicz i in. 2008]. W większości roślin wytwarzany jest kwas askorbinowy, znany jako witamina C. Występuje w chloroplastach, mitochondriach oraz cytozolu. Stwierdzono, że podczas wysokiego natężenia światła oraz przy niskiej temperaturze ilość askorbinianu w liściach rośliny wzrasta [Kozłowska-Szerenos i in. 2013]. Rutozyd, zwany rutyną, należy do jednych z najczęściej spotykanych glikozydów bioflawonoidowych. Znany jest przede wszystkim z działania antyoksydacyjnego, przeciwbólowego oraz antyalergicznego, gdyż wpływa na hamowanie wydzielania histaminy i bradykininy. Dodatkowo rutyna opóźnia procesy starzenia się skóry, redukuje łuszczenie się naskórka, a także przyspiesza proces gojenia się ran [Samaszko-Fiertek i in. 2016].

W badaniach przeprowadzonych przez Neagu odnotowano, że w ekstrakcie etanolem *P. officinalis* L. znajduje się wysokie stężenie kwasu rozmarynowego, sięgające 124,59 µg kwasu na 1 ml ekstraktu alkoholowego, natomiast w ekstrakcie wodnym zaobserwowano kwas kawowy w stężeniu 12,94 µg na 1 ml roztworu [Neagu i in. 2018]. W tkankach roślinnych kwas kawowy jest najczęściej występującym fenolokwasem. Stanowi on silny przeciwutleniacz, który nawet w śladowych ilościach chroni komórki przed stresem oksydacyjnym. Zarówno kwas kawowy, jak i jego pochodne neutralizują reaktywne formy tlenu (*reactive oxygen species*, RET) i syntetyczne rodniki oraz hamują peroksydację lipidów [Kołodziejczyk-Czepas i in. 2015]. Kwas rozmarynowy, podobnie jak inne polifenole, cechuje się właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi oraz przeciwwirusowymi. Zwalcza m.in. wirusy HSV-I, które powodują opryszczkę typu I oraz wirusy związane z niedoborem immunologicznym (HIV-I). Kwas rozmarynowy odznacza się także działaniem przeciwzapalnym, przeciwbakteryjnym, przeciwhormonalnym oraz łagodzi napięcie centralnego układu nerwowego [Nowak i in. 2013]. Wykazano również, że ekstrakt z *P. officinalis* L. w swoim składzie posiada kwas junnanowy B. Jest to niepowtarzalna cząsteczka, która do tej pory została wyizolowana tylko z pochodzącej z Chin rośliny *Salvia yunnanensis* [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2018].

Wykorzystanie roślin z rodzaju *Pulmonaria* w przemyśle kosmetycznym

Ekstrakt *P. officinalis* L. ze względu na właściwości ściągające, zmiękczające, poprawiające stan i kondycję skóry znalazł szczególne miejsce w dziedzinie kosmetologii [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2018]. Składniki bioaktywne zawarte w roślinie stanowią źródło korzyści zdrowotnych i pielęgnacyjnych. Kwas krzemowy cechuje zdolność oczyszczania twarzy i wygładzenia naskórka, co jest szczególnie istotne w walce z trądzikiem [Mazurek i in. 2017]. Kwas askorbinowy jest substancją antyoksydacyjną, wygładza skórę, zmniejsza ilość zmarszczek, niweluje przebarwienia, a także poprawia koloryt skóry. Ze względu na działanie przeciwzapalne oraz stymulujące syntezę cerami-

dów stosowany jest jako składnik kremów przeznaczonych dla skóry wrażliwej oraz dojrzalej [Kleszczewska 2007]. Kwas rozmarynowy posiada właściwości przeciwalergiczne, przeciwbakteryjne, odkażające, antykancerogenne, uszczelnia naczynia krwionośne. Chroniąc skórę przed szkodliwym działaniem promieniowania UV, spełnia rolę naturalnego filtra [Wszolek i in. 2018]. Alantoina charakteryzuje się szerokim spektrum korzystnego wpływu na skórę, m.in. działa keratolitycznie, nawilżająco, łagodzi podrażnienia, hamuje stany zapalne, regeneruje naskórek [Arct i in. 2016]. Wykorzystywana jest w produkcji preparatów w formie emulsji do kąpieli, mleczek, kremów i balsamów przeznaczonych dla skóry suchej, wrażliwej oraz problematycznej [Szymańska 2012].

Wykorzystanie roślin z rodzaju *Pulmonaria* w przemyśle farmakologicznym

Ze względu na dużą zawartość substancji biologicznie czynnych miodunka płamista wchodzi w skład mieszanek ziołowych o działaniu leczniczym i wspomagającym leczenie chorób. Ma pozytywny wpływ na układ oddechowy, zwiększa zdolność gojenia się uszkodzonej tkanki płuc, przyspiesza proces zwłóknienia ognisk gruźliczych, a także usuwanie wydzieliny z górnych dróg oddechowych [Klećkowska-Nawrot i in. 2013]. Ziele miodunki wchodzi w skład suplementów diety. Nadziemne części rośliny w połączeniu z podbiałem stosowane są w leczeniu przewlekłego kaszlu m.in. w przypadku krztuśca [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2018].

Badania *in vitro* na izolatach klinicznych *Staphylococcus aureus* udowodniły, że ekstrakt z *P. officinalis* L. został zaaprobowany jako produkt przeciwegronkowcowy. Hamowanie adhezji drobnoustrojów, aktywności sortazy A oraz produkcji α -toksyn odgrywa kluczową rolę w leczeniu pacjentów zmagających się z mukowiscydozą w początkowej fazie kolonizacji dróg oddechowych przez gronkowce [Sadowska i in. 2019]. Analiza fitochemiczna wykazała, że kompozycja związków aktywnych ekstraktu *P. officinalis* L. wpływa na działanie hamujące acetylocholinoesterazę, tyronazę oraz charakteryzuje się dużą aktywnością przeciwutleniającą. Na podstawie wniosków pochodzących z doświadczenia wynika, że roślina jest obiecującym kandydatem w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych, m.in. choroby Parkinsona, Alzheimerera, a także demencji [Neagu i in. 2018]. Związki fitochemiczne obecne w roślinach z rodzaju *Pulmonaria* wyróżniają się właściwościami przeciwzapalnymi, przeciwanemicznymi, przeciwbakteryjnymi oraz przeciwdrgawkowymi [Chauhan i in. 2022].

Napary pozyskiwane z rośliny stosowane są jako lek na zaburzenia układu moczowego, zapalenia pęcherza moczowego, wykazują również działanie przeciwkamicowe, moczopędne oraz napotne. Ekstrakt z miodunki będący składnikiem bioaktywnych hydrożeli pomaga w leczeniu ran z ciężkim i średnim wysiękiem [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2018]. Miodunka jest najczęściej dostępna w postaci nalewek, herbat, kapsułek. Wodne wyciągi z ziela miodunki mają nieocenioną skuteczność w kuracjach odtruwających [Różański 2011].

Wykorzystanie roślin z rodzaju *Pulmonaria* w przemyśle spożywczym

Gatunki z rodzaju *Pulmonaria* oprócz zastosowania w przemyśle kosmetycznym i farmaceutycznym stanowią cenny surowiec spożywczy. Źródło pożywienia stanowią

różne fragmenty roślin, głównie kwiaty i liście [Chauhan i in. 2022]. Części te są bogate m.in. w alkaloidy, taniny, kwasy fenolowe, flawonoidy, witaminę C, witaminy z grupy B, żelazo i magnez [Papp i in. 2011, Akram i in. 2017]. Zgodnie z dawnymi publikacjami, w Polsce spożywano rośliny z rodzaju *Pulmonaria* podczas okresów głodu, a z ich liści gotowano polewkę [Łuczaj 2011]. Współcześnie wspomniane gatunki zostały włączone do kuchni jako składniki potraw zgodnych z dietą wegańską i wegetariańską. Na rynku dostępne są nadziemne części tych roślin, oferowane jako ziele miodunki *Herba Pulmonariae*, powszechnie wykorzystywane w tworzeniu suplementów diety oraz mieszanek ziołowych [Krzyżanowska-Kowalczyk i in. 2021]. Zbadano, że herbata z liści *P. officinalis* L. wykazuje wyraźne właściwości antyoksydacyjne [Ivanova i in. 2005]. Inne produkty komercyjne, oparte na *P. officinalis* L., obejmują nalewki macerowane w alkoholu [Chauhan i in. 2022].

Kwiaty *P. officinalis* L. kryją w sobie znaczną ilość nektaru, który stanowi pożywienie dla owadów zapylających [Jacquemyn i in. 2013]. Obecność nektaru, a w następstwie słodki smak kwiatów roślin z rodzaju *Pulmonaria* nawiązują do polskiej nazwy rodzajowej miodunki [Łuczaj 2011]. *P. mollis* Wulfen ex Hornem. pełni istotną rolę w procesie wytwarzania produktów piekarniczych o podwyższonej funkcjonalności i wartości odżywczej. Wyroby pszenne z dodatkiem ekstraktu *P. mollis* Wulfen ex Hornem. mogą być polecane jako składnik diety wspomagający zapobieganie niedoborom żelaza [Borieva i in. 2019].

Podsumowanie

Rodzaj *Pulmonaria*, należący do rodziny ogórecznikowatych, obejmuje 18 gatunków roślin. Występuje w Azji i Europie, głównie w miejscach zacienionych, na wilgotnych glebach. Wieloletnie badania naukowe oraz doświadczenia przodków dowodzą, że rośliny z rodzaju *Pulmonaria* znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach. Wykorzystywane są w celach kosmetycznych, leczniczych oraz spożywczych. Wśród licznych właściwości, wynikających z bogatego składu chemicznego, wskazać można działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwzapalne i antyoksydacyjne. Ekstrakty ziołowe z miodunki korzystnie wpływają na leczenie wielu dolegliwości, szczególnie chorób układu oddechowego. Ponadto słuszne będzie zastosowanie ich w walce z chorobami niszczącymi układ nerwowy i moczowy. Szerokie spektrum działania *Pulmonaria* pozwala na użycie opisywanych gatunków w produkcji kremów, emulsji i balsamów przeznaczonych do cery problematycznej, dojrzałej, wrażliwej oraz suchej. Rośliny te mogą w kosmetykach pełnić rolę antyoksydantu, humektantu, składnika oczyszczającego skórę, wyrównującego koloryt, a nawet naturalnego filtra przeciwsłonecznego. Włączenie do diety *P. mollis* Wulfen ex Hornem. lub *P. officinalis* L. pozwala na zwiększenie wartości odżywczej posiłków.

Bibliografia

- Akram M., Rashid A., 2017. Anti-coagulant activity of plants: mini review. J. Thromb. Thrombolysis 44(3), 406–411, <https://doi.org/10.1007/s11239-017-1546-5>
- Arct J., Depta P., 2016. Alantoina – działanie i wykorzystanie kosmetyczne. Pol. J. Cosmetol. 19(1), 12–17.

- Baca-García E., Blasco-Fontecilla H., Blanco C., Díaz-Sastre C., Pérez-Rodríguez M.M., Sáiz-Ruiz J., 2007. Acute atropine intoxication with psychiatric symptoms by herbal infusion of *Pulmonaria officinalis* (Lungwort). *Eur. J. Psychiat.* 21(2), 93–97.
- Borieva L.Z., Tamakhina A.Y., Akhkubekova A.A., 2019. Formation of wheat bread quality indicators when adding *Pulmonaria mollis* extract (*Pulmonaria mollis*). *Novye Tehnologii* 0(3), 20–28.
- Chauhan S., Jaiswal V., Cho Y.I., Lee H.J., 2022. Biological activities and phytochemicals of Lungworts (Genus *Pulmonaria*) focusing on *Pulmonaria officinalis*. *Appl. Sci.* 12(13), 6678, <https://doi.org/10.3390/app12136678>
- Dyshlyuk L.S., Fedorova A.M., Dolganyuk V.F., Prosekov A.Y., 2020. Optimization of extraction of polyphenolic compounds from medicinal Lungwort (*Pulmonaria officinalis* L.). *J. Pharm. Res. Int.* 32(24), 36–45, <https://doi.org/10.9734/jpri/2020/v32i2430807>
- Ivanova D., Gerova D., Chervenkov T., Yankova T., 2005. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.* 96(1-2), 145–150, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.08.033>
- Jacquemyn H., Lenaerts M., Brys R., Willems K., Honnay O., Lievens B., 2013. Among-population variation in microbial community structure in the floral nectar of the bee-pollinated forest herb *Pulmonaria officinalis* L. *PLOS One* 8(3), 1–12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056917>
- Klećkowska-Nawrot J., Nowaczyk R., Chrószcz A., Janeczek M., 2013. Ziołolecznictwo w medycynie weterynaryjnej. W: M. Felsmann, J. Szarek, M. Felsmann (red.), *Dawna medycyna i weterynaria. Środowisko a zwierzę*. Chełmno, 217–240.
- Kleszczewska E., 2007. Biologiczne znaczenie witaminy C ze szczególnym uwzględnieniem jej znaczenia w metabolizmie skóry. *Pol. Merk. Lek.* 23(138), 462–465.
- Kołodziejczyk-Czepas J., Szejka M., Pawlak A., Żbikowska H.M., 2015. Właściwości przeciwutleniające kwasu kawowego i jego pochodnych. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość* 3(100), 5–17, <https://doi.org/10.15193/zntj/2015/100/035>
- Kozłowska-Szerenos B., Ciereszko I., 2013. Udział askorbinianu w odpowiedzi roślin na niekorzystne czynniki środowiska. W: I. Ciereszko i A. Bajguz (red.), *Różnorodność biologiczna – od komórki do ekosystemu. Rośliny i grzyby w zmieniających się warunkach środowiska*. Pol. Tow. Botaniczne, Białystok, 69–82.
- Krzyżanowska-Kowalczyk J., Kowalczyk M., Ponczek M.B., Pecio Ł., Nowak P., Kołodziejczyk-Czepas J., 2021. *Pulmonaria obscura* and *Pulmonaria officinalis* Extracts as Mitigators of Peroxynitrite-Induced Oxidative Stress and Cyclooxygenase-2 Inhibitors-In Vitro and In Silico Studies. *Molecules* 26(631), 1–18, <https://doi.org/10.3390/molecules26030631>
- Krzyżanowska-Kowalczyk J., Pecio Ł., Mołdoch J., Ludwiczuk A., Kowalczyk M., 2018. Novel phenolic constituents of *Pulmonaria officinalis* L. LC-MS/MS comparison of spring and autumn metabolite profiles. *Molecules* 23(2277), 1–32, <https://doi.org/10.3390/molecules23092277>
- Łuczaj Ł., 2011. Dzikie rosnące rośliny jadalne użytkowane w Polsce od połowy XIX w. do czasów współczesnych. *Etnobiol. Pol.* 1, 57–125.
- Mazurek A., Kozioł A., 2017. Zastosowanie związków nieorganicznych w kosmetykach. *Kosmet. Estet.* 6(2), 159–164.
- Meeus S., Brys R., Honnay O., Jacquemyn H., 2013. Biological flora of the British Isles: *Pulmonaria officinalis*. *J. Ecol.* 101(5), 1353–1368, <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12150>
- Meeus S., Janssens S., Helsen K., Jacquemyn H., 2016. Evolutionary trends in the distylous genus *Pulmonaria* (Boraginaceae): Evidence of ancient hybridization and current interspecific gene flow. *Mol. Phylog. Evol.* 98, 63–73, <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.11.022>
- Neagu E., Radu G.L., Albu C., Paun G., 2018. Antioxidant activity, acetylcholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of *Pulmonaria officinalis* and *Centarium umbellatum* extracts. *Saudi J. Biol. Sci.* 25(3), 578–585, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.016>
- Nowak K., Ogonowski J., Jaworska M., 2013. Rozmaryn – roślina bogata w związki biologicznie czynne. *Chemik.* 67(2), 133–135.

- Papp N., Bencsik T., Németh K., Gyergyák K., Sulc A., Farkas A., 2011. Histological study of some *Echium vulgare*, *Pulmonaria officinalis* and *Symphytum officinale* populations. Nat. Prod. Commun. 6(10), 1475–1478.
- Sadowska A., Skarżyńska E., Rakowska R., Batogowska J., Waszkiewicz-Robak B., 2014. Substancje bioaktywne w surowcach pochodzenia roślinnego i roślinach zielarskich. Post. Tech. Przetw. Spoż. 2, 131–135.
- Sadowska B., Wójcik U., Krzyżanowska-Kowalczyk J., Kowalczyk M., Stochmal A., Rywaniak J., Różalska B., 2019. The Pros and Cons of cystic fibrosis (CF) patient use of herbal supplements containing *Pulmonaria officinalis* L. extract: the evidence from an in vitro study on *Staphylococcus aureus* CF clinical isolates. Molecules 24(1151), 1–15, <https://doi.org/10.3390/molecules24061151>
- Samaszko-Fiertek J., Roguszczyk P., Dmochowska B., Ślusarz R., Madaj J., 2016. Rutyna: budowa, właściwości. Wiad. Chem. 70(7-8), 435–453.
- Sembratowicz I., Ognik K., Rusinek E., Truchliński J., 2008. Zawartość garbników oraz kwasu szczawowego w wybranych owocach leśnych w zależności od miejsca pozyskania. Roczn. Państw. Zakł. Hig. 59(1), 41–46.
- Sulborska-Różycka A., 2019. Rośliny pożytkowe. Pasieka, Kleczna Dolna.
- Szymańska E., 2012. Alantoina – właściwości gojące i przeciwzapalne. Pediatr. Med. Rodz. 8(1), 73–77.
- Śledź M., Witrowa-Rajchert D., 2012. Składniki biologicznie czynne w suszonych ziołach – czy ciągle aktywne? Kosmos 61(2), 319–329.
- Wszolek K., Piotrowska A., 2018. Polifenole roślinne w kosmetologii. W: M. Maciąg, K. Maciąg (red.), Medyczne aspekty kosmetologii i dietetyki. Wyd. Nauk. Tygiel, Lublin, 67–75.

Popularność i postrzeganie kosmetyków zawierających produkty pszczele

Popularity and perception of cosmetics containing bee products

Wstęp

Pszczoły wytwarzają produkty mające zastosowanie nie tylko w dietetyce, ale również w kosmetologii, medycynie i farmacji. Tak szerokie zastosowanie jest możliwe dzięki licznym substancjom aktywnym obecnym w ich składzie. Produkty te posiadają unikalne właściwości i niepowtarzalny zakres działania [Kopczyńska i in. 2018, Kurek-Górecka i in. 2020].

Miód (INCI: Mel Extract) to jeden z najdoskonalszych produktów pochodzenia naturalnego, który ma wiele zastosowań w pielęgnacji kosmetycznej [Dubiago i in. 2018, Martinello i in. 2021]. Wykazuje działanie przeciwutleniające, przeciwgrzybicze, rozjaśniające, nawilżające, odżywcze, antystatyczne i kondycjonujące [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2019, Barszcz i Wojciechowska 2022, Kebede i in. 2024]. Wosk pszczeli (INCI: Cera Alba) to naturalny lipid wydzielany przez gruczoły woskowe pszczoły miodnej [Goik i in. 2016]. Poprawia wiązanie wody w maściach i kremach, pozostawia na skórze ochronny film oraz wzmacnia właściwości ochronne kremów przeciwsłonecznych, regeneruje i wygładza naskórek oraz działa lekko przeciwzapalnie [Kowalczuk i in. 2023, Kebede i in. 2024]. Jest stosowany w pomadkach, błyszczkach i korektorach, gdyż zapewnia połysk, konsystencję i kolor [Goik i in. 2016]. Pyłek kwiatowy (INCI: Bee Pollen) stanowi bogate źródło związków biologicznie czynnych [Piotrowska i in. 2018, Dumitru i in. 2022]. Zidentyfikowano w nim ponad 250 substancji [Kędzia 2008]. Ma właściwości ochronne, nawilżające i przeciwzapalne, zapobiega przesuszeniu i starzeniu się skóry [Kowalczuk i in. 2023]. Jad pszczeli (INCI: Bee Venom) to mieszanina biologicznie aktywnych białek, enzymów oraz amin biogennych. Apitoksyna stanowi naturalną alternatywę niektórych leków i jest wykorzystywana w farmacji i medycynie oraz w leczeniu i pielęgnacji skóry. Ma właściwości przeciwtrądzikowe, ujędrniające i przeciwstarzeniowe. Jad pszczeli stosowany w terapii trądziku, atopowego zapalenia skóry, łysienia i łuszczycy [Łukasiewicz 2021, Kebede i in. 2024]. Mleczko pszczele (INCI: Royal Jelly) jest ważnym składnikiem kremów, balsamów i płynów pielęgnacyjno-odżywczych do wszystkich rodzajów skóry. Pobudza metabolizm komórkowy i normalizuje wydzie-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Ekologicznej Produkcji Żywności, Patrycja.wojtaszko@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła

lanie gruczołów łojowych, tonizuje, poprawia nawilżenie i elastyczność skóry [Martinnello i in. 2021, Barszcz i Wojciechowska 2022]. Propolis (INCI: Propolis Extract), znany również jako kit pszczele, działa przeciwzapalnie, przeciwbakteryjnie i przeciwstarzeniowo. Jest stosowany w kremach do pielęgnacji skóry i włosów. Stymuluje produkcję kolagenu, wspomaga walkę z trądzikiem i problemami stomatologicznymi oraz leczenie odmrożeń i oparzeń [De Groot 2013, Dumitru i in. 2022, Kowalczyk i in. 2023].

Celem pracy była ocena popularności kosmetyków zawierających produkty pszczele i zbadanie, jak są one postrzegane przez osoby, które je stosują. Motywem do podjęcia badań w tym zakresie był fakt, że produkty pszczele wchodzi w skład wielu kosmetyków i coraz więcej znanych marek wprowadza linie kosmetyczne z dodatkiem produktów pszczelich do swojej oferty. Jednocześnie na rynku kosmetycznym obserwuje się zainteresowanie produktami wpisującymi się w trendy związane z ekologią i zdrowym stylem życia.

Material i metody

W badaniach wykorzystano autorską ankietę, którą udostępniono na początku 2024 roku w mediach społecznościowych. Grupą docelową były kobiety, które deklarowały używanie w codziennej pielęgnacji kosmetyków zawierających produkty pszczele. W badaniach, które trwały 2 miesiące, wzięło udział 110 osób. Przeważającą grupę (72,7%) stanowiły osoby w wieku do 30 lat (tab. 1). Tak wysoki odsetek młodych kobiet prawdopodobnie wynikał z faktu zamieszczenia ankiety w mediach społecznościowych. Większość ankietowanych mieszkała w miastach różnej wielkości (64,5%). W grupie tej przeważały kobiety mieszkające w miastach > 200 tys. mieszkańców (28,2%). Osoby mieszkające na wsiach stanowiły 35,5%. Niemal połowa (48,2%) ankietowanych miała wyższe wykształcenie, a wykształcenie średnie (ogólnokształcące lub zawodowe) deklarowało 47,3%.

Kwestionariusz składał się z 11 pytań. Miały one formę pytań jednokrotnego bądź wielokrotnego wyboru (w niektórych dopuszczono możliwość zaznaczenia więcej niż jednej odpowiedzi), a w przypadku jednego pytania zastosowano 5-punktową skalę Likerta. Wyniki zestawiono w formie arkusza Excel, a do oceny zebranych danych wykorzystano statystyki opisowe (n i %).

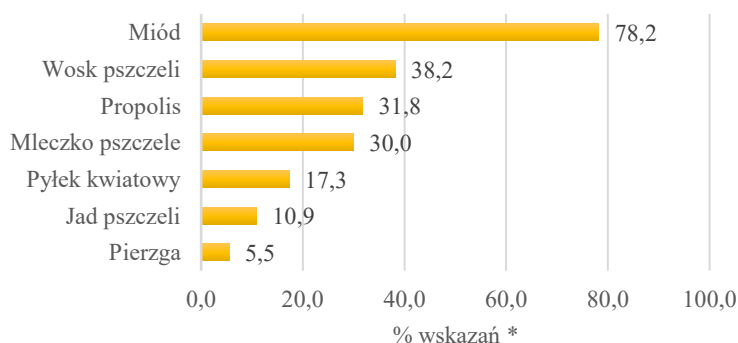
Tabela 1. Charakterystyka demograficzna respondentów

Wyszczególnienie		Liczba respondentów	%
Wiek	do 21 lat	43	39,1
	22–30	37	33,6
	31–40	6	5,5
	41–50	17	15,5
	> 50	7	6,4

Wyszczególnienie		Liczba respondentów	%
Miejsce zamieszkania	wieś	39	35,5
	miasto < 50 tys. mieszkańców	24	21,8
	miasto 50–100 tys. mieszkańców	7	6,4
	miasto 101–200 tys. mieszkańców	9	8,2
	miasto > 200 tys. mieszkańców	31	28,2
Wykształcenie	podstawowe	5	4,5
	średnie (ogólnokształcące/zawodowe)	52	47,3
	wyższe	53	48,2

Wyniki i ich omówienie

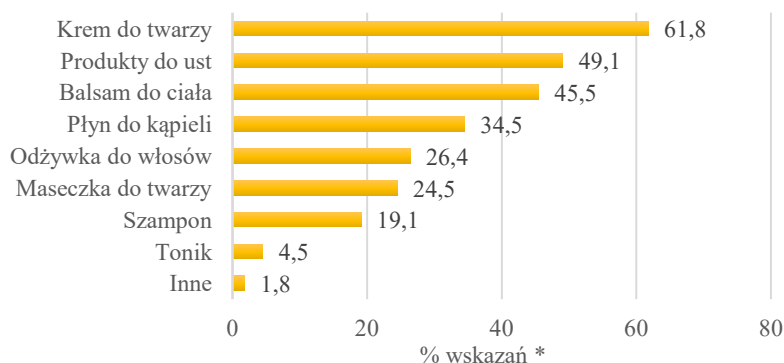
Jak wynika z ryciny 1, najpopularniejszymi kosmetykami były kosmetyki z miodem. Ich używanie deklarowało 78,2% kobiet. Produkty te były wskazywane najczęściej przez kobiety w każdym wieku, o średnim wykształceniu oraz mieszkanki miast liczących 50–200 tys. mieszkańców. Ponad dwukrotnie rzadziej wskazywano te kosmetyki, które zawierały воск pszczele (38,2%), a ceniły je szczególnie kobiety > 30 lat, o wyższym wykształceniu, mieszkające w miastach < 50 tys. mieszkańców. Produktów zawierających propolis i mleczko pszczele używało odpowiednio 31,8 i 30,0% kobiet, a najczęściej wybierały je kobiety starsze (> 50 lat), z wyższym wykształceniem i mieszkające w dużych miastach (> 200 tys. mieszkańców). Na trzech ostatnich miejscach znalazły się kosmetyki zawierające pyłek kwiatowy (17,3%), jad pszczele (10,9%) oraz pierzgę (5,5%). Na taki rozkład odpowiedzi mogła w dużej mierze wpływać większa dostępność i różnorodność kosmetyków zawierających takie produkty pszczele, jak miód, воск pszczele czy propolis. Również w badaniach Przybyłowskiego i Wilczewskiej [2017] wykazano, że najchętniej wybieranym dodatkiem do kosmetyków był miód. Stosowanie kosmetyków z tym składnikiem deklarowało 45% konsumentek, a najczęściej sięgały po nie kobiety w wieku 18-26 lat (55%) oraz powyżej 65. roku życia (54%). Na kolejnych miejscach we wspomnianych badaniach uplasowały się kosmetyki z propolisem (21%), mleczkiem pszczelim (18%) oraz pyłkiem kwiatowym (4%), a stosowania preparatów z jadem pszczelim nie zadeklarowała żadna z respondentek. W pracy Kowalczuk i in. [2023] używanie kosmetyków z miodem deklarowało 42,9% respondentów, z woskiem pszczelim – 15,7%, a z mleczkiem pszczelim – 11,5%. Jak podają Kopała i in. [2019], duża popularność kosmetyków z miodem może w znacznym stopniu wynikać z dużej wiedzy konsumentów odnośnie do jego działania.



* – ankietowane mogły wskazać więcej niż 1 odpowiedź

Ryc. 1. Rodzaje produktów pszczelich zawartych w kosmetykach używanych przez ankietowane kobiety

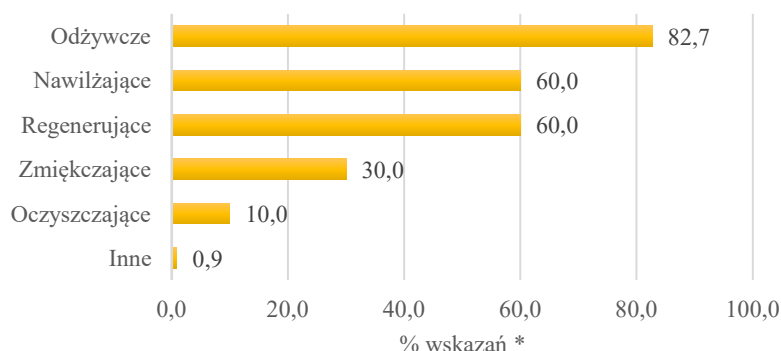
Produkty pszczele znalazły zastosowanie w różnego rodzaju kosmetykach [Przybyłowski i Wilczewska 2017, Barszcz i Wojciechowska 2022]. Z danych przedstawionych na rycinie 2 wynika, że najchętniej używanymi kosmetykami z produktami pszczelimi były kremy (61,8%) i produkty do ust (49,1%), przy czym kremy były najpopularniejszym kosmetykiem w każdej grupie wiekowej, a produkty do ust częściej wskazywały osoby do 50. roku życia oraz te ze średnim lub wyższym wykształceniem. Bardzo popularne były również balsamy do ciała (45,5%) i płyny do kąpieli (34,4%). Mniejszym uznaniem cieszyły się odżywki do włosów (26,4%), maseczki do twarzy (24,5%) oraz szampony (19,1%), a wskazywały je głównie osoby młodsze (do 40. roku życia), ze średnim lub wyższym wykształceniem oraz mieszkanki miast > 100 tys. mieszkańców. Najrzadziej wskazywanym produktem zawierającym produkty pszczele był tonik. Używanie tego produktu zadeklarowało tylko 5 respondentek. W badaniach Przybyłowskiego i Wilczewskiej [2017] ankietowani najczęściej sięgali po żele pod prysznic i mydła (po 19% respondentów) oraz balsamy do ciała (16%).



* – ankietowane mogły wskazać więcej niż 1 odpowiedź

Ryc. 2. Rodzaje kosmetyków zawierających produkty pszczele używanych przez ankietowane kobiety

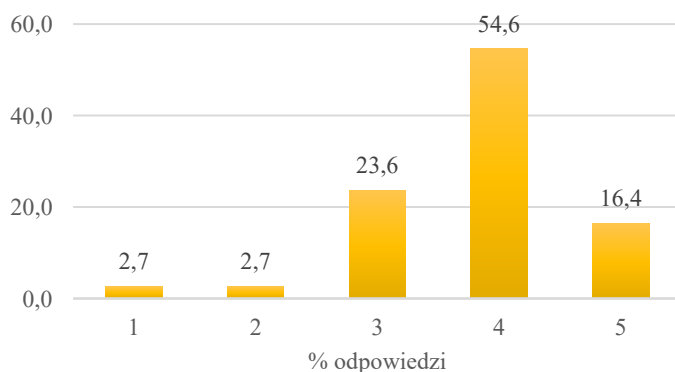
Poszczególne produkty pszczele zawierają określone substancje aktywne, od których zależą ich właściwości lecznicze i pielęgnacyjne [Barszcz i Wojciechowska 2022]. Użytkowniczki kosmetyków z produktami pszczelimi zapytane o oczekiwania dotyczące ich działania (ryc. 3) wymieniały właściwości odżywcze (82,7%) oraz regenerujące i nawilżające (po 60,0%). Do odżywczego działania kosmetyków z produktami pszczelimi większą wagę przywiązywały kobiety > 50. roku życia, a właściwości regenerujące i nawilżające były najważniejsze dla kobiet w wieku 31–50 lat. Nie odnotowano znaczących różnic w częstości wskazywania tych odpowiedzi pomiędzy respondentkami o różnym wykształceniu oraz mieszkającymi na wsiach i w miastach. Wśród rzadziej wskazywanych odpowiedzi pojawiło się działanie zmiękczające (30,0%) oraz oczyszczające (10,0%). Jedna osoba zaznaczyła, że oczekuje innych właściwości, jednak nie podała, jakich. W badaniach Kowalczyk i in. [2023] dla użytkowników produktów z miodem najważniejsze było ich działanie nawilżające, łagodzące podrażnienia, oczyszczające. Dla 16,8% stosujących kosmetyki na bazie miodu ważne było także ich działanie związane z zatrzymywaniem procesu starzenia się skóry.



* – ankietowane mogły wskazać więcej niż 1 odpowiedź

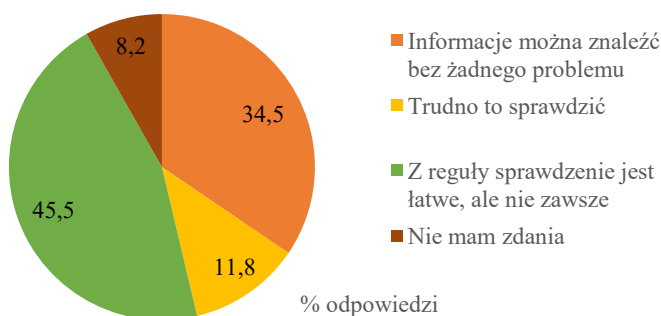
Ryc. 3. Oczekiwania użytkowniczek kosmetyków zawierających produkty pszczele odnośnie do ich właściwości

Respondentki zostały poproszone, by w skali od 1 do 5 pkt ocenić swoje odczucia związane ze stosowaniem i skutecznością kosmetyków, których formuła zawiera produkty pszczele. Należy podkreślić, że uzyskane wyniki wskazują na pozytywny ich odbiór (ryc. 4). Największa liczba ankietowanych – 60 kobiet – kryterium to oceniła na 4 pkt (stanowiły one 54,6% ogółu respondentek), a 18 kobiet (16,4% ogółu) przyznało notę najwyższą. Poziom zadowolenia z działania kosmetyków zawierających produkty pszczele nie różnił się znacząco wśród kobiet w różnym wieku, bowiem z podobną częstotliwością oceniały ich działanie na 4 lub na 5 pkt. Niemal 1/4 ankietowanych (23,6%) swoje odczucia związane ze stosowaniem kosmetyków z produktami pszczelimi oceniła na 3 pkt, a ocenę taką częściej wybierały osoby z wyższym wykształceniem oraz mieszkające w miastach > 200 tys. mieszkańców. Na doświadczenia negatywne (1 lub 2 pkt) wskazało łącznie 6 kobiet (5,4%).



Ryc. 4. Stopień akceptacji kosmetyków zawierających produkty pszczele w 5-punktowej skali

Zgodnie z przepisami obowiązującymi na rynku kosmetyków w UE [Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009] każdy składnik użyty do produkcji kosmetyku powinien być odpowiednio nazwany, tak aby możliwa była jego łatwa identyfikacja [Chochół 2006]. Wiąże się to z obowiązkiem podawania na opakowaniach informacji o składnikach stosowanych do produkcji kosmetyków, przy czym surowce użyte w wyrobie wyszczególnione powinny być zgodnie z zasadą malejącej zawartości – od największego do najmniejszego stężenia. Zasada ta nie obowiązuje jedynie w odniesieniu do związków, których zawartość w kosmetyku jest mniejsza niż 1% – te producent może wymienić w dowolnej kolejności. Dane z ryciny 5 wskazują, że zdaniem 34,5% ankietowanych informacje zamieszczone na etykiecie kosmetyków pozwalają łatwo sprawdzić, czy zawierają one produkty pszczele, a 45,5% uważa, że nie zawsze jest to możliwe. Według 11,8% kobiet na etykietach produktów kosmetycznych trudno jest znaleźć informacje, że dany produkt zawiera substancje pozyskiwane od pszczół, a 8,2% kobietom nie udało się jednoznacznie wyrazić opinii w tym zakresie i wybrały odpowiedź: „nie mam zdania”.



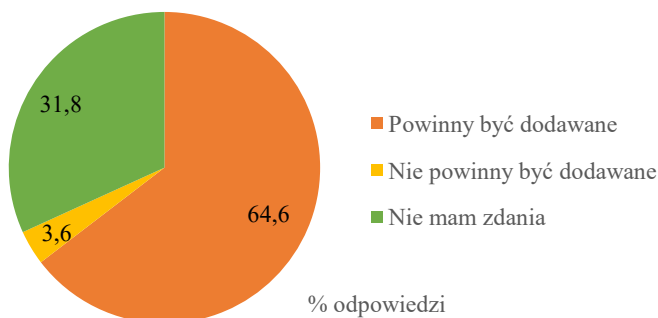
Ryc. 5. Zdanie ankietowanych odnośnie do oznakowania obecności produktów pszczelich na etykietach kosmetyków

Pozytywne postrzeganie kosmetyków zawierających produkty pszczele wyrażone przez ankietowane w postaci wysokich not przyznanych za odczucia związane z ich użytkowaniem (patrz ryc. 4) potwierdzają wyniki zawarte na rycinie 6. Stwierdzono bowiem, że zdaniem większości ankietowanych (62,7%) produkty pszczele mają korzystny wpływ na urodę, a 24,6% z nich oceniło pozytywnie ich działanie, z zastrzeżeniem, że nie zawsze jest to zauważalne. Wątpliwości takie miały głównie osoby młode (do 21 lat), mieszkające na wsiach oraz z wyższym i średnim wykształceniem. Tylko jedna osoba (0,9%) wyraziła opinię, że takie kosmetyki nie mają korzystnego działania na urodę, a 11,8% nie było w stanie odpowiedzieć jednoznacznie na to pytanie.



Ryc. 6. Zdanie ankietowanych odnośnie do korzystnego działania produktów pszczelich na urodę

Respondentki zapytano także, czy ich zdaniem dodawanie produktów pszczelich jako składnika kosmetyków jest słuszne (ryc. 7). Odpowiedzi twierdzącej udzieliło 64,6% kobiet biorących udział w ankiecie, a tylko 3,6% było przeciwnych i nie widziało uzasadnienia dla stosowania substancji pozyskiwanych od pszczół w formule kosmetyków. W przypadku znacznego odsetka kobiet (31,8%), chociaż były one użytkowniczkami kosmetyków zawierających produkty pszczele, stwierdzono brak zdecydowania w kwestii słuszności dodawania tych produktów do kosmetyków.



Ryc. 7. Zdanie ankietowanych odnośnie do słuszności dodawania produktów pszczelich do kosmetyków

Podsumowanie

Na podstawie wyników przeprowadzonej ankiety stwierdzono, że większość ankietowanych deklaruwała używanie kosmetyków zawierających miód, wosk pszczeli oraz propolis, przy czym preferencje dotyczące wyboru tych produktów różniły się w zależności od wieku, miejsca zamieszkania i wykształcenia ankietowanych. Ankietowane oczekiwały od nich przede wszystkim działania odżywczego, regenerującego i nawilżającego. Na odżywcze działanie kosmetyków z produktami pszczelimi zwracały przede wszystkim uwagę kobiety > 50. roku życia, a właściwości regenerujące i nawilżające były najważniejsze dla kobiet w wieku 31–50 lat. Spośród szerokiej gamy kosmetyków z produktami pszczelimi oferowanymi na rynku preparatów do pielęgnacji, ankietowane najchętniej używały kremów i produktów do ust. Bardzo popularne były również balsamy do ciała i płyny do kąpieli. Respondentki deklaruwały, że lubią używać kosmetyków z produktami pszczelimi, a poziom zadowolenia z ich działania nie różnił się znacząco w zależności od wieku, natomiast w odniesieniu do wykształcenia i miejsca zamieszkania ankietowanych obserwowano niewielkie różnice w ich ocenie. Stwierdzono, że zdaniem większości kobiet produkty pszczele w kosmetykach działają korzystnie na urodę, przy czym blisko 1/4 oceniło pozytywnie ich działanie, z zastrzeżeniem, że nie zawsze jest to zauważalne. Podkreślały to przede wszystkim kobiety młode (do 21 lat), mieszkające na wsiach oraz z wyższym i średnim wykształceniem.

Przedstawione badania, chociaż przeprowadzone w małej skali, mogą być ważnym elementem uzupełniającym i aktualizującym wiedzę na temat akceptowalności kosmetyków z produktami pszczelimi. Opinie kobiet stosujących kosmetyki z produktami pszczelimi potwierdzają, że są one dobrym wyborem dla każdego, kto pragnie naturalnie i skutecznie zadbać o dobrą kondycję, odżywienie i piękno skóry, włosów i paznokci. Wskazują również, że takie czynniki, jak wiek, miejsce zamieszkania i wykształcenie, mogą być ważnymi determinantami wyboru tego rodzaju kosmetyków.

Bibliografia

- Barszcz W., Wojciechowska K., 2022. Zastosowanie produktów pszczelich w kosmologii i dermatologii. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(4), 147–152, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.022>
- Chochół A., 2006. Wyroby kosmetyczne w świetle nowych uregulowań prawnych ze szczególnym uwzględnieniem obowiązującej nomenklatury surowców kosmetycznych i instytucji zajmujących się ich jakością. *Zesz. Nauk. Akademii Ekonomicznej w Krakowie* 718, 36–38.
- De Groot A.C., 2013. Propolis: A review of properties, applications, chemical composition, contact allergy, and other adverse effects. *Dermatitis* 24(6), 263–282, <https://doi.org/10.1097/der.000000000000011>
- Dubiago G., Nowak A., Klimowicz A., 2018. Wybrane właściwości miodu szczególnie przydatne w kosmologii. *Post. Fitoter.* 1, 58–64, <https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.1.58>
- Dumitru C.D., Neacsu I.A., Grumezescu A.M., Andronesu E., 2022. Bee-derived products: chemical composition and applications in skin tissue engineering. *Pharmaceutics* 14(4), 750, <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14040750>
- Goik U., Goik T., Załęska I., 2016. Właściwości wosku pszczelego i jego zastosowanie w kosmetyce i kosmologii. *Kosmetol. Estet.* 5(6), 617–622.
- Kebede I.A., Gebremeskel H.F., Ahmed A.D., Dule G., 2024. Bee products and their processing: a review. *Pharm. Pharmacol. Int. J.* 12(1), 5–12, <https://doi.org/10.15406/ppij.2024.12.00425>

- Kędzia B., 2008. Skład chemiczny i adaptogenne działanie pszczelego pyłku kwiatowego. Cz. I. Skład chemiczny. *Post. Fitoter.* 1, 47–58.
- Kędzia B., Holderna-Kędzia E., 2019. Zastosowanie miodu pszczelego w kosmetologii. *Herbalism* 1(5), 96–110.
- Kopała E., Kuźnicka E., Balcerak M., 2019. Survey of consumer preferences on the bee product market. Part 2. Bee products. *Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Anim. Sci.* 58(3), 223–227, <https://doi.org/10.22630/AAS.2019.58.3.22>
- Kopczyńska D., Klasik-Ciszewska S., Duda-Grychtoł K., 2018. Produkty pszczele w pielęgnacji skóry. *Med. Rodzinna* 1, 48–52, <https://www.czytelniamedyczna.pl/6271,produkty-pszczele-w-pielgnacji-sklry.html> [dostęp: 3.03.2024]
- Kowalczyk I., Gębski J., Stangierska D., Szymańska A., 2023. Determinants of honey and other bee products use for culinary, cosmetic, and medical purposes. *Nutrients* 15(3), 737, <https://doi.org/10.3390/nu15030737>
- Kurek-Górecka A., Górecki M., Rzepecka-Stojko A., Balwierz R., Stojko J., 2020. Bee products in dermatology and skin care. *Molecules* 25, 556, <https://doi.org/10.3390/molecules25030556>
- Łukasiewicz A., 2021. Zastosowanie jadu pszczelego w kosmetologii. *Aesth. Cosmetol. Med.* 10(1), 23–31, <https://doi.org/10.52336/acm.2021.10.1.04>
- Martinello M., Mutinelli F., 2021. Antioxidant activity in bee products: A review. *Antioxidants* 10(1), 71, <https://doi.org/10.3390/antiox10010071>
- Piotrowska A., Zając M., Tota Ł., Czerwińska O., Totko-Borkusiewicz N., Zuziak R., 2018. Analiza wpływu stosowania kremu z pszczelim pyłkiem kwiatowym na wybrane cechy skóry rąk oceniane subiektywnie i obiektywnie. *Post. Fitoter.* 1, 18–26, <https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.1.18>
- Przybyłowski P., Wilczewska A., 2017. Zachowania kobiet w zakresie zastosowania miodu i produktów pszczelich w kosmetyce. *Marketing i Zarządzanie* 2(48), 73–83, <https://doi.org/10.18276/miz.2017.48-07>
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych. *Dz.U. UE. L.2009.342.59*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:02009R1223-20231201> [dostęp: 7.03.2024]

Wzbogacanie jaj konsumpcyjnych w składniki bioaktywne

Enrichment of table eggs with bioactive components

Wstęp

Jaja konsumpcyjne należą do niedrogich i łatwo dostępnych produktów spożywczych oraz są bardzo pożywnym pokarmem, który dostarcza zbilansowanych składników odżywczych mających wpływ na zdrowie człowieka. Jaja zawierają wiele niezbędnych składników, takich jak: białka (m.in. albumina i globulina), tłuszcze (m.in. nasycone kwasy tłuszczowe), witaminy (tiamina, ryboflawina, niacyna, witamina B₆, B₁₂, kwas foliowy, witamina A, E, D, K), minerały (wapń, żelazo, magnez, fosfor, potas, sód i cynk) oraz związki bioaktywne (m.in. ksantofile i foswityna) [Kuang i in. 2018]. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, że dzięki korzystnemu profilowi aminokwasowemu zawierającemu wszystkie aminokwasy egzogenne i limitujące dla człowieka są one jednym z najlepszych źródeł wysokiej jakości białka [Réhault-Godbert i in. 2019].

Konsumenci coraz częściej zwracają uwagę nie tylko na cenę jaj, ale także na świeżość, barwę żółtka i skorupy, wartość odżywczą oraz walory prozdrowotne (m.in. niską zawartość cholesterolu oraz podwyższoną zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych i witamin), jak również na system utrzymania ptaków, z którego zostały pozyskane jaja. Najważniejszymi cechami kształtującymi wybory zakupowe poza ceną i świeżością surowca jest również masa jaja oraz barwa skorupy [Calik i Obrzut 2023]. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że preferencje konsumentów w zakresie barwy skorupy mają charakter lokalny [Aygun 2014]. Rosnący poziom świadomości konsumenckiej doprowadził do zmiany niektórych z zachowań zakupowych, kierując je na zakup żywności o podwyższonych walorach prozdrowotnych. Doprowadziło to do powstania nurtu badań zajmującego się możliwością tworzenia jaj wzbogaconych w składniki deficytowe w diecie człowieka. Celem pracy była analiza danych literaturowych dotyczących możliwości wzbogacania jaj konsumpcyjnych w składniki niedoborowe w diecie człowieka.

Fortyfikacja jaj konsumpcyjnych

Termin fortyfikacja żywności odnosi się do ogólnego wzbogacania żywności na różnych etapach jej produkcji – zarówno na etapie wzrostu i rozwoju roślin i zwierząt, jak również w procesie przetwórczym [Buturi i in. 2021]. Co więcej, zagadnienie to obej-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologii Hodowli i Użytkowania Drobiu, zdun.renata.anna@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej

muje dodatek lub podniesienie zawartości nie tylko składników mineralnych, ale i witamin [de Lourdes Samaniego-Vaesken i in. 2012, Oh i in. 2021, Rhowell i in. 2021], kwasów tłuszczowych, szczególnie z grupy n-3 [Patel i in. 2022, Feizollahi i in. 2018]. Choć o biofortyfikacji mówi się przede wszystkim w kontekście żywności pochodzenia roślinnego poddanej wzbogaceniu w składniki niedoborowe na etapie wzrostu roślin, możliwe jest również uzyskanie fortifikowanych surowców zwierzęcych. Proces ten zachodzi na drodze modyfikacji diety zwierząt, co umożliwia uzyskanie wyższej koncentracji składników niedoborowych, takich jak mikro- i makroelementy, kwasy tłuszczowe czy antyoksydanty.

W przypadku konsumpcyjnych jaj kurzych tematyka wzbogacania żółtka jaja w wielonienasycone kwasy tłuszczowe (*polyunsaturated fatty acids*, PUFA) została już dość dobrze poznana. Z uwagi na niewłaściwy stosunek kwasów tłuszczowych n3:n6 w diecie zwyczajowej, koniecznym wydaje się zapewnienie ich znacząco wyższej podaży w diecie człowieka, tak aby uzyskać wartość n3:n6 na poziomie 1:4–5 [Dutkowska i Rachon 2015]. Zbyt duża podaż kwasów n:6 w stosunku do kwasów n:3 może skutkować podwyższeniem ryzyka zachorowania na choroby cywilizacyjne, takie jak cukrzyca, otyłość, choroby sercowo-naczyniowe [Simopoulos 2004]. Do podniesienia zawartości PUFA w żółtku jaj wykorzystuje się najczęściej wzbogacenie diety kur niosek o surowce zawierające w swoim składzie znaczne ilości tych właśnie kwasów. Dotychczasowe prace badawcze skupiały się przede wszystkim na wprowadzeniu do diety kur niosek olejów roślinnych. W tym celu wykorzystywano olej rzepakowy, sojowy, lniany czy palmowy [Gao i in. 2021]. We wszystkich przypadkach stwierdzono, że profil lipidowy żółtka ulegał korzystnym zmianom. Obserwowano wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych przy zachowaniu jakości pozyskiwanych jaj. Poza olejami wykorzystywane były również nasiona roślin oleistych, takich jak słonecznik i len [Agullón-Páez i in. 2020] czy rzepak [Tan i in. 2022]. W przypadku stosowania nasion roślin oleistych uzyskany efekt podniesienia kwasów tłuszczowych był niższy niż w przypadku wykorzystania olejów roślinnych. Prawdopodobnie było to powodowane niższą zawartością oleju w nasionach, a także możliwością występowania w nich składników antyodżywczych.

Badania nie skupiały się jednak wyłącznie na zastosowaniu surowców roślinnych. Podejmowano również próby zastosowania oleju rybnego w różnych dawkach [Kralik i in. 2021] czy po poddaniu go kapsułkowaniu [Lawlor i in. 2010]. Z uwagi na stosunkowo korzystny profil kwasów tłuszczowych surowca udało się uzyskać zadowalające efekty wzbogacenia profilu kwasów tłuszczowych żółtek jaj. Niestety z uwagi na silny zapach tego surowca powoduje on obniżenie atrakcyjności sensorycznej jaj do poziomu nieakceptowanego przez konsumenta [Feng i in. 2020]. Co istotne, nie zaobserwowano podobnej zależności, wykorzystując oleje roślinne, jak olej lniany czy sojowy [Batkowska i in. 2021].

Jaja mogą być również wzbogacane o witaminy. Przykładem takich działań jest projekt „The Sunshine Eggs”, który przeprowadzono w Wielkiej Brytanii, a jego celem była biofortyfikacja jaj w witaminę D. Niedobory tej witaminy uznawane są za zagrożenie zdrowia publicznego. Jaja naturalnie zawierają pewien poziom witaminy D. Wynosi on około 3,15 µg/100 g jaja. Podczas badań nad projektem podawano kurom witaminę D₃ oraz 25-hydroksywitaminę D₃, a także 25-D (bardziej przyswajalna forma podawana w postaci gotowego preparatu) w różnych proporcjach. W jajach pozyskanych od kur skarmianych wyłącznie 25-D odnotowano 40% wzrost stężenia witaminy D w jaju [Clark

2021]. Podjęto również próbę wzbogacenia jaj w witaminę A, kolejną witaminę o kluczowym znaczeniu dla zdrowia. Jest ona niezbędna dla prawidłowego wzrostu oraz widzenia. Bierze również udział w odpowiedzi immunologicznej. Przeciętna zawartość witaminy A w jaju wynosi 79 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Przy suplementacji diety drobiu witaminą A w dawce 30 000 IU/kg paszy uzyskano koncentrację witaminy A w jaju na poziomie 10,08 $\mu\text{g}/\text{g}$ żółtka [Lima i Souza 2018].

Jaja są również bogatym źródłem mikro- i makroelementów. Badania dowodzą, że zawierają one fosfor, wapń, potas, sód oraz pierwiastki śladowe, m.in. miedź, żelazo, magnez, mangan, selen, cynk i jod [Réhault-Godbert i in. 2019]. Wysoki stopień ich przyswajalności wynikający z występujących w jajach połączeń organicznych sprawia, że jaja stanowią doskonałe źródło tych składników w diecie człowieka. Jest to szczególnie istotne w przypadku pierwiastków, które stanowią element niedoborowy diety. Warto w tym przypadku nadmienić, że problem tak zwanego „ukrytego głodu”, a więc niedoborów składników mineralnych, jest znaczącym problemem o skali globalnej. Zatem zapewnienie dostępu do żywności pełnowartościowej i/lub wzbogaconej w składniki niedoborowe stanowi jeden z kluczowych elementów zrównoważonego rozwoju. Mimo że jaja są bogatym źródłem składników odżywczych, nadal trwają intensywne prace nad możliwością wzbogacenia ich w mikro- i makroelementy [Witkowska i in. 2019].

Podstawowym problemem suplementacji mikroskładników jest ich niewielka biodostępność, szczególnie w przypadku form nieorganicznych. Dlatego też konieczne jest wdrażanie form organicznych mikroskładników. W dostępnym piśmiennictwie wskazano kilka zasadniczych kierunków w suplementacji diety kur niosek w składniki mineralne. Najczęściej wykorzystuje się w tym celu chelatowane formy mikroskładników, szczególnie chelaty z aminokwasami, jak glicyna i metionina [Xie i in. 2019]. Badania Brodackiego i in. [2018], którzy analizowali możliwości zwiększenia poziomu miedzi w treści jaja na drodze suplementacji chelatem miedzi z lizyną, wykazały znaczący wzrost poziomu tego mikroelementu w białku jaja. Niestety nie wszystkie pierwiastki mogą być wprowadzone w tej formie. Konieczne jest zatem stosowanie metod alternatywnych. Jedną z najlepiej poznanych jest wykorzystanie selenizowanych drożdży paszowych. Są to drożdże *Sacharomyces cerevisiae* poddane wzbogaceniu w selen na etapie wzrostu. Dzięki wysokiej zawartości białka oraz minerałów stanowią one cenny surowiec paszowy. Co bardziej istotne, stopień absorpcji selenu w takiej formie jest znacznie wyższy niż w postaci selenianu. Potwierdzają to dane prezentowane przez Utterbacki i in. [2005], którzy wykazali skuteczność tej formy suplementacji. W przypadku selenu należy jednocześnie zwrócić uwagę na fakt, że mimo cennych właściwości antyoksydacyjnych, w nadmiarze jest pierwiastkiem toksycznym.

Innym podejściem do wzbogacania jaj w składniki mineralne jest stosowanie dodatków roślinnych uprzednio wzbogaconych na drodze hodowli (w przypadku mikroalg) lub biofortyfikacji materiału roślinnego. W przypadku stosowania dodatku mikroalg można uzyskać przy tym efekt dwójaki. Badania wskazują z jednej strony na możliwość zmian profilu lipidowego żółtka [Rizzi i in. 2009], jak i samego odkładania się mikroelementów w treści jaja. Badania Michalak i in. [2011] wykazały, że zastosowanie diety wzbogaconej w mikroalgi biofortyfikowane miedzią i manganem przyczyniło się do zwiększonej depozycji tych składników w treści jaja. Nieco inną strategią było wykorzystywanie zjawiska biosorpcji na etapie kiełkowania roślin. Stosowane w tym celu nasiona soi akumulowały znaczne ilości mikroskładników, które następnie używano do wzboga-

cenia mieszanki paszowej. Jak wskazują autorzy tego rozwiązania, pozwoliło to na uzyskanie zadowalających efektów suplementacji bez szkody dla efektów produkcyjnych [Michalak i in. 2011].

Stosunkowo nową metodą wzbogacania żywności jest stosowanie nanomateriałów. Najczęściej są to cząsteczki metali lub ich tlenków, które zostają poddane rozdrobnieniu do uzyskania właściwego wymiaru. W badaniach Abedini i in. [2017] przeprowadzono porównanie skuteczności suplementacji kur niosek cynkiem różnego pochodzenia (ZnO, chelat cynku z metioniną, nanocząstki ZnO), wykazując najwyższą skuteczność zwiększania poziomu tego pierwiastka w jajach po zastosowaniu nanocząstek. Co więcej, obserwacje te zostały również potwierdzone w przypadku depozycji cynku w innych tkankach (piszczel, wątroba nerki). Badania nad zastosowaniem nanocząstek innych metali, jak żelazo [Mohammadi i in. 2017] czy miedź [Scott i in. 2018], wskazują na podobne tendencje. Jednocześnie należy zauważyć, że prace dotyczące nanocząstek w żywieniu kur niosek jest relatywnie niewiele i choć temat ten jest coraz lepiej poznany, najczęściej wykorzystuje się je w redukcji stresu oksydacyjnego u ptaków mięsnych.

Jaja można również wzbogacać w antyoksydanty poprzez skarmianie kur niosek roślinami z wysoką zawartością składników o właściwościach przeciwutleniających. Zastosowanie surowców roślinnych o właściwościach antyoksydacyjnych wpływa także pozytywnie na jakość jaj w kontekście ich przechowywalności – substancje czynne zawarte w roślinach spowalniają procesy utleniania zachodzące w jajach [Yusuf i Ofongo 2023]. Badania prowadzone przez Untea i in. [2020] wykazały, że włączenie do diety drobiu liści borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus* L.) i liści orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.) zwiększyło stabilność oksydacyjną żółtek. Jednocześnie suplementacja tych składników zwiększyła stężenie składników bioaktywnych w jajach, takich jak witamina A, luteina, cynk, zeaksantyna, oraz ogólną zawartość polifenoli. W celu zwiększenia zawartości fenoli w jajach stosuje się również nasiona lnu i kozieradki, suszone pomidory czy słodką paprykę, przy czym większą zawartość fenoli w żółtku uzyskuje się przy zastosowaniu lnu i kozieradki. Wzbogacenie jaj w składniki o charakterze antyoksydacyjnym pozwala na zachowanie stabilności surowca w czasie jego przechowywania czy przetworstwa, ale również wpływa na zachowanie równowagi oksydoredukcyjnej po ich spożyciu przez ludzi.

Podsumowanie

Badania nad wzbogacaniem jaj konsumpcyjnych w składniki odżywcze stanowią obszar o rosnącym znaczeniu w kontekście zapewnienia zdrowej i zrównoważonej diety. Jaja są nie tylko bogatym źródłem białka, tłuszczów, witamin i minerałów, ale także doskonale nadają się do wprowadzania dodatkowych składników o wartości odżywczej. Metody wzbogacania obejmują stosowanie różnych suplementów w diecie kur niosek, co prowadzi do modyfikacji składu jaja, zwłaszcza w zakresie kwasów tłuszczowych, witamin A, D i E oraz minerałów, takich jak selen czy cynk. Badania skupiają się również na zastosowaniu nanomateriałów, chelatowanych form mikroelementów oraz naturalnych antyoksydantów w celu poprawy wartości odżywczej jaj oraz ich stabilności. Wzbogacanie jaj może być skuteczną strategią w walce z niedoborami żywieniowymi oraz może wspierać ogólny stan zdrowia populacji. Jednocześnie istnieje potrzeba dalszych

badań nad optymalnymi metodami wzbogacania jaj, ich wpływem na zdrowie oraz akceptacją konsumentów, aby efektywnie wykorzystać potencjał tego cennego źródła żywnościowego.

Bibliografia

- Abedini M., Shariatmadari F., Torshizi M.K., Ahmadi H., 2017. Effects of a dietary supplementation with zinc oxide nanoparticles, compared to zinc oxide and zinc methionine, on performance, egg quality, and zinc status of laying hens. *Livest. Sci.* 203, 30–36, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.06.010>
- Aguillón-Páez Y.J., Romero L.A., Diaz G.J., 2020. Effect of full-fat sunflower or flaxseed seeds dietary inclusion on performance, egg yolk fatty acid profile and egg quality in laying hens. *Anim. Nutr.* 6(2), 179–184, <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.12.005>
- Aygun A., 2014. The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs. In: *Indian J. Anim. Res.* 48(3), 290–294, <http://dx.doi.org/10.5958/j.0976-0555.48.3.061>
- Buturi C.V., Mauro R.P., Fogliano V., Leonardi C., Giuffrida F., 2021. Mineral biofortification of vegetables as a tool to improve human diet. *Foods* 10(2), 223, <https://doi.org/10.3390/foods10020223>
- Calik J., Obrzut J., 2023. Influence of genotype on productivity and egg quality of three hen strains included in a Biodiversity Program. *Animals* 13(11), 1848, <https://doi.org/10.3390/ani13111848>
- Clark A., Kuznesof S.A., Davies S., Waller A., Ritchie A., Wilson S., Harbord L., Hill T., 2021. Egg enrichment with vitamin D: The Sunshine Eggs Project. *Nutr. Bull.* 46(3), 332–338, <http://dx.doi.org/10.1111/nbu.12509>
- de Lourdes Samaniego-Vaesken M., Alonso-Aperte E., Varela-Moreiras G., 2012. Vitamin food fortification today. *Food Nutr. Res.* 56(1), 5459, <https://doi.org/10.3402/fnr.v56i0.5459>
- Dutkowska A., Rachoń D., 2015. Rola kwasów tłuszczowych n-3 oraz n-6 w prewencji chorób układu sercowo-naczyniowego. *Chor. Serca Naczyń* 12(3), 154–159.
- Feizollahi E., Hadian Z., Honarvar Z., 2018. Food fortification with omega-3 fatty acids; microencapsulation as an addition method. *Curr. Nutr. Food Sci.* 14(2), 90–103, <https://doi.org/10.2174/1573401313666170728151350>
- Feng J., Long S., Zhang H.J., Wu S.G., Qi G.H., Wang J., 2020. Comparative effects of dietary microalgae oil and fish oil on fatty acid composition and sensory quality of table eggs. *Poul. Sci.* 99(3), 1734–1743, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.005>
- Gao Z., Zhang J., Li F., Zheng J., Xu G., 2021. Effect of oils in feed on the production performance and egg quality of laying hens. *Animals* 11(12), 3482, <https://doi.org/10.3390/ani11123482>
- Kralik G., Kralik Z., Grčević M., Galović O., Hanžek D., Biazik E., 2021. Fatty acid profile of eggs produced by laying hens fed diets containing different shares of fish oil. *Poul. Sci.* 100(10), 101379, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101379>
- Kuang H., Yang F., Zhang Y., Wang T., Chen G., 2018. The impact of egg nutrient composition and its consumption on cholesterol homeostasis. *Cholesterol* 2018, 6303810, <https://doi.org/10.1155/2018/6303810>
- Lawlor J.B., Gaudette N., Dickson T., House J.D., 2010. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 156(3–4), 97–103, <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.01.003>
- Lima H.J.D., Souza L.A.Z., 2018. Vitamin A in the diet of laying hens: enrichment of table eggs to prevent nutritional deficiencies in humans. *J. World. Poult. Sci.* 74(4), 619–629, <https://doi.org/10.1017/S004393391800065X>
- Michalak I., Chojnacka K., Dobrzański Z., Górecki H., Zielińska A., Korczyński M., Opaliński S., 2011. Effect of macroalgae enriched with microelements on egg quality parameters and mineral

- content of eggs, eggshell, blood, feathers and droppings. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 95(3), 374–387, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01065.x>
- Mohammadi H., Farzinpour A., Vaziry A., 2017. Reproductive performance of breeder quails fed diets supplemented with L-cysteine-coated iron oxide nanoparticles. *Reprod. Domest. Anim.* 52(2), 298–304, <https://doi.org/10.1111/rda.12902>
- Oh S., Cave G., Lu C., 2021. Vitamin B12 (Cobalamin) and micronutrient fortification in food crops using nanoparticle technology. *Front. Plant Sci.* 12, 668819, <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.668819>
- Patel A., Desai S.S., Mane V.K., Enman J., Rova U., Christakopoulos P., Matsakas L., 2022. Futuristic food fortification with a balanced ratio of dietary ω -3/ ω -6 omega fatty acids for the prevention of lifestyle diseases. *Trends Food Sci. Technol.* 120, 140–153, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.006>
- Réhault-Godbert S., Guyot N., Nys Y., 2019. The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutr.* 11(3), 684, <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Rhowell Jr N.T., Fernie A.R., Sreenivasulu N., 2021. Meeting human dietary vitamin requirements in the staple rice via strategies of biofortification and post-harvest fortification. *Trends Food Sci. Technol.* 109, 65–82, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.023>
- Rizzi L., Bochicchio D., Bargellini A., Parazza P., Simioli M., 2009. Effects of dietary microalgae, other lipid sources, inorganic selenium and iodine on yolk n-3 fatty acid composition, selenium content and quality of eggs in laying hens. *J. Sci. Food Agric.* 89(10), 1775–1781, <https://doi.org/10.1002/jsfa.3655>
- Scott A., Vadalasetty K.P., Chwalibog A., Sawosz E., 2018. Copper nanoparticles as an alternative feed additive in poultry diet: a review. *Nanotechnol. Rev.* 7(1), 69–93, <https://doi.org/10.1515/ntrev-2017-0159>
- Simopoulos A.P., 2004. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Rev. Int.* 20(1), 77–90, <https://doi.org/10.1081/FRI-120028831>
- Tan Q., Wang J.P., Zeng Q.F., Ding X.M., Bai S.P., Peng H.W., Xuan Y., Zhang K.Y., 2022. Effects of rapeseed meal on laying performance and egg quality in laying ducks. *Poul. Sci.* 101(3), 101678, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101678>
- Untea A.E., Varzaru I., Panaite T.D., Gavris T., Lupu A., Ropota M., 2020. The effects of dietary inclusion of bilberry and walnut leaves in laying hens' diets on the antioxidant properties of eggs. *Animals* 10(2), 191, <https://doi.org/10.3390/ani10020191>
- Utterback P.L., Parsons C.M., Yoon I., Butler J., 2005. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. *Poul. Sci.* 84(12), 1900–1901, <https://doi.org/10.1093/ps/84.12.1900>
- Witkowska Z., Świniarska M., Korczyński M., Opaliński S., Konkol D., Michalak I., Saeid A., Mironiuk M., Chojnacka K., 2019. Biofortification of hens' eggs with microelements by innovative bio-based dietary supplement. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 103(2), 485–492, <https://doi.org/10.1111/jpn.13027>
- Xie C., Elwan H.A.M., Elnesr S.S., Dong X.Y., Zou X.T., 2019. Effect of iron glycine chelate supplementation on egg quality and egg iron enrichment in laying hens. *Poul. Sci.* 98(12), 7101–7109, <https://doi.org/10.3382/ps/pez421>
- Yusuf H.O., Ofongo R.T.S., 2023. Antioxidant fortification of eggs through nutrition of laying hens administered herbs/medicinal plants. W: M.S. de Oliveira, E.H. de Aguiar Andrade, R. Kumar, S.N. Mali, Medicinal plants – chemical, biochemical, and pharmacological approaches. IntechOpen, Rijeka, 1–18, <https://doi.org/10.5772/intechopen.111658>

Ocena potencjału przeciwdrobnoustrojowego, przeciwnowotworowego oraz antyoksydacyjnego fermentowanego ekstraktu z mięty pieprzowej

Evaluation of the antimicrobial, anticancer and antioxidant potential of fermented peppermint extract

Wstęp

Najstarszą formą leków, stosowaną od czasów starożytnych w medycynie tradycyjnej prawie na całym świecie, są rośliny lecznicze, które charakteryzują się dużą zawartością związków bioaktywnych wykazujących wpływ zdrowotny na organizm człowieka. Skład fitochemiczny oraz potencjalne wykorzystanie wielu gatunków roślin leczniczych jako środków terapeutycznych nie zostało jeszcze w pełni przebadane lub nadal wymaga zgłębiania wiedzy. W ostatnich latach wzrosła liczba przeprowadzanych badań dotyczących zawartości składników bioaktywnych w ziołach leczniczych [Marreli 2021]. Badania na roślinach leczniczych umożliwiły poznanie zawartych w nich składników bioaktywnych, takich jak flawonoidy, alkaloidy, terpenoidy, garbniki, steroidy oraz węglowodany [Edoga i in. 2005]. Rośliny te są uważane za bardzo atrakcyjny środek leczniczy ze względu na dostępność i stosunkowo niski koszt otrzymania w porównaniu z nowoczesnymi lekami. Na przykład alkaloidy uzyskane z rośliny *Vinca rosea* są stosowane jako środki chemioterapeutyczne, natomiast do leczenia chorób neurodegeneracyjnych wykorzystuje się flawonoidy wyizolowane z *Ginkgo Biloba*, które posiadają działanie antyoksydacyjne i neuroprotektoryjne [Dar i in. 2013]. Związki fenolowe są jednymi z głównych substancji bioaktywnych roślin leczniczych i odpowiadają za ich aktywność przeciwutleniającą. Naturalne związki przeciwutleniające są bardzo cenione, gdyż mogą potencjalnie zastąpić syntetyczne przeciwutleniacze, które są bardziej toksyczne [Biapa i in. 2007]. Rośliną wybraną jako materiał badawczy w niniejszej pracy jest mięta pieprzowa (*Mentha piperita* L.) powszechnie stosowana w medycynie naturalnej. Mięta pieprzowa jest to bylina zaliczana do rodziny jasnotowatych. Według Trevisan i in. [2017] mięta pieprzowa posiada działanie przeciwdrobnoustrojowe, antyoksydacyjne, przeciwnowotworowe oraz antyalergiczne. Działanie przeciwdrobnoustrojowe mięty pieprzowej powiązane jest z zawartością olejków eterycznych, z których wyodrębniono takie składniki, jak mentol oraz menton. Natomiast jej aktywność antyoksydacyjna, przeciwnowotworowa oraz antyalergiczna wynika głównie z zawartości związków bioaktywnych, do których należą flawonoidy, kwasy fenolowe, steroidy, kumaryny, karoteny, tokoferole, garbniki oraz saponiny [Trevisan i in. 2017].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów BIOM, kingazdybel1@onet.pl

Wyizolowano wiele składników ziół i oceniono ich aktywność biologiczną, dzięki czemu potwierdzono przydatność tych roślin w leczeniu różnych chorób i zaburzeń u ludzi. Jednak wiele spośród preparatów ziołowych wymaga biotransformacji przez mikrobiotę w jelicie grubym, aby stać się biologicznie aktywnymi, co wskazuje na znaczenie fermentacji w terapeutycznym stosowaniu leków ziołowych [Hussain i in. 2016]. Proces fermentacji ma na celu rozbić dużych cząsteczek organicznych na prostsze, wykorzystując do tego mikroorganizmy. Fermentacja może wpływać na polepszenie wartości odżywczej żywności, zwiększając ilość i dostępność składników odżywczych. Udowodniono, że produkty fermentowane wpływają korzystnie na organizm konsumenta poprzez zwiększenie dostępnych składników odżywczych, takich jak witaminy, m.in. kwas foliowy, niacyna, tiamina oraz ryboflawina [Sharma i in. 2020].

Celem niniejszej pracy była ocena potencjału przeciwdrobnoustrojowego, przeciwnowotworowego oraz antyoksydacyjnego ekstraktu z mięty pieprzowej fermentowanego z wykorzystaniem szczepu *Lactiplantibacillus plantarum* wyizolowanego z fermentowanego kalafiora.

Material i metody

Materiałem roślinnym do badań były komercyjnie dostępne suszone liście mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.). Fermentację prowadzono z wykorzystaniem izolatu *Lactiplantibacillus plantarum* A24 wyizolowanego uprzednio z fermentowanego kalafiora, pochodzącego z kolekcji katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywnienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Szczep *L. plantarum* hodowano w płynnym podłożu MRS i inkubowano w temp. 37°C przez 24 h.

Pozyskanie fermentowanego ekstraktu z mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.)

Suszone liście mięty pieprzowej zmielono w młynku elektrycznym do uzyskania jednorodnego proszku. Następnie do 5 g sproszkowanej rośliny dodano 50 ml wody destylowanej oraz 200 µl hodowli bakterii *Lactiplantibacillus plantarum* i ekstrahowano przez 72 h w temperaturze pokojowej w wytrząsarce. Proces fermentacji został potwierdzony poprzez obserwację produkcji dwutlenku węgla (CO₂) w kolbkach fermentacyjnych. Uzyskany ekstrakt filtrowano przy użyciu filtra miracloth oraz odwirowano (9000 rpm, 10 min). Klarowny supernatant przesączono przez bibułę filtracyjną, następnie ekstrakt odparowywano w suszarce próżniowej aż do całkowitego wysuszenia.

Analiza całkowitej zawartości związków fenolowych

Do analizy całkowitej zawartości związków fenolowych wykorzystano metodę spektrofotometryczną opisaną przez Matenge i in. [2017]. Z przygotowanego roztworu ekstraktu o stężeniu 10 mg/ml pobrano po 200 µl, zmieszano z 400 µl 10% odczynnika Folina-Cicoalteua i zworteksovano próbki. Do uzyskanej mieszaniny dodano 800 µl 0,7 M węglanu sodu i ponownie zworteksovano. Próbkę inkubowano przez 30 min w temperaturze pokojowej. Następnie wykonano pomiar absorbancji próbek przy długości fali 735 nm za pomocą spektrofotometru UV-VIS. Każdą próbkę przygotowano w 3

powtórzeniach. Jako wzorzec do oceny całkowitej zawartości związków fenolowych został wykorzystany kwas galusowy. Na podstawie przygotowanej krzywej wzorcowej obliczono zawartość związków fenolowych w badanych ekstraktach.

Oznaczenie potencjału antyoksydacyjnego metodą FRAP

Potencjał antyoksydacyjny ekstraktu z mięty pieprzowej został oznaczony za pomocą testu FRAP (*ferric reducing antioxidant power*) opisanego przez Benzie i Strain [1996]. Metoda opiera się na sile redukującej związków zawartych w próbce, w której przeciwutleniacz redukuje jon żelazowy (Fe^{3+}) do jonu żelazowego (Fe^{2+}), który tworzy niebieski kompleks (Fe^{2+} /TPTZ). Odczynnik FRAP składa się z buforu octanowego (300 mM, pH 3,6), 10 mM roztworu TPTZ (2,4,6-tris(2-pirydylo)-s-triazyna) w 40 mM HCl i 20 mM FeCl_3 w stosunku 10:1:1 (v/v/v). Do 50 μl badanego roztworu dodano 150 μl odczynnika FRAP, uzyskaną mieszaninę inkubowano przez 5 min w temp. 25°C. Pomiar absorbancji wykonano przy długości fali 593 nm wobec próbki ślepej zawierającej wodę. Każdą próbkę przygotowano w 3 powtórzeniach. Stężenie powstałych jonów Fe^{2+} obliczono w oparciu o krzywą wzorcową wykonaną na podstawie wzorcowych roztworów FeSO_4 w stężeniach 0,005; 0,01; 0,02; 0,05 i 0,1 mg/ml.

Badanie aktywności przeciwdrobnoustrojowej

Do oceny aktywności przeciwdrobnoustrojowej badanego ekstraktu zastosowano metodę krążkowo-dyfuzyjną. Wykorzystano różne szczepy bakterii oportunistycznych pochodzących z kolekcji Katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, tj. *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus* i *Bacillus subtilis*, oraz grzyby, tj. *Aspergillus niger* i *Candida parapsilosis*. Przygotowane zawiesiny mikroorganizmów (o OD_{600} ok. 0,45) zostały zaszczipione po 100 μl na podłożach agarowych odpowiednich dla bakterii i grzybów (agar Mueller-Hilton i agar dekstrozowy Sabouraud). Na powierzchni posianych mikroorganizmów umieszczono sterylne krążki bibuły filtracyjnej, a następnie naniesiono na nie po 10 μl sterylizowanego przez filtr strzykawkowy (Millipore 0,22 μm) ekstraktu o stężeniu 100 mg/ml. Kontrolę negatywną stanowił 0,9% NaCl, natomiast do kontroli pozytywnej u bakterii wykorzystano antybiotyk ampicylinę o stężeniu 10 μg , a u grzybów nystatynę o stężeniu 1000 U/ml. Inkubację płytek dla bakterii prowadzono w temp. 37°C przez 24 h, a dla grzybów w temp. 28°C przez 48 h.

Określenie wpływu ekstraktu na proliferację komórek nowotworowych oraz prawidłowych w warunkach in vitro, z wykorzystaniem testu MTT

W badaniu oceny wpływu fermentowanego ekstraktu z mięty na proliferację komórek zastosowano metodę MTT. Test MTT wykorzystuje aktywność dehydrogenazy bursztynianowej, obecnej w żywych komórkach, która przekształca rozpuszczalny bromek 3-(4,5-dimetylotiazol-2-yl)-2,5-difenylotetrazoliowy (MTT) w formę zredukowaną, tj. do postaci nierozpuszczalnego formazanu, wytrącającego się w postaci kryształów. Określono wpływ badanego ekstraktu na ludzkie nabłonkowe adherentne komórki gruczołakoraka okrężnicy linii Caco-2 oraz komórki prawidłowe jelita grubego (CoTr CCD841), aby zbadać zarówno aktywność przeciwnowotworową, jak i bezpieczeństwo

jego stosowania. Na 96-dółkowe mikropłytki posiewano komórki w ilości 5×10^4 na dółek w 100 μl podłoża hodowlanego (RPMI z 10% FBS). Prowadzono inkubację hodowli komórkowych przez 24 h przy 5% CO_2 w temp. 37°C dla linii Caco-2 i w 33°C dla linii CoTr. Następnie po okresie inkubacji odrzucono starą pożywkę z hodowli komórkowych i dodano świeżą (RPMI z 2% FBS) zawierającą badany ekstrakt o stężeniach 50, 100, 200 i 300 $\mu\text{g}/\text{ml}^{-1}$, w 3 powtórzeniach. Próbkę bez badanej substancji stanowiły kontrolę, natomiast do kontroli tła użyto samo medium bez komórek. Przeprowadzono inkubację komórek z ekstraktami przez 48 h przy 5% CO_2 w temp. 37°C dla linii Caco-2 i w 33°C dla linii CoTr, a następnie do każdego dołka dodano świeżo przygotowany roztwór MTT (5 mg/ml w PBS). W celu zatrzymania reakcji i rozpuszczenia powstałych kryształów formazanu, po 3 h inkubacji ($37^\circ\text{C}/33^\circ\text{C}$, 5% CO_2) do każdej studzienki dodano 100 μl roztworu solubilizacyjnego (10% SDS w 0,01 N HCl). Komórki inkubowano, a następnie oznaczano spektrofotometrycznie absorbancję przy $\lambda = 570 \text{ nm}$ i 680 nm przy użyciu czytnika mikropłytek Varioskan LUX po 2 i 24 h inkubacji ($37^\circ\text{C}/33^\circ\text{C}$, 5% CO_2). Ilość powstałego formazanu była wprost proporcjonalna do ilości żywych komórek.

Wyniki i dyskusja

Zawartość związków fenolowych

Związki polifenolowe są naturalnymi przeciwutleniaczami, które posiadają zdolność do wychwytywania wolnych rodników, na skutek czego umożliwiają zapobieganie ich szkodliwemu działaniu i mogą wykazywać korzystny wpływ na organizm człowieka. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zawartość związków fenolowych w fermentowanym ekstrakcie wodnym z mięty pieprzowej wynosi 978,25 ($\pm 33,83$) $\mu\text{g}/\text{ml}$. Uzyskane wyniki sugerują, że badany ekstrakt zawiera związki fenolowe, które mogą warunkować aktywność przeciwutleniającą.

W analizach wodnego ekstraktu mięty pieprzowej przeprowadzonych uprzednio przez Srokę i in. [2005] wykazano w badanym ekstrakcie obecność związków polifenolowych, tj. eriocytyna, hesperydyna, narirutyna, luteolina-7-O-rutynozyd, diosmina, izorhoifolina, kwas rozmarynowy i kwas kawowy. Innym przykładem związku fenolowego obecnego w roślinach jest glabrydyna wyizolowana z lukrecji gładkiej (*Glycyrrhiza glabra*), która wykorzystując mechanizm polegający na usuwaniu wolnych rodników, hamuje utlenianie LDL [Kumar i Pandey 2013].

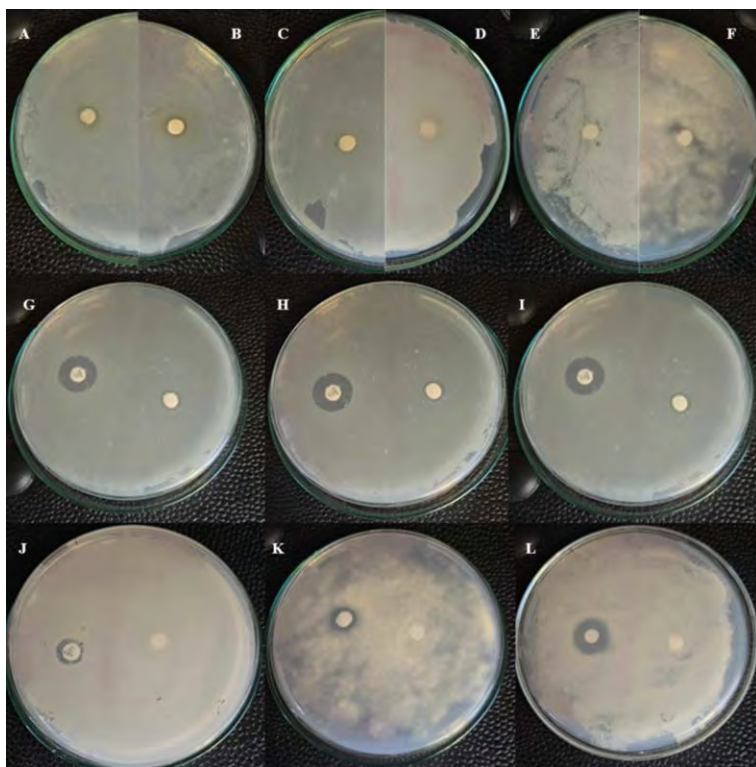
Potencjał antyoksydacyjny

Do potwierdzenia potencjału antyoksydacyjnego związków zawartych w badanym ekstrakcie wykonano oznaczenie z wykorzystaniem metody FRAP. Potencjał antyoksydacyjny w ekstrakcie wodnym mięty pieprzowej poddanej fermentacji wynosi 0,47 ($\pm 0,008$) $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{mg}$ próbki. Al-Rimawi i in. [2016] badali potencjał antyoksydacyjny kozibrodu porolistnego (*Tragopogon porrifolius* L.) i dla ekstraktów alkoholowych wykazali potencjał antyoksydacyjny wynoszący 12,1 ($\pm 0,8$) μM

Fe²⁺/g próbki [Al-Rimawi i in. 2016]. Song i in. [2010] przebadali 56 chińskich roślin leczniczych pod kątem zawartości związków antyoksydacyjnych, wykorzystując metodę FRAP, i wykazali, że pochrzyn cebulowy (*Dioscorea bulbifera*) wykazuje najwyższy potencjał przeciwutleniający, tj. 856,92 µM Fe²⁺/g próbki, który może wynikać z zawartości związków aktywnych, tj. kariatyna, katechina, mirycetyna, kwercetyn-3-*O*-galaktopiranozyd, mirycetyno-3-*O*-galaktopiranozyd i mirycetyno-3-*O*-glukopiranozyd [Song i in. 2010]. Aktywność antyoksydacyjna roślin leczniczych jest ich istotną cechą i umożliwia ich potencjalne wykorzystanie jako przeciwutleniacza w przemyśle spożywczym i środkach terapeutycznych.

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa

Ocenę aktywności przeciwdrobnoustrojowej badanego ekstraktu z mięty pieprzowej przeprowadzono, wykorzystując metodę dyfuzyjno-krażkową. Największą strefę zahamowania zaobserwowano dla szczepu *Staphylococcus aureus* (10 mm), dla *Salmonella enterica* (9 mm), natomiast najmniejszą u *Escherichia coli* (7 mm). Badany ekstrakt nie wykazuje natomiast aktywności przeciwbakteryjnej wobec *Bacillus subtilis* (ryc. 1 A–F). We wszystkich pozytywnych kontrolach stwierdzono zahamowanie wzrostu pod wpływem antybiotyku, natomiast w przypadku kontroli negatywnych nie zaobserwowano stref inhibicji wzrostu (ryc. 1 G–L). Otrzymany ekstrakt wykazuje zatem umiarkowane działanie przeciwbakteryjne wobec niektórych szczepów bakterii. Nie zaobserwowano również stref zahamowania wzrostu dla *Candida parapsilosis* oraz *Aspergillus niger*, zatem badany ekstrakt nie posiada aktywności przeciugrzybiczej przeciwko badanym grzybom.

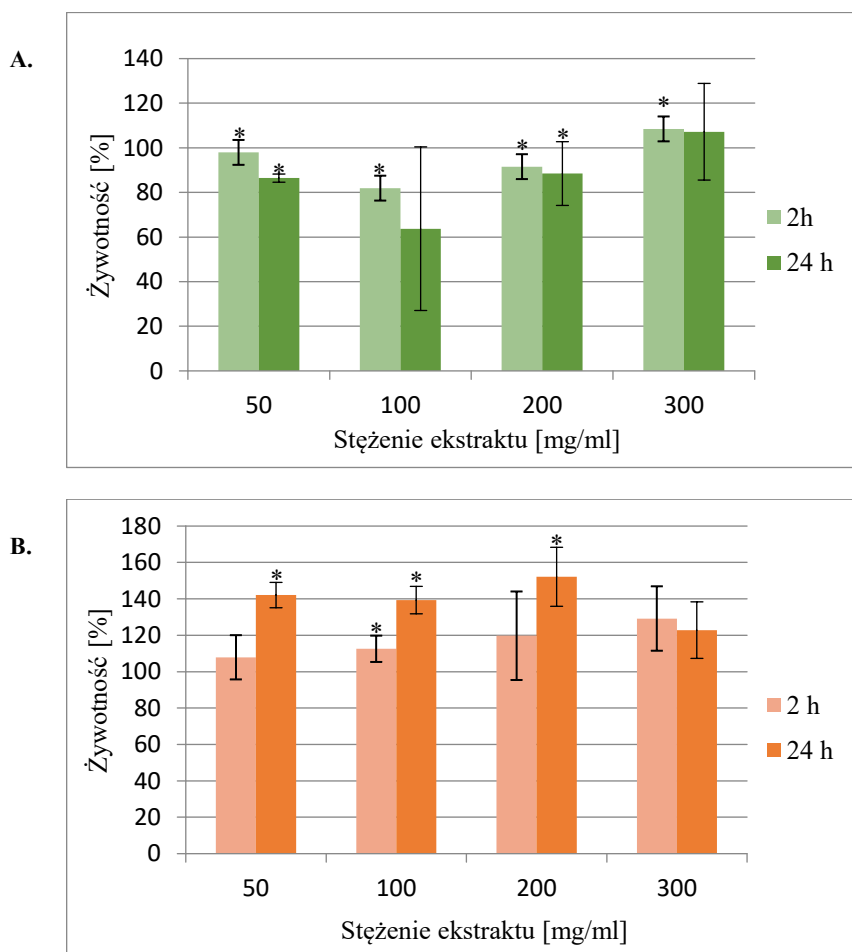


Ryc. 1. Strefy zahamowania wzrostu badanych szczepów pod wpływem fermentowanego ekstraktu wodnego z mięty pieprzowej; *Staphylococcus aureus* (A), *Salmonella enterica* (B), *Escherichia coli* (C), *Bacillus subtilis* (D), *Aspergillus niger* (E), *Candida parapsilosis* (F), kontrole pozytywne i negatywne dla *Staphylococcus aureus* (G), *Salmonella enterica* (H), *Escherichia coli* (I), *Bacillus subtilis* (J), *Aspergillus niger* (K), *Candida parapsilosis* (L)

Sujana i wsp. [2012] w przeprowadzonych badaniach aktywności antybakteryjnej różnych ekstraktów z mięty pieprzowej wykazali najsilniejsze działanie przeciwbakteryjne ekstraktu z liści mięty przeciwko *Bacillus subtilis* (strefa zahamowania wzrostu bakterii wynosiła 7,2 mm) [Sujana i in. 2012]. Reddy i in. [2019] wykazali także działanie przeciwgrzybicze olejków eterycznych z mięty pieprzowej o najwyższej strefie zahamowania wobec *Alternaria alternata* ($38,16 \pm 0,10$ mm) oraz *Fusarium tabacinum* ($35,24 \pm 0,03$ mm) [Reddy i in. 2019]. Uzyskane przez badaczy wyniki sugerują, że aktywność przeciwbakteryjna badanego ekstraktu jest zależna od użytego sposobu ekstrakcji oraz części rośliny, która jest wykorzystana do badania. Ponadto udowodniono, że olejki eteryczne z mięty pieprzowej wykazują wyższą aktywność przeciwdrobnoustrojową w porównaniu z innymi związkami pozyskanymi z mięty pieprzowej. Ekstrakt z mięty pieprzowej dzięki swojej aktywności przeciwdrobnoustrojowej umożliwia wykorzystanie tego surowca do produkcji skutecznych środków terapeutycznych.

Wpływ ekstraktu na proliferację komórek nowotworowych jelita grubego oraz komórek prawidłowych

W warunkach *in vitro* przebadano wpływ badanego ekstraktu na proliferację komórek nowotworowych jelita grubego linii Caco-2 oraz komórek prawidłowych linii CoTr CCD841. Zaobserwowano, że fermentowany ekstrakt mięty pieprzowej nie wpływa w znaczący sposób na proliferację komórek nowotworowych. Ekstrakt w stężeniu 100 mg/ml jedynie nieznacznie wpływał na namnażanie komórek nowotworu jelita grubego (ryc. 2). Ekstrakt nie wpływał negatywnie na proliferację komórek prawidłowych jelita grubego, a w wyższych stężeniach powodował ich zwiększoną proliferację (ryc. 2). Badany ekstrakt nie wykazuje zatem potencjału przeciwnowotworowego.



* wynik istotny statystycznie (wartość $p < 0,05$)

Ryc. 2. Wpływ ekstraktu na proliferację komórek nowotworowych linii Caco-2 (A) oraz prawidłowych CoTr CCD841 (B) po 2 oraz 24 h inkubacji

Kumar i in. [2004] zaobserwowali, że wodny ekstrakt z mięty pieprzowej w mysich modelach chorobowych hamował nowotwór brodawczaka skóry. Badacze sugerują, że badany ekstrakt zmniejsza metabolizm ksenobiotyków, wykazując w ten sposób aktywność przeciwnowotworową [Kumar i in. 2004]. Również Saravanan i in. [2021] udowodnili, że silne działanie przeciwnowotworowe wobec linii komórkowej ludzkiego raka piersi (MCF-7) posiadał chloroformowy ekstrakt z mięty pieprzowej, dla którego wartość IC_{50} wynosiła $45 (\pm 1,5) \mu\text{g/ml}$. W badaniu wykazano także słabą aktywność przeciwnowotworową innych ekstraktów z mięty (wodnego i octanowego) wobec nowotworu linii MCF-7 [Saravanan i in. 2021]. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że aktywność przeciwnowotworowa ekstraktu mięty pieprzowej jest zależna od rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji oraz że badany ekstrakt mięty pieprzowej posiada potencjał do zastosowania jako środek terapeutyczny w leczeniu nowotworów.

Podsumowanie

Analizując otrzymane wyniki, można wywnioskować, że wodny ekstrakt z mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.) poddany fermentacji posiada aktywność antyoksydacyjną, która powiązana jest z wysoką zawartością związków fenolowych w badanym ekstrakcie. Ekstrakt posiada aktywność antibakteryjną wobec bakterii *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* oraz *Salmonella enterica*, jednak nie wobec *Bacillus subtilis*. W badaniu nie wykazano natomiast aktywności przeciwgrzybiczej ekstraktu. W warunkach *in vitro* nie wykazano aktywności przeciwnowotworowej badanego ekstraktu ani negatywnego wpływu na proliferację prawidłowych komórek jelita. Wyniki badań sugerują możliwość potencjalnego wykorzystania fermentowanego ekstraktu z mięty pieprzowej jako suplementu diety, dodatku do żywności bądź fitoterapeutyku o właściwościach antyoksydacyjnych oraz przeciwbakteryjnych.

Bibliografia

- Al-Rimawi F., Rishmawi S., Ariqat S.H., Khalid M.F., Warad I., Salah Z., 2016. Anticancer activity, antioxidant activity, and phenolic and flavonoids content of wild *Tragopogon porrifolius* plant extracts. Evid.-based Complement. Altern. Med. 9612490, <https://doi.org/10.1155/2016/9612490>
- Benzie I., Strain J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Anal. Biochem. 239(1), 70–76, <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Biapa P.-C.N., Agbor G.A., Oben J.E., Ngogang J.Y., 2007. Phytochemical studies and antioxidant properties of four medicinal plants used in Cameroon. Afr. J. Tradit. Complement Altern. Med. 4(4), 495–500, <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v4i4.31243>
- Dar R.A., Shahnawaz M., Ahanger M.A., Majid I., 2013. Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal. J. Phytopharm. 12(3), 189–195, <https://doi.org/10.31254/phyto.2023.12307>
- Edoga H., Okwu D., Mbabebe B., 2005. Phytochemicals constituents of some Nigerian medicinal plants. Afr. J. Biotechnol 4(7), 685–688, <https://doi.org/10.5897/AJB2005.000-3127>
- Hussain A., Shambhutnath B., Wang J.-H., Yadav M.K., Mahajan G.B., Kim H., 2016. Fermentation, a feasible strategy for enhancing bioactivity of herbal medicines. Food Res. Internat. 81, 1–16, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.12.026>

- Kumar A., Samarth R.M., Yasmeen S., Sharma A., Sugahara T., Terado T., Kimura H., 2004. Anticancer and radioprotective potentials of *Mentha piperita*. *Biofactors* 22(1–4), 87–91, <https://doi.org/10.1002/biof.5520220117>
- Kumar S., Pandey A.K., 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *Sci. World J.* 2013, 162750, <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
- Marreli M., 2021. Medicinal plants. *Plants*. 10(7), 1355, <https://doi.org/10.3390/plants10071355>
- Matenge S., Li J., Apau S., Tapera R., 2017. Nutritional and phytochemical content of indigenous leafy vegetables consumed in Botswana. *Front. Food Nutr. Res.* 3(1), 1–7.
- Reddy D.N., Al-Rajab A.J., Sharma M., Moses M.M., Reddy G.R., Albratty M., 2019. Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha piperita* L. (peppermint) essential oils. *Journal of King Saud University – Science*, 31(4), 528–533, <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013>
- Saravanan R., Natesan R., Samiappan S.C., Ramalingam S., 2021. Anti-oxidant, anti-bacterial and anti-cancer activity of *Mentha piperita* against MCF-7 cells. *Biomed. Pharm. J.* 14(3), 1685–1693, <https://dx.doi.org/10.13005/bpj/2270>
- Sharma R., Garg P., Kumar P., Bhatia S.K., Kulshrestha S., 2020. Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods. *Fermentation* 6(4), 106, <http://doi.org/10.3390/fermentation6040106>
- Song F.-L., Gan R.-Y., Zhang Y., Xiao Q., Kuang L., Li H.-B., 2010. Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected Chinese medicinal plants. *Int. J. Mol. Sci.* 11(6), 2362–2372, <https://doi.org/10.3390/ijms11062362>
- Sroka Z., Fecka I., Cisowski W., 2005. Antiradical and anti-H₂O₂ properties of polyphenolic compounds from an aqueous peppermint extract. *Z. Naturforsch. C. J. Biosci.* 60(11–12), 826–832, <https://doi.org/10.1515/znc-2005-11-1203>
- Sujana P., Sridhar M.T., Josthna P., Naidu C.V., 2012. Antibacterial activity and phytochemical analysis of *Mentha piperita* L. (peppermint) – an important multipurpose medicinal plant. *Am. J. Plant Sci.* 4, 77–83, <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.41012>
- Trevisan S.C., Menezes A.P., Barbalho S.M., Guiger E.L., 2017. Properties of *Mentha piperita*: A brief review. *World J. Pharm. Med. Res.* 3(1), 309–313.

Ocena czystości mikrobiologicznej testerów kosmetyków w drogeriach kosmetycznych

Assessment of microbiological purity of cosmetic testers in cosmetic drugstores

Wstęp

Testery są powszechnie wykorzystywane w wielu sklepach kosmetycznych, jednakże możliwość ich darmowego wypróbowania sprzyja przenoszeniu się wszelkich mikroorganizmów występujących na powierzchniach tych produktów. Klienci, testując wybrany przez siebie kosmetyk, dotykają dłońmi jego powierzchnię, pozostawiając na nim mikroorganizmy, które znajdowały się na skórze dłoni. Wskutek tego kolejna osoba, która również testuje dany kosmetyk poprzez dotyk, przenosi mikroorganizmy, powodując ich rozprzestrzenianie.

Drobnoustroje obecne w produktach kosmetycznych nie tylko mogą powodować zmianę ich właściwości, ale także zmianę cech fizykochemicznych kosmetyku – konsystencję, pH, kolor, zapach danego produktu oraz mogą negatywnie oddziaływać na zdrowie konsumenta, ponieważ mikroorganizmy mogą być czynnikami wirulencji i późniejszych chorób [Obrębska i in. 2008]. Żaden dopuszczony do dystrybucji produkt kosmetyczny nie może zawierać mikroorganizmów patogennych, jednak kosmetyki nie muszą być produktami sterylnymi – kryteria jakości mikrobiologicznej dla drobnoustrojów niepatogennych określono w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczącego produktów kosmetycznych. W rozporządzeniu tym uchwalono każdorazowe zdawanie raportu na temat bezpieczeństwa mikrobiologicznego oraz samej jakości mikrobiologicznej danego produktu przed jego dystrybucją na rynek kosmetyczny. Pozytywne przyjęcie raportu przez organy odpowiedzialne za monitorowanie czystości umożliwia firmie dystrybucję danego kosmetyku do drogerii kosmetycznych. Kryteriami oznaczania bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktu jest nieobecność w 1 g lub 1 ml kosmetyku drobnoustrojów oportunistycznych potencjalnie patogennych, jak: *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*. W przypadku badania tego kryterium głównie zwraca się uwagę na rodzaj produktu – szczególnie analizując miejsce przeznaczenia kosmetyku (skóra lub błona śluzowa) oraz docelową grupę wiekową konsumenta, np. w kosmetykach przeznaczonych dla dzieci ilość mezofilnych pałeczek tlenowych nie może przekroczyć 100 jtk/g lub cm³. W pozostałych kosmetykach dana wartość nie może przekroczyć 1000 jtk/g lub cm³ (zgodnie z PN-EN ISO 17516:2014). Wskazane rozporządzenie odnosi się jedynie do czystości i bezpieczeństwa mikrobiologicznego podczas produkcji kosme-

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Biologii i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Mykologów, dominikaziplinska@vp.pl

tyku, jednakże żadne prawo nie określa zasad bezpieczeństwa dla kosmetyków pełniących funkcję testerów kosmetycznych, które przez cały okres użytkowania narażone są na kontakt z mikroorganizmami.

Świadomość występowania drobnoustrojów na powierzchni testerów kosmetycznych jest znikoma. Zaobserwowano częste zjawisko wykorzystywania testerów kosmetyków do wykonywania pełnego makijażu twarzy. Skóra twarzy ma własny mikrobiom, który stanowi zbiornik mikroorganizmów, naturalnie zasiedlających daną powierzchnię [Malinowska i in. 2017]. W obrębie mikrobiomu dochodzi do komunikacji pomiędzy drobnoustrojami, ale także z organizmem człowieka – zjawisko to zwane jest *quorum sensing* [Matejczak i Suchowierska 2011]. Złożoność całego mikrobiomu sprawia, że skóra człowieka posiada dodatkową, ochronną barierę przed innymi drobnoustrojami patogennymi czy czynnikami drażniącymi. Determinuje to prawidłowe funkcjonowanie skóry – reguluje i utrzymuje właściwe pH skóry, usprawnia funkcjonowanie hormonów czy stabilizuje równowagę hydrolipidową skóry. Nakładanie zanieczyszczonych mikrobiologicznie produktów może spowodować naruszenie naturalnego mikrobiomu skóry, co w znacznym stopniu ułatwia przenikanie potencjalnych patogenów do głębszych warstw skóry, a tym samym może spowodować występowanie takich chorób, jak: trądzik, łupież, atopowe zapalenie skóry, grzybica, a także powodować suchość czy zaczerwienienie. Istnieje również możliwość zarażenia się wirusem HPV (zarażenie może nastąpić na skutek kontaktu ze śliną nosiciela wirusa oraz poprzez kontakt z opryszczką wargową np. poprzez użycie szminki należącej do osoby zarażonej) [Sadowska i Plewa-Tutaj 2016]. Celem badania było określenie czystości mikrobiologicznej testerów kosmetycznych pod względem występowania mikroorganizmów, w tym potencjalnie patogennych dla człowieka, w punktach drogerijnych w galeriach handlowych w Olsztynie (województwo warmińsko-mazurskie) oraz uświadomienie społeczeństwa na temat odpowiedzialnego korzystania z powszechnie występujących produktów umożliwiających testowanie kosmetyków.

Material i metody

Materiałem do badań były próby pobrane z powierzchni czterech rodzajów testerów kosmetycznych pochodzących z różnych typów produktów kosmetycznych. Do badań wybrano: podkład i korektor do twarzy, cienie do powiek oraz szminkę. Testery kosmetyczne wykorzystane w badaniach wybierano losowo w czterech olsztyńskich drogeriach, które jednocześnie nie wyraziły zgody na publikację nazwy firmy, dlatego oznaczono je literowo: Drogeria A (DA), Drogeria B (DB), Drogeria C (DC) i Drogeria D (DD).

Pobranie prób nastąpiło 08.11.2023 r. w godzinach popołudniowych. Próby pobrano za pomocą jałowych wymazówek transportowych, zwilżonych jałowym, 0,85% roztworem NaCl. Każdą wymazówkę zamykano szczelnie w opakowaniu transportowym (bez podłoża transportowego). Po wykonaniu wszystkich wymazów próbki dostarczono w ciągu 2 h do laboratorium mykologicznego (Katedra Mikrobiologii i Mykologii, Wydział Biologii i Biotechnologii, UWM w Olsztynie), gdzie posiano je metodą powierzchniową na podłoża stałe na szalkach Petriego (agar odżywczy, podłoże Sabourauda bez antybiotyku, podłoże Czapek-Doxa) oraz podłoża płynne (bulion Sabourauda bez antybiotyku oraz bulion odżywczy). Założone hodowle inkubowano w temp. 37°C przez 6 dni. Inkubacja hodowli trwała 6 dni ze względu na to, że otrzymane izolaty bakteryjne

po 48 h wykazywały bardzo słaby wzrost kolonii. Przedłużenie czasu hodowli oraz stałe monitorowanie ich wzrostu umożliwiło rozrost kolonii już obecnych na podłożu oraz wzrost nowych kolonii bakteryjnych, które wymagały dłuższego czasu do rozwoju. Po tym czasie wykonano opis makroskopowy wyrosłych izolatów na podłożach stałych oraz utrwalone preparaty barwione. Wykonano barwienie złożone metodą Grama, które umożliwiło obserwację mikromorfologii komórek i ich cech Gram-dodatnich i Gram-ujemnych. Dla izolatów wykazujących obecność endospor wykonano preparaty barwione metodą Schaeffera-Fultona, ukazujące zielone endospory i różowe komórki wegetatywne. Preparaty obserwowano pod mikroskopem świetlnym przy użyciu olejku immersyjnego, przy powiększeniu 1000-krotnym [Różalski 2003]. Wykonano dokumentację fotograficzną.

W celu interpretacji otrzymanych wyników we wszystkich drogeriach biorących udział w badaniu przeprowadzono autorską ankietę, która zawierała cztery pytania:

1. Co jaki czas są wymieniane testery kosmetyków?
2. Czy testery są w jakiś sposób dezynfekowane podczas użytkowania – jeżeli tak, to co jaki czas taka procedura się odbywa?
3. Jeżeli odbywa się dezynfekcja testerów kosmetycznych, jaki środek dezynfekujący jest używany?
4. Co się dzieje ze zużytymi testerami kosmetycznymi?

Wyniki

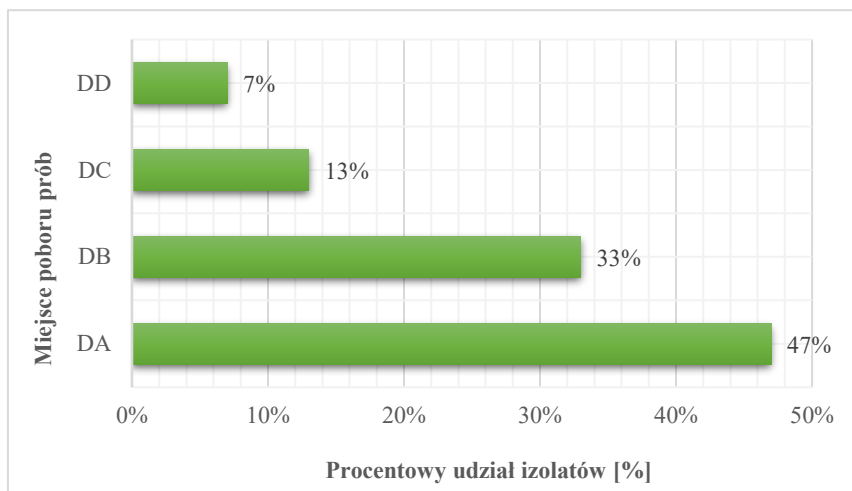
Badania laboratoryjne

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano 30 kolonii bakteryjnych – nie zaobserwowano żadnej kolonii drożdżowej ani pleśniowej na powierzchni podłoży mikrobiologicznych (tab. 1).

Tabela 1. Liczba wyizolowanych kolonii drobnoustrojów

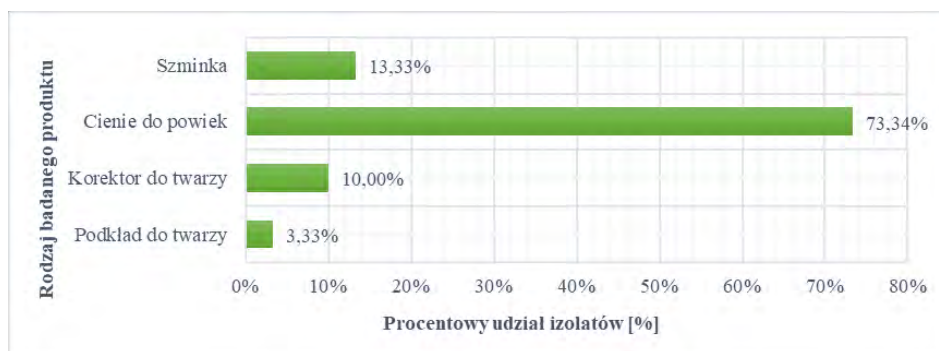
Miejsce poboru prób	Podkład do twarzy	Korektor do twarzy	Cienie do powiek	Szminka	Suma kolonii
DA	0	3	11	0	14
DB	1	0	7	2	10
DC	0	0	2	2	4
DD	0	0	2	0	2
Suma wszystkich kolonii					30

Największy odsetek mikroorganizmów zaobserwowano w hodowlach z DA (47%) i DB (33%), natomiast najmniejszą w hodowlach z DC (13%) oraz DD (7%) (ryc. 1).



Ryc. 1. Zestawienie procentowe liczebności wyizolowanych mikroorganizmów z uwzględnieniem miejsca pobrania

Biorąc pod uwagę rodzaj produktu, stwierdzono, że najczęściej zanieczyszczenie mikrobiologiczne notuje się na cieniach do powiek (73,34%), następnie na szmince (13,33%) oraz korektorze do twarzy (10%). Udział mikroorganizmów w próbce z powierzchni testera podkładu do twarzy wyniósł 3,33% (ryc. 2).

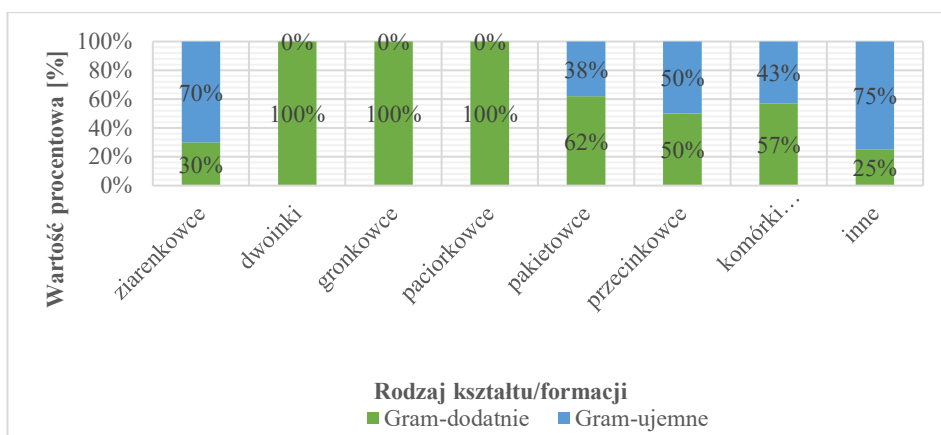


Ryc. 2. Procentowe zestawienie liczebności wyhodowanych kolonii z uwzględnieniem badanego produktu

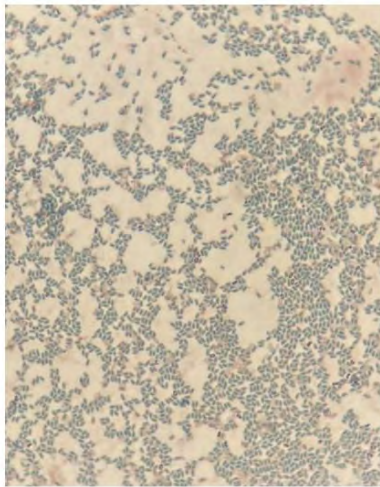
Analiza mikroskopowa (ryc. 3, 4) pokazała, że znaczną część stanowiły Gram-dodatnie komórki bakteryjne o kształcie ziarenkowców (34%) formujące pakietowce (62%). Gram-ujemne pakietowce stanowiły 38%. W preparatach występowały także formy kuliste, które nie tworzyły żadnych układów (16%), oraz takie, które tworzyły Gram-dodatnie: dwoinki (8%), paciorkowce (5%), gronkowce (3%). Bakterie o kształcie cylindrycznym stanowiły tylko 18% – były to komórki zarówno Gram-ujemne (43%), jak i Gram-dodatnie (57%). Część z obserwowanych cylindrycznych komórek (laseczek) posiadała okrągłe ziarnistości, które zidentyfikowano jako przetrwalniki (ryc. 5). Znikomy odsetek stanowiły bakterie o kształcie przecinkowców (5%) oraz drobnoustroje o bliżej nieokreślonych kształtach (11%) (ryc. 6).



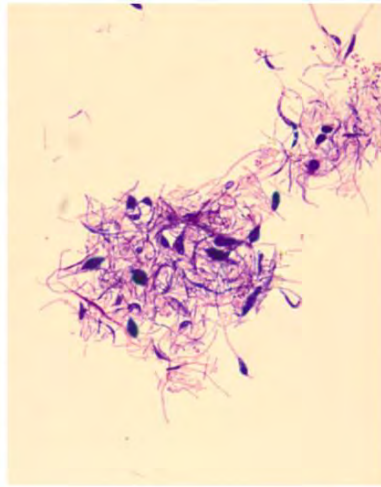
Ryc. 3. Procentowe zestawienie kształtów oraz formacji w analizowanych mikroskopowo preparatach



Ryc. 4. Procentowe zestawienie gramowości w poszczególnych kształtach/formacjach w analizowanych preparatach

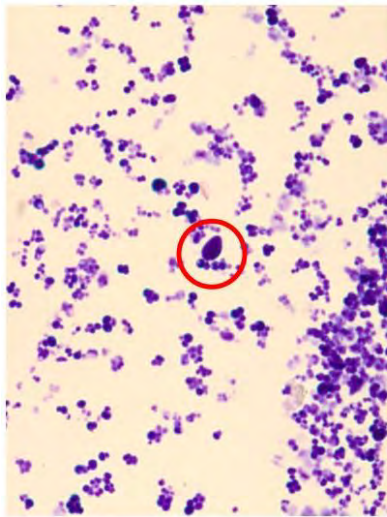


Ryc. 5. Endospory, pow. $\times 1000$
(fot. Dominika Ziplińska)

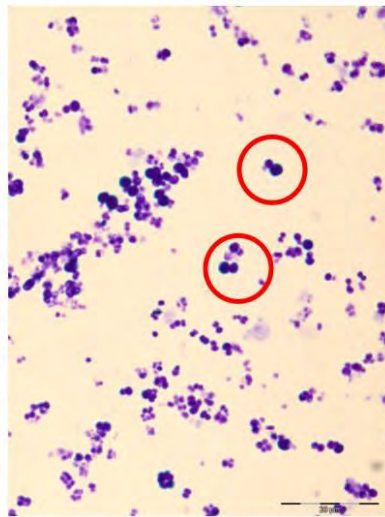


Ryc. 6. Komórki bakteryjne o kształtach wrzecionowatych, pow. $\times 1000$
(fot. Dominika Ziplińska)

Podczas analizy obrazu mikroskopowego zauważono bardzo duże komórki (ryc. 7), przypominające pączkujące drożdże (ryc. 8).



Ryc. 7. Izolat wielogatunkowy z zaznaczoną komórką drożdżową, pow. $\times 1000$ (fot. Dominika Ziplińska)



Ryc. 8. Izolat wielogatunkowy z zaznaczonymi komórkami pączkującymi drożdży, pow. $\times 1000$
(fot. Dominika Ziplińska)

Ankieta

W wyniku przeprowadzonej na koniec badań ankiety każdy z respondentów odpowiedział na zadane pytania – odpowiedzi zebrano w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie pytań oraz odpowiedzi na podstawie ankiety przeprowadzonej w poszczególnych drogeriach kosmetycznych biorących udział w badaniu

Pytania	Drogeria	Odpowiedzi
1. Co jaki czas są wymieniane testery kosmetyków?	DA	Testery kosmetyków są wymieniane po około roku.
	DB	Testery kosmetyków są wymieniane w chwili ich zużycia lub uszkodzenia.
	DC	Testery kosmetyków są wymieniane w chwili ich zużycia lub uszkodzenia.
	DD	Testery kosmetyków są wymieniane co 3 miesiące.
2. Czy testery są w jakiś sposób dezynfekowane podczas użytkowania – jeżeli tak, to co jaki czas taka procedura się odbywa?	DA	Testery kosmetyków nie są dezynfekowane – w przypadku ich zabrudzenia są przecierane szmatką.
	DB	Testery kosmetyków są dezynfekowane raz na dzień.
	DC	Testery kosmetyczne są dezynfekowane każdorazowo po kontakcie z klientem.
	DD	Testery kosmetyczne są dezynfekowane każdorazowo po kontakcie z klientem.
3. Jeżeli odbywa się dezynfekcja testerów kosmetycznych, jaki środek dezynfekujący jest używany?	DA	–
	DB	Testery kosmetyczne są dezynfekowane alkoholem 70% w formie aerozolu.
	DC	Testery kosmetyczne są dezynfekowane alkoholem 70% w formie aerozolu.
	DD	Testery kosmetyczne są dezynfekowane alkoholem 70% w formie aerozolu.
4. Co się dzieje ze zużytymi testerami kosmetycznymi?	DA	Zużyte testery kosmetyczne zostają wyrzucone do śmietnika.
	DB	Zużyte testery kosmetyczne zostają wyrzucone do śmietnika.
	DC	Zużyte testery kosmetyczne zostają wyrzucone do śmietnika.
	DD	Zużyte testery kosmetyczne zostają oddane do utylizacji.

Dyskusja

Przeprowadzone badania mikrobiologicznej czystości testerów kosmetycznych w olsztyńskich drogeriach pokazały znaczące różnice w liczbie drobnoustrojów. Dzięki przeprowadzonej ankiecie możliwa była poprawna interpretacja otrzymanych wyników. Stwierdzono, że drogerie przestrzegające w pewnym stopniu rygorów sanitarnych oraz dbające o czystość mikrobiologiczną testerów kosmetycznych (wymieniając je w dość częstych odstępach czasowych oraz dezynfekując ich powierzchnię) w znaczący

sposób minimalizują ryzyko wystąpienia na powierzchni produktów mikroorganizmów potencjalnie patogennych dla człowieka.

Używanie środków dezynfekujących przez dwie z czterech drogerii mogło znacząco wpłynąć na zminimalizowanie obecności mikroorganizmów. Respondenci zadeklarowali stosowanie jako dezynfektantu 70% alkoholu etylowego (stosowanego w formie aerozolu), czyli powszechnie wykorzystywanego środka przeciwdrobnoustrojowego. Wykazuje on właściwości denaturujące białka, a także zaburza strukturę błony komórkowej (ze względu na zdolności do rozpuszczania lipidów). Stosowanie tego środka zazwyczaj ogranicza się do dezynfekcji małych powierzchni oraz skóry rąk [Dhirgo i in. 2007], jednakże nie zabija on wszystkich drobnoustrojów na powierzchni produktu. W badaniach Głuszki [2010] stwierdzono, że dany dezynfektant hamował wzrost tylko 85,5% badanych izolatów bakteryjnych. Na tej podstawie można stwierdzić, że pomimo zastosowanej dezynfekcji przez dwie z badanych drogerii, część drobnoustrojów potencjalnie chorobotwórczych nie została wyeliminowana, tylko nadal pozostała na powierzchni testerów kosmetycznych.

Jako dodatkowy czynnik umożliwiający zminimalizowanie obecności mikroorganizmów na powierzchni testerów kosmetycznych wskazano odpowiednio krótki okres wymieniań używanych testerów kosmetycznych. Ponadto wiedząc, że produkty kosmetyczne, jak i ich odpady to materiał mogący być skażony mikrobiologicznie, powinno oddawać się go do utylizacji, polegającej na zniszczeniu danego produktu wraz z zanieczyszczającymi go mikroorganizmami. Dany proces umożliwia zmniejszenie ryzyka rozprzestrzeniania się chorobotwórczych szczepów bakteryjnych wśród społeczeństwa i zminimalizowanie ich negatywnego wpływu na organizm człowieka. Podczas przeprowadzania ankiety pojęcie utylizacji zostało przedstawione respondentom i pracownik tylko jednej z badanych drogerii zadeklarował utylizację zużytych testerów kosmetycznych.

Przy analizie potencjalnej chorobotwórczości badanych drobnoustrojów brano pod uwagę również zdolność do wzrostu kolonii w temp. 37°C. Jest ona zbliżona do temperatury ciała człowieka o obniżonym potencjale oksydacyjno-redukcyjnym, jaki panuje w chorych tkankach (37°C), co według definicji chorobotwórczości względem organizmu człowieka wskazuje, że takie mikroorganizmy należy brać pod uwagę jako potencjalne patogeny. Definicja dotyczy grzybów [Richardson i Warnock 1993], jednak może być traktowana szerzej w rozumieniu „mikroorganizm potencjalnie chorobotwórczy”, a więc dotyczy również bakterii.

Według wyników badań Behravana i wsp. [2005] najczęściej izolowanym gatunkiem bakterii z kosmetyków są kuliste formy *Staphylococcus aureus*, które znacznie częściej obecne są w produktach służących do balsamowania skóry ciała i rąk. Gatunek ten, mimo że jest stałym elementem mikrobioty powierzchni skóry człowieka, zewnątrzkomórkowo może wydzielać eksfoliatyny (np. eksfoliatynę A) oraz toksynę szoku toksycznego (TSST-1). Eksfoliatynę A uważa się za jeden z groźniejszych czynników powodujących choroby skóry, np. chorobę Rittera (gronkowcowy zespół oparzonej skóry, *staphylococcal scalded skin syndrome*, SSSS) występującą częściej u dzieci oraz niemowląt [Ruszkowska i in. 2009, Mroczkowska i Empel 2023]. Natomiast TSST-1 to etiologiczny czynnik zespołu szoku toksycznego, który w wielu przypadkach klinicznych powoduje zaburzenia czynności wielonarządowej, ale również zaburza naturalne procesy fizjologiczne (np. spadek ciśnienia tętniczego, zwiększenie temperatury ciała), a w samej fazie rekonwalescencji u pacjenta dochodzi do łuszczenia się naskórka [Helbin i in. 2012]. Po-

nadto podczas badań izolowano także inne gatunki gronkowców – *S. warneri* oraz *S. epidermidis*, w środkach do mycia ciała (szampony, mydła). Oprócz często notowanego gatunku z rodzaju *Staphylococcus* spp., w badaniach Dawsona i Reinharda [1981] stwierdzano także obecność innych kulistych form bakteryjnych, takich jak: *Moraxella* spp., *Micrococcus* spp., *Acinetobacter* spp., w próbkach pochodzących z cieni do powiek. Mimo znaczącej przewagi komórek bakteryjnych wśród wyhodowanych kolonii drobnoustrojów, zaobserwowano znikomą obecność komórek grzybów drożdżowych. Nie występowały one jako osobne izolaty, tylko stanowiły nierozróżnialne makroskopowo kolonie, co mogło być spowodowane dobraniem nieodpowiedniego podłoża mikrobiologicznego pod względem zawartości dodatkowych składników odżywczych, ale także wytwarzaniem przez wyizolowane kolonie bakterii substancji hamujących wzrost drożdży (antagonizm) lub wystąpieniem zjawiska mutualizmu pomiędzy dwoma gatunkami mikroorganizmów. Mutualizm może świadczyć o wzajemnej współpracy i obopólnym pozyskiwaniu substancji niezbędnych do przeżycia tych drobnoustrojów, ale także o gwarancji pozyskania odpowiedniego środowiska do bytowania oraz rozwoju [Majda 2011]. Badania innych autorów pokazują znacznie więcej gatunków grzybów z próbek kremów do rąk oraz cieni do powiek. Izolowano m.in. *Candida albicans*, *Penicillium* spp., *Aspergillus fumigatus* oraz *A. niger* [Dawson i Reinhardt 1981, Hugbo i in. 2003, Linter i Genet 1998]. Obecność komórek bakteryjnych i drożdżowych, rozwijających się w temperaturze o wartości bliskiej temperaturze ciała człowieka z obniżoną odpornością, wskazuje na fakt nie tylko przeżycia w tkankach ludzkich tych mikroorganizmów, ale także daje realną szansę na dalszy ich rozwój, co może być przyczyną różnych niekorzystnych dolegliwości zdrowotnych.

Znaczną patogenicznością cechują się również drobnoustroje posiadające formy przetrwalnikowe, które mimo działania niekorzystnych dla nich np. czynników fizycznych (promieniowanie UV), chemicznych (działaniem dezynfekantów bakteriostatycznych lub bakteriobójczych) nie ulegają eliminacji ze względu na obecne endospory (przetrwalniki). Przetrwalniki to struktury spoczynkowe umożliwiające zachowanie materiału genetycznego danej bakterii podczas warunków niesprzyjających dla jej rozwoju i funkcjonowania. Dzięki znacznemu odwodnieniu tych struktur możliwa jest obserwacja grubych, wielowarstwowych osłon odpornych na działanie niskiej i wysokiej temperatury, wysychania, zmian pH czy promieniowania UV [Baj 2018]. Wśród wyizolowanych bakterii stwierdzono obecność komórek posiadających endospory w postaci okrągłych ziarnistości znajdujących się w komórkach o kształcie laseczek. Obecność przetrwalników umożliwiła wstępną identyfikację tych drobnoustrojów jako bakterii należących do typu *Firmicutes*, z rodzaju *Bacillus* spp. [Dąbrowska-Szponar i in. 2011].

Problem czystości kosmetyków jest powszechny. Każda drogeria kosmetyczna posiada w swoim asortymencie testery kosmetyczne, które mimo swojego jasnego przeznaczenia często są wykorzystywane do wykonywania „szybkiego” i darmowego makijażu – nie tylko przez nastolatków, ale także przez dorosłych. Testery kosmetyczne nie są produktami sterylnymi i tym samym nie powinno się ich nakładać na skórę twarzy ze względu na możliwość wystąpienia różnych schorzeń, np. zapalenia spojówek. Jeżeli potencjalny konsument planuje zakup kosmetyku, to dla własnego bezpieczeństwa powinien zawsze wybierać produkty szczelnie zamknięte.

Wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań odnotowano dużą różnorodność wśród wyizolowanych bakterii – pod względem kształtu, gramowości oraz obecności lub braku przetrwalników. Na tej podstawie można stwierdzić, że każdy człowiek użytkujący testery cechuje się odmienną i różnorodną obecnością mikroorganizmów na swojej skórze.
2. Ze względu na stosowanie odmiennych praktyk sanitarnych obecność mikroorganizmów wśród badanych testerów w drogeriach znacząco się różniła.
3. Do najbardziej zanieczyszczonych testerów produktów kosmetycznych należały cienie do powiek. Testery danego produktu nakłada się dłońmi, których skóra posiada swój własny mikrobiom, a więc może być zanieczyszczona mikrobiologicznie.
4. Ze względu na stwierdzoną obecność patogenów oportunistycznych na powierzchni testerów kosmetycznych, odpowiednie organy sanitarne powinny regularnie monitorować czystość ogólnodostępnych testerów kosmetycznych, aby jak najbardziej zminimalizować negatywny wpływ drobnoustrojów na zdrowie klientów.

Bibliografia

- Baj J., 2018. Mikrobiologia. PWN, Warszawa.
- Behravan J., Bazzaz F., Malaekheh P., 2005. Survey of bacteriological contamination of cosmetic creams in Iran. Int. J. Dermatol. 44, 482–485, <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2005.01963.x>
- Dawson N.L., Reinhard D.J., 1981. Microbial flora in-use, display eye shadow testers bacterial challenges of unused eye shadow. Appl. Environ. Microbiol. 42, 297–302, <https://doi.org/10.1128/aem.42.2.297-302.1981>
- Dąbrowska-Szponar M., Garbacz K., Piechowicz L., 2011. Praktyczny atlas mikrobiologii dla studentów kierunków medycznych, wydanie drugie poszerzone. Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk.
- Dhirgo A., Zuliyanti, Larashanty H., 2007. Perbandingan efektivitas sterilisasi alkohol 70%, inframerah, otoklaf dan ozon terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis*. J. Sain Vet. 25(1), 17–24.
- Głuszek K., 2010. Ocena wrażliwości szczepów *Staphylococcus aureus* na środki dezynfekcyjne. Studia Medyczne 19, 13–23.
- Helbin M.W., Polakowska K., Międzobrocki J., 2012. Czynniki wirulencji *Staphylococcus aureus* zależne od bakteriofagów. Post. Mikrobiol. 51(4), 291–298.
- Hugbo P.G., Onyekweli A.O., Igwe I., 2003. Microbial contamination and preservative capacity of some brands of cosmetic creams. Trop. J. Pharm. Res. 2, 229–234.
- Linter K., Genet V., 1998. A physical method for the preservation of cosmetic products. Int. J. Cosmet. Sci. 20, 103–115, <https://doi.org/10.1046/j.1467-2494.1998.171742.x>
- Majda B., 2011. Systemy współzależności mikroorganizmów. Biotechnologia.pl, <https://biotechnologia.pl/archiwum/systemy-wspolzaleznosci-mikroorganizmow,10388> [dostęp: 06.01.2024]
- Malinowska M., Tokarz-Deptuła B., Deptuła W., 2017. Mikrobiom człowieka. Post. Mikrobiol. 56(1), 33–42.
- Matejczak M., Suchowierska M., 2011. Charakterystyka zjawiska *quorum sensing* i jego znaczenie w aspekcie formowania i funkcjonowania biofilmu w inżynierii środowiska, budownictwie, medycynie oraz gospodarstwie domowym. Budown. Inż. Środ. 2011(2), 71–75.
- Mroczkowska A., Empel J., 2023. *Staphylococcus aureus* – chorobotwórczość, antybiotykooporność, epidemiologia, perspektywa szczepionki. Oporność na antybiotyki – Biuletyn informacyjny 1, 1–9.

- Obrębska B.K., Szczygła A., Matejczyk M., 2008. Skażenie mikrobiologiczne surowców i produktów kosmetycznych. *Post. Mikrobiol.* 47(1), 65–71.
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2009. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009 dotyczące produktów kosmetycznych, *Dz. Urz. UE*, L 342/59-209.
- Richardson M.D., Warnock D.W., 1993. *Fungal infection. Diagnosis and management.* Blackwell Scientific Publications.
- Różalski A., 2003. Ćwiczenia z mikrobiologii ogólnej. Skrypt dla studentów biologii, wyd. 3. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Ruszkowska L., Dziekan G., Olechowska M., 2009. Gronkowcowy zespół oparzonej skóry (choroba Rittera) u sześciu niemowląt. *Przegl. Dermatol.* 96, 279–284.
- Sadowska S., Plewa-Tutaj K., 2016. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne kosmetyków – badania wstępne. *Kosmetol. Estet.* 2(5), 127–130.