

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

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

**Tom 3**

**Środowisko - Roślina - Zwierzę - Produkt**

**WUP**

Wybrane zagadnienia  
z zakresu produkcji surowców,  
żywności i kosmetyków

Tom 3

Środowisko – Roślina – Zwierzę – Produkt

# Wybrane zagadnienia z zakresu produkcji surowców, żywności i kosmetyków

Tom 3

pod redakcją  
Marka Babicza  
Kingi Kropiwiec-Domańskiej  
Urszuli Szymanowskiej

Lublin 2023

Recenzenci

dr hab. inż. Izabela Dmytrów, prof. uczelni  
dr hab. Agnieszka Hanaka  
dr n. farm. Martyna Kasela  
dr inż. Kamila Kollbek  
dr Weronika Kozłowska  
dr hab. inż. Łukasz Łopusiewicz  
dr hab. Anna Nowak  
dr inż. Małgorzata Stryjecka  
dr hab. Alina Syp, prof. uczelni  
dr hab. Konrad Szychowski, prof. uczelni

Redaktor prowadzący  
Magdalena Marcewicz

Skład i łamanie  
Małgorzata Grzesiak

Opracowanie redakcyjne  
Agnieszka Brach  
Julia Młodzińska

Projekt okładki  
Jacek Pałyszka



Ten utwór jest dostępny na licencji Creative Commons  
Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe

ISBN 978-83-7259-403-7 on-line  
<https://doi.org/10.24326/mon.2023.3>

**WUP**

Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo/>

12,9 ark. wyd.

## Spis treści

<b>Ewelina Chrzanowska</b>	
Wykorzystanie pyłku pszczelego w biokosmetologii .....	7
Bee pollen usage in biocosmetology	
<b>Dawid Curyło, Łukasz K. Gałek, Michał Kłos, Michał Lewandowski, Savelii Ishchenko, Kostiantyn Vasiukov, Marek Domin</b>	
Ocena właściwości termicznych wybranych opakowań zimnochronnych dostępnych w handlu	14
Evaluation of thermal properties of selected commercially available cold-protective packaging	
<b>Aleksandra Gajowik, Dominika Antol, Anna Teter, Monika Kędzierska-Matyszek</b>	
Wpływ dodatku masła orzechowego na jakość serów .....	23
Effect of peanut butter addition on cheese quality	
<b>Damian Kalduś, Piotr L. Kopyt, Wiktor Bielawski, Katarzyna Siwak, Sofia Danko, Kostiantyn Vasiukov, Marek Domin</b>	
Zamrażanie jako czynnik kształtujący twardość i ubytek masy owoców kiwi po rozmrożeniu ..	31
Freezing as a factor shaping the hardness and weight loss of kiwifruit after thawing	
<b>Aleksandra Kamienik, Alicja Bielińska, Lucja Tomaszewska, Marta Dmitruk</b>	
Szałwia lekarska – cenny surowiec wykorzystywany w przemyśle kosmetycznym i w medycynie .....	41
<i>Salvia officinalis</i> – a valuable raw material used in cosmetic industry and medicine	
<b>Aleksandra Kamienik, Paulina Wojtyła, Eliza Wargala, Magdalena Walasek-Janusz</b>	
Grape seed oil ( <i>Vitis vinifera</i> seed oil) as a beneficial cosmetic raw material .....	47
Olej z pestek winogron ( <i>Vitis vinifera</i> seed oil) jako korzystny surowiec kosmetyczny	
<b>Katarzyna Kaszyca, Gabriela Michta, Agata Blicharz-Kania</b>	
Wpływ zastosowania wylóków z nasion roślin oleistych na zmiany cech sensorycznych ciastek owsianych .....	53
The influence of using of oilseeds expeller on changes in the sensory properties of oat cookies	
<b>Kinga Konofał, Gabriela Gutowska, Anna Jakubczyk</b>	
Napoje funkcjonalne jako źródło substancji bioaktywnych .....	62
Functional beverage as a source of bioactive substances	
<b>Marta Krajewska, Wiktoria Dąbek, Michalina Kwiatkowska</b>	
Porównanie właściwości fizykochemicznych nasion słonecznika i sezamu oraz otrzymanego z nich oleju tłoczonego na zimno .....	69
Comparison of physicochemical properties of sunflower and sesame seeds and cold pressed oil received from them	
<b>Zuzanna Łabęcka, Aleksandra Łuszczek, Eliza Wargala, Bożena Denisow</b>	
Krwawnik pospolity ( <i>Achillea millefolium</i> L.) jako lukratywny surowiec kosmetyczny i farmakologiczny .....	76
Yarrow ( <i>Achillea millefolium</i> L.) as a lucrative cosmetic and pharmacological raw material	
<b>Katarzyna Mazurek, Szymon Czerniak, Paulina Kęska</b>	
Hodowla <i>in vitro</i> mięsa – szanse i zagrożenia .....	82
<i>In vitro</i> meat breeding – achievements and threats	

<b>Magda Pastusiak, Mikołaj Ociesa, Agata Blicharz-Kania</b>	
Ocena możliwości zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego do produkcji ciastek owsianych .....	89
Assessment of the possibility of using byproducts of the fruit and vegetable industry for the production of oat cookies	
<b>Mateusz Piejak , Klaudia Kanak, Dorota Muzyczka, Julia Górską, Martyna Moryl, Justyna Bohacz</b>	
Badania nad aktywnością enzymów amylolitycznych grzybów z rodzaju <i>Aspergillus</i> , <i>Byssoschlamys</i> i <i>Penicillium</i> inkubowanych w różnych temperaturach hodowli .....	100
Studies on the activity of amylolytic enzymes of <i>Aspergillus</i> , <i>Byssoschlamys</i> and <i>Penicillium</i> fungi incubated at different temperatures	
<b>Dominika Pietrasik, Gabriela Tomulik, Magdalena Kowalska, Milena Kaczmarczyk, Marlena Kokoszka, Magdalena Walasek-Janusz</b>	
Zielona herbata – właściwości prozdrowotne oraz wykorzystanie w kosmetologii .....	109
Green tea – health-promoting properties and use in cosmetology	
<b>Wioletta Rząd, Maria Lewkowicz, Agnieszka Hanaka</b>	
Rośliny jako źródło olejków eterycznych wykorzystywanych w medycynie i innych gałęziach przemysłu .....	116
Plants as a source of essential oils used in medicine and other industries	
<b>Magdalena Sawic, Agnieszka Hanaka</b>	
Prozdrowotne właściwości <i>Borago officinalis</i> L. ....	124
Health properties of <i>Borago officinalis</i> L.	
<b>Dawid Świstak, Agnieszka Hanaka</b>	
Wybrane gatunki roślin stosowane w chorobach skóry .....	132
Selected plant species used in skin diseases	
<b>Joanna Tomasik, Miłosz Wrotniak, Aleksandra Pszczola, Damian Szopiński</b>	
Właściwości fizykomechaniczne biodegradowalnych materiałów polimerowych stosowanych w ogrodnictwie .....	140
Physical and mechanical properties of biodegradable polymeric materials used in gardening	
<b>Eliza Wargala, Aleksandra Chrzanowska, Izabela Kot</b>	
Zastosowanie kwasów owocowych w przemyśle kosmetycznym .....	152
The use of fruit acids in the cosmetics industry	
<b>Eliza Wargala , Martyna Sławska, Agnieszka Zalewska, Wojciech Płaska, Magdalena Toporowska</b>	
Palm oil in the cosmetics industry .....	160
Olej palmowy w przemyśle kosmetycznym	
<b>Julianna Wisz, Alicja Mikulska, Julia Powężka, Aleksandra Kamienik</b>	
Fitoterapeutyczne metody redukcji łupieżu .....	167
Phytherapeutic methods of dandruff reduction	
<b>Wiktoria Włodarczyk, Angelika Urbanek, Eliza Wargala, Bożena Denisow</b>	
Chaber bławatek ( <i>Centaurea cyanus</i> L.) jako cenny surowiec w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym i spożywczym .....	174
Cornflower ( <i>Centaurea cyanus</i> L.) as a valuable raw material in the cosmetic, pharmaceutical and food industries	

## Wykorzystanie pyłku pszczelego w biokosmetologii

Bee pollen usage in biocosmetology

### Wstęp

Właściwości pyłku pszczelego oraz możliwość jego wykorzystania w medycynie, żywieniu i pielęgnacji znane były już od czasów starożytnych. Obecne trendy kierują się ku stosowaniu naturalnych produktów, szczególnie w segmencie kosmetologii. Pyłek pszczeli, będący substancją wytwarzaną z pyłku kwiatowego przez pszczoły jako pokarm dla możliwości rozwoju pszczelej rodziny, dobrze wpisuje się w ten nurt. Dobroczynne działanie pyłku oraz szereg substancji aktywnych, jakie on zawiera, dają liczne możliwości zastosowania go w pielęgnacji i terapii skóry. Wiele przeprowadzonych badań z udziałem pyłku udowadnia jego korzystny wpływ na zdrowie i funkcjonowanie organizmu.

Celem niniejszej pracy był przegląd aktualnych doniesień na temat pyłku pszczelego, jego wartości pielęgnacyjnej i terapeutycznej dla organizmu oraz możliwości zastosowania go jako surowca w biocosmetologii.

### Charakterystyka pyłku pszczelego

Pyłek pszczeli powstaje z pyłku kwiatowego roślin owadopylnych, który zbierany jest przez pszczoły miodne w celu zaspokojenia potrzeb pokarmowych [Kocot i in. 2018, Kowalczyk i in. 2023]. Stanowi on główne źródło pożywienia dla pszczół, zawiera liczne składniki odżywcze niezbędne do prawidłowego rozwoju larw oraz funkcji życiowych owadów dorosłych [Dumitru i in. 2022]. Produkt ten uzyskiwany jest w wyniku zmieszania nektaru i pyłku kwiatowego pochodzącego z różnorodnych gatunków roślin wraz z enzymami i wydzielinami z gruczołów ślinowych pszczół [Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016, Xi i in. 2018]. Pyłek pszczeli charakteryzuje się wysoką zawartością związków biologicznie czynnych w swoim składzie. Zawiera on co najmniej 200 substancji aktywnych, w tym białka, węglowodany, cukry, kwasy tłuszczowe, kwasy nukleinowe, nukleozydy, minerały oraz witaminy (C, E oraz z grupy B) [Kurek-Górecka i in. 2020]. Zawartość procentowa węglowodanów w pyłku waha się od 13% do 55%, białka od 10% do 40%, natomiast ilość lipidów wynosi od 10% do 40% [Thakur i Nanda 2020]. Pyłek

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Studenckie Koło Naukowe Biologów, Sekcja Biocosmetologii, ewelina.chrzanowska@onet.pl



pszczeli to istotne źródło aminokwasów, ponieważ w jego składzie znajdować się może od 108,1 mg do 287,7 mg tych związków na 1 g pyłku. Ponadto pyłek dostarcza wielu minerałów. Zawiera potas, fosfor, magnez, wapń, żelazo, cynk, miedź oraz mangan [El Ghouizi i in. 2023].

Skład chemiczny pyłku pszczelego może różnić się w zależności od rodzaju roślin, z jakich został on pobrany przez pszczoły robotnice [Dumitru i in. 2022]. Wtórne metabolity pyłku wykazują właściwości bakteriostatyczne, przeciwutleniające, przeciwalergiczne, przeciwgrzybicze, przeciwnowotworowe oraz stymulujące system immunologiczny [Algethami i in. 2022]. Jednak na zachowanie właściwości pyłku pszczelego znaczący wpływ mają warunki jego przechowywania. Aby nie dopuścić do zanieczyszczenia mikrobiologicznego ani utraty właściwości, należy zapewnić korzystne parametry środowiska zewnętrznego, tj. brak dopływu światła, chroniące opakowanie barierowe [Ocieczek i in. 2015]. Suszenie pyłku światłem podczerwonym pozwala na zachowanie w dobrym stopniu jego cech jakościowych [Isik i in. 2019]. Natomiast konserwacja pyłku poprzez liofilizowanie pozwala na zadowalające zachowanie jego specyfiki właściwości sensorycznych oraz odżywczych [Keskin i Özkök 2020]. Zbadano także zamrażanie pyłku jako sposób jego obróbki. Wykazano, że zamrażanie pyłku nie powoduje zmian w jego składzie chemicznym. Ponadto udowodniono, że zamrożenie oraz dodatkowo suszenie pyłku powoduje wzmocnienie właściwości przeciwutleniających. Spadek wilgotności pyłku, który następuje przy takiej obróbce, powoduje skoncentrowanie związków przeciwutleniających [Kocot i in. 2018].

### **Właściwości odżywcze i terapeutyczne pyłku pszczelego**

Dzięki właściwościom odżywczym i leczniczym zastosowanie pyłku pszczelego znane było już od starożytności. W starożytnych Chinach wykorzystywano pyłek do upiększania i wybielania skóry [Xi i in. 2018, Kocot i in. 2018]. Dawniej był on wykorzystywany także jako składnik diety, substancja uspokajająca, a także lecząca problemy gastryczne [Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016]. Obecnie pyłek pszczeli budzi zainteresowanie w aspekcie żywieniowym i jest włączany do diety w świeżej lub suszonej formie jako suplement diety [Kim i in. 2015, Thakur i Nanda 2020]. Wartość energetyczna pyłku klasyfikuje się na dosyć wysokim poziomie i wynosi około 400 kcal/100 g [Kocot i in. 2018], a dzienna rekomendowana dawka do spożycia dla osoby dorosłej wynosi od 20 g do 40 g [Giampieri i in. 2022]. Bogactwo związków odżywczych oraz mikroelementów umożliwia zakwalifikowanie pyłku do tzw. superfoods – nieprzetworzonych produktów o wysokiej wartości odżywczej [El Ghouizi i in. 2023]. Pełnowartościowe białko oraz kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania organizmu aminokwasy obecne w pyłku sprawiają, że pyłek zalecany jest osobom będącym w stanie osłabienia, które dążą do poprawy stanu zdrowia, oraz osobom z niedożywieniem i brakiem apetytu [Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016]. Ponadto obecność błonnika (w formie celulozy) w pyłku wspomaga właściwą aktywność układu pokarmowego [Kurek-Górecka i in. 2017]. Obfitość aminokwasów w pyłku dodatkowo podkreśla korzyści płynące z włączenia go do

diety. Aminokwasy odgrywają istotną rolę w prawidłowym rozwoju organizmu. Odpowiadają one m.in. za syntezę białek, ekspresję genów czy odpowiedź immunologiczną [Baky i in. 2023].

Wraz z cennymi właściwościami odżywczymi pyłek wykazuje również właściwości terapeutyczne. Charakter leczniczy pyłku jest ściśle powiązany z jego składem chemicznym [Giampieri i in. 2022]. Pyłek pszczeleli wzbudza zainteresowanie współczesnej medycyny. Zastosowanie produktów pszczelich jako alternatywy w leczeniu nazywane jest apiterapią [Kocot i in. 2018]. Pyłek pszczeleli wykazuje możliwość zastosowania go w terapii zaburzeń metabolicznych [Algethami i in. 2022]. Korzyści zdrowotne, jakie niesie za sobą spożywanie pyłku w celach medycznych, to m.in. usprawnienie układu sercowo-naczyniowego, wzmocnienie naczyń krwionośnych, utrzymywanie prawidłowego funkcjonowania jelit oraz wspieranie zdrowia skóry [Baky i in. 2023]. Suplementacja pyłku wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu w surowicy, zmniejsza lepkość krwi, a także poprawia funkcjonowanie odpowiedzi immunologicznej organizmu [Giampieri i in. 2022]. Skuteczne działanie pyłku udowodniono również w przypadku terapii chorób nowotworowych. W badaniach wykazano, że pyłek może powodować apoptazę komórek raka prostaty. Ponadto może działać synergistycznie z lekiem chemioterapeutycznym stosowanym przy terapii raka piersi [Algethami i in. 2022]. W ujęciu medycznym działanie pyłku pszczelego można odnieść do działania leków. Przeciwwzpalny wpływ pyłku na organizm można zestawzić z działaniem leków przeciwzapalnych, np. indometacyny, analginu czy naproksenu [Dumitru i in. 2022].

### Wykorzystanie pyłku pszczelego w kosmetologii

Kosmetologia to kolejna dziedzina, która wykorzystuje dobroczynne właściwości pyłku pszczelego. Zastosowanie pyłku jako składnika preparatu kosmetycznego praktykowane jest w produkcji m.in. kremów, ser oraz balsamów [Kopczyńska i in. 2018]. W obecnych tendencjach wyborów kosmetycznych coraz więcej uwagi skupia się na stosowaniu naturalnych substancji jako zamienników związków konwencjonalnych [Kurek-Górecka i in. 2020]. Konsumentom coraz częściej zwracają uwagę na skład kosmetyków, w tym na zawarte w składzie substancje naturalne lub ekologiczne [Kantor i Hübner 2019]. Pyłek pszczeleli ze względu na swój potencjał oraz korzyści płynące z jego aplikacji uznać można za dobrze wpisujący się w trend stosowania naturalnych związków w produktach [Algethami i in. 2022], a jego bogaty skład daje wiele możliwości zastosowania w użytku kosmetycznym [Xi i in. 2018]. Pyłek w postaci obnóży pszczelich w produkcji kosmetycznej wykorzystywany jest do tworzenia ekstraktów, np. ekstraktów wodnych, lipidowych czy etanolowych, które wykorzystywane są w preparatach do pielęgnacji ciała i włosów [Sulborska-Różycka i Masierowska 2021], a jego stężenie w kosmetyku wynosi zwykle od 0,5% do 5% [Kurek-Górecka i in. 2020].

Skóra to bariera organizmu od środowiska zewnętrznego, dlatego wchodzi ona w interakcję ze środowiskiem i jest narażona na jego szkodliwe działanie (np. zanieczyszczenia środowiskowe, promieniowanie UV). Skóra podatna jest na stres oksydacyjny wynikający z zaburzonej równowagi pomiędzy powstawaniem reaktywnych form tlenu a przeciwutleniającymi możliwościami obronnymi organizmu [Kim i in. 2015]. Pyłek

pszczeli skutecznie wpływa na prewencję uszkodzeń oksydacyjnych [Xi i in. 2018]. Alginiany, fukoidany, karageny czy agar laminarny to węglowodany występujące w pyłku pszczelim, które w kosmetykach stosowane są przede wszystkim jako stabilizatory emulsyjne i zagęszczacze. Jednak wykazują także działanie ochronne, zapobiegają procesom starzenia i chorobom skóry [Gokulakrishnan i Thirunavukkarasu 2020]. Ponadto węglowodany wspierają utrzymanie odpowiedniej grubości skóry poprzez stymulację biosyntezy i kumulowanie kolagenu w fibroblastach [Xi i in. 2018]. Wpływ na spowolnione starzenie się skóry mają także flawonoidy zawarte w pyłku. Ich działanie polega na zmiataniu reaktywnych form tlenu, a co za tym idzie, neutralizują wolne rodniki powodujące starzenie [Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016]. W badaniu sprawdzającym wpływ pyłku pszczelego na zmarszczki wokół oczu wykazano, że po 4 tygodniach stosowania nastąpiła znaczna poprawa i zmniejszenie zmarszczek na poziomie 22,3% [Pyeon i in. 2017].

Obecność kwasów fenolowych w pyłku determinuje jego przeciwbakteryjne właściwości. Flawonoidy posiadają zdolność kontroli metabolizmu bakteryjnego, wpływają hamująco na bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne. Dodatkowo w badaniach ekstraktów pyłku pszczelego wykazano działanie przeciwdrobnoustrojowe oraz przeciwgrzybicze [Dumitru i in. 2022]. Fakt blokowania namnażania drobnoustrojów, w tym grzybów, umożliwia wykorzystywanie pyłku w preparatach przeciwłupieżowych, np. w szampoonach [Algetham i in. 2022, Barszcz i Wojciechowska 2022]. Namnażanie się grzybów na skórze głowy może prowadzić do wypadania włosów, a nawet do łysienia. Dlatego zaleca się spożywanie pyłku w postaci obnóży pszczelich jako suplement diety, aby wspomagać organizm w walce z infekcjami grzybicznymi skóry [Błęcha 2021].

Związki fenolowe zawarte w pyłku oraz witamina C oddziałują na organizm również przeciwzapalnie. Jest to złożony proces, który opiera się na hamowaniu aktywności lipooksygenazy i cyklooksygenazy. Hamowanie aktywności enzymów jest niezwykle istotne, ponieważ mogą one przekształcać kwas arachidonowy w toksyczne związki, które powodują ostre stany zapalne w tkankach [Dumitru i in. 2022]. Ponadto pyłek może wpływać korzystnie m.in. na makrofagi czy limfocyty T, które pełnią funkcję ochronną organizmu w reakcjach zapalnych [Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016]. Możliwość wy-ciszenia stanów zapalnych jamy ustnej, zębów i dziąseł sprawiają, że pyłek pszczeli może być składnikiem past do zębów i preparatów do higieny jamy ustnej [Algetham i in. 2022]. Flawonoidy oraz witamina C zawarte w pyłku wpływają wzmacniająco na skórę, poprzez wspomaganie uszczelnienia naczyń włosowatych, co daje możliwość zastosowania pyłku pszczelego w pielęgnacji cery naczynkowej [Kurek-Górecka i in. 2020]. Obecna w pyłku witamina A wspomaga regenerację w tkankach nabłonkowych oraz wykazuje działanie przeciwstarzeniowe [Kopczyńska i in. 2018]. Działanie anti-aging ujawniają dodatkowo witaminy C oraz E. Zmniejszają one oznaki starzenia pojawiające się na skórze (np. zaburzenia pigmentacyjne i zmarszczki) w wyniku fotostarzenia i oddziaływania promieniowania UV [Xi i in. 2018]. Zaburzenia pigmentacyjne mogą pojawiać się na skórze wskutek zintensyfikowanego procesu melanogenezy. Nagromadzenie melaniminy to system obronny organizmu w czasie negatywnego działania stresu oksydacyjnego [Lee 2021]. W badaniach ujawniono, że pyłek pszczeli charakteryzuje się działaniem hamującym na aktywność tyrozynazy, czyli głównego enzymu odpowiadającego za melanogenezę. Dzięki tej właściwości pyłek może zostać włączony w skład preparatów kosmetycznych używanych w celu redukcji przebarwień [Kim i in. 2015].

Synergistyczne działanie przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe oraz przeciwłojotokowe, jakie wykazuje pyłek pszczeleli, daje możliwość zastosowania go w leczeniu skórnych problemów łojotokowych, w tym trądziku oraz przy nadmiernym wydzielaniu łoju przez skórę głowy [Kopczyńska i in. 2018, Algetham i in. 2022]. W badaniach stwierdzono, że pyłek pszczeleli zmniejsza całkowitą ilość zmian skórnych spowodowanych trądzikiem pospolitym [Cao i in. 2015] oraz łagodzi trądzik spowodowany ponadnormatywnym wydzielaniem androgenów [Zhao i in. 2019]. Właściwości sebalansujące oraz ustabilizowanie wydzielania gruczołów łojowych możliwe jest dzięki zawartości cynku, metioniny i fosfolipidów w pyłku [Kurek-Górecka i in. 2020]. Wyciszenie stanów zapalnych skóry wiąże się z obecnością witaminy B<sub>1</sub> w pyłku [Kopczyńska i in. 2018].

Pyłek pszczeleli może zostać zastosowany także w pielęgnacji skóry suchej, odwodnionej, dojrzałej, ponieważ jego ekstrakty wspomagają utrzymanie nawilżenia, gładkości i napięcia skóry [Algetham i in. 2022]. Badania wykazały, że skutecznie nawilża on i odżywia skórę, zmniejszając jej szorstkość. Aplikowanie pyłku pszczelego w nanopostaci poprawiło nawilżenie skóry na policzkach na poziomie 16,8% po 4 tygodniach stosowania [Pyeon i in. 2017]. Na zatrzymywanie wilgoci skórnej mają wpływ zawarte w pyłku polisacharydy [Xi i in. 2018]. Szczególne znaczenie w silnym nawilżeniu skóry odgrywa fruktoza [Kopczyńska i in. 2018]. Pyłek może pozytywnie wpływać także na włosy. Zawarte w nim: cynk, metionina oraz fosfolipidy działają wzmacniająco na łodygę włosa [Kurek-Górecka 2020]. Dodatkowo związki aktywne pyłku pszczelego determinują prawidłowy wzrost zarówno włosów, jak i paznokci [Kurek-Górecka i in. 2017].

## Podsumowanie

Pyłek pszczeleli stanowi produkt bogaty w bioaktywne związki i wykazuje znaczący potencjał. Był używany od starożytności głównie ze względu na swój korzystny wpływ na zdrowie. Działanie pyłku daje szerokie spektrum możliwości zastosowania w biokosmologii i pielęgnacyjnych preparatach kosmetycznych. Obecność związków fenolowych w pyłku umożliwia skuteczne spowalnianie procesów starzenia, zawartość polisacharydów wpływa na utrzymywanie odpowiednio nawilżonej skóry, a witaminy C i E wspomagają walkę z przebarwieniami. Właściwości antyoksydacyjne pyłku pszczelego hamują proces tworzenia się wolnych rodników. Właściwości przeciwłojotokowe pyłku dają możliwość terapii łojotokowych chorób skóry, natomiast działanie przeciwdrobnoustrojowe wspomaga organizm w walce z mikroorganizmami oraz chorobami, jakie mogą one wywoływać. Pyłek wpływa także korzystnie na stan włosów i paznokci. Jako produkt naturalny wpisuje się w panujące trendy dotyczące wykorzystywania niekonwencjonalnych rozwiązań i naturalnych składników w produktach kosmetycznych.

## Bibliografia

Algethami J.S., El-Wahed A.A.A., Elashal M.H. i in., 2022. Bee pollen: clinical trials and patent applications. *Nutrients* 14(14), 2858, <https://doi.org/10.3390/nu14142858>

- Baky M.H., Abouelela M.B., Wang K. i in., 2023. Bee pollen and bread as a super-food: a comparative review of their metabolome composition and quality assessment in the context of best recovery conditions. *Molecules* 28, 715, <https://doi.org/10.3390/molecules28020715>
- Barszcz W., Wojciechowska K., 2022. Zastosowanie produktów pszczelich w kosmologii i dermatologii. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11, 147–152, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.022>
- Błęcha K., 2021. Nadmierne wypadanie włosów – racjonalna fitoterapia i suplementacja diety. *Post. Fitoter.* 22, 70–73, <https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.70>
- Cao H., Yang G., Wang Y. i in., 2015. Complementary therapies for acne vulgaris. *Cochrane Database Syst. Rev.* 19, CD009436, <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009436.pub2>
- Denisow B., Denisow-Pietrzyk M., 2016. Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *J. Sci. Food. Agric.* 96, 4303–4309, <https://doi.org/10.1002/jsfa.7729>
- Dumitru C.D., Neacsu I.A., Grumezescu A.M. i in., 2022. Bee-derived products: chemical composition and applications in skin tissue engineering. *Pharmaceutics* 14, 750, <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14040750>
- El Ghouizi A., Bakour M., Laaroussi H. i in., 2023. Bee pollen as functional food: insights into its composition and therapeutic properties. *Antioxidants* 12, 557, <https://doi.org/10.3390/antiox12030557>
- Giampieri .F, Quiles J.L., Cianciosi D. i in., 2022. Bee products: an emblematic example of underutilized sources of bioactive compounds. *J. Sci. Food Agric.* 70, 6833–6848, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05822>
- Gokulakrishnan R.K., Thirunavukkarasu S., 2020. Apitherapy: a valuable gift from honey bee. *J. Entomol. Zool. Stud.* 8, 2317–2323.
- Isik A., Ozdemir M., Doymaz I., 2019. Infrared drying of bee pollen: effects and impacts on food components. *Czech J. Food Sci.* 37, 69–74, <https://doi.org/0.17221/410/2017-CJFS>
- Kantor A., Hübner R., 2019. Zachowania kobiet na rynku kosmetyków naturalnych. *Studia Ekon.* 379, 72–95.
- Keskin M., Özkök A., 2020. Effects of drying techniques on chemical composition and volatile constituents of bee pollen. *Czech. J. Food Sci.* 38, 203–208, <https://doi.org/10.17221/79/2020-CJFS>
- Kim S.B., Jo Y.H., Liu Q. i in., 2015. Optimization of extraction condition of bee pollen using response surface methodology: correlation between anti-melanogenesis, antioxidant activity, and phenolic content. *Molecules* 20(11), 19764–19774, <https://doi.org/10.3390/molecules201119656>
- Kocot J., Kielczykowska M., Luchowska-Kocot D. i in., 2018. Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: possible medical application. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2018, 7074209, <https://doi.org/10.1155/2018/7074209>
- Kopczyńska D., Klasik-Ciszewska S., Duda-Grychtoł K., 2018. Produkty pszczele w pielęgnacji skóry. *Med. Rodz.* 1, 48–52, <https://doi.org/10.25121/MR.2018.21.1.48>
- Kowalczyk I., Gębski J., Stangierska D. i in., 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., Balwierz R., Dzierżewicz Z., 2017. Dietetyczne aspekty zastosowania pyłku pszczelego. *Bromat. Chem. Toksykol.* 3, 191–200.
- Kurek-Górecka A., Górecki M., Rzepecka-Stojko A. i in., 2020. Bee products in dermatology and skin care. *Molecules* 25, 556, <https://doi.org/10.3390/molecules25030556>
- Lee A.Y., 2021. Skin pigmentation abnormalities and their possible relationship with skin aging. *Int. J. Mol. Sci.* 22(7), 3727, <https://doi.org/10.3390/ijms22073727>
- Ocieczek A., Skotnicka M., Kłopotek K., 2015. Właściwości higroskopijne pyłku kwiatowego (obnóży pszczelich) jako czynnik jego bezpieczeństwa i stabilności przechowalniczej. *Probl. Hig., A Epidemiol.* 96(4), 821–826.

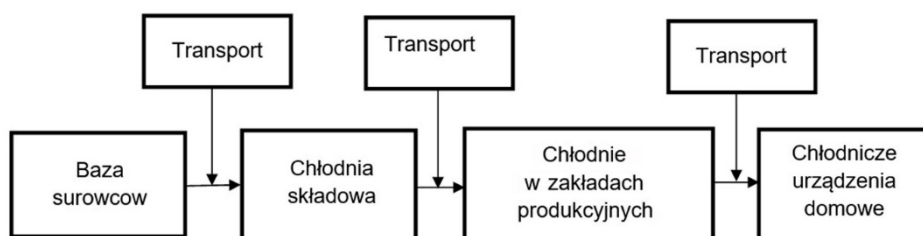
- Pyeon H.I., Bak J., Seok J.J. i in., 2017. Effects of nano-sized bee pollen as a new cosmetic ingredient. *Asian. J. Beauty. Cosmetol.* 15, 1–9, <https://doi.org/10.20402/ajbc.2016.0078>
- Sulborska-Różycka A., Masierowska M., 2021. Wykorzystanie produktów pszczelich w kosmologii. W: Chwil M., Denisow B. (red.), *Wybrane aspekty biokosmologii*. Uniw. Przyr. w Lublinie, Lublin, 178–214.
- Thakur M., Nanda V., 2020. Composition and functionality of bee pollen: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 98, 82–106, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>
- Xi X., Li J., Guo S. i in., 2018. The potential of using bee pollen in cosmetics: a review. *J. Oleo. Sci.* 67, 1071–1082, <https://doi.org/10.5650/jos.ess18048>
- Zhao L., Qiu J., Yin X. i in., 2019. Blossom and bee pollen from *Rosa rugosa* as potential intervention for acne caused by excessive androgen secretion in golden hamster acne model. *Food. Agric. Immunol.* 30, 1174–1188, <https://doi.org/10.1080/09540105.2019.1644444>

## Ocena właściwości termicznych wybranych opakowań zimnochronnych dostępnych w handlu

Evaluation of thermal properties of selected commercially available  
cold-protective packaging

### Wstęp

Opakowania zimnochronne w dzisiejszych czasach są istotnym elementem transportu żywności. Z roku na rok produkcja opakowań tego typu wzrasta adekwatnie do zwiększającej się ilości żywności dystrybuowanej w niskich temperaturach, która szczególnie jest narażona na rozmrożenie. Wybór opakowania przeznaczonego do indywidualnego transportu żywności schłodzonej lub mrożonej staje się jednym z czynników gwarantujących zachowanie jakości i bezpieczeństwa przemieszczanych produktów [Lisińska-Kuśnierz i Kawecka 2012, Cholewa-Wójcik 2017]. Skuteczną ochronę żywności zapewnia zachowanie ciągłości tzw. łańcucha chłodniczego (ryc. 1). Jego celem jest zachowanie odpowiednio niskiej temperatury produktu na każdym etapie produkcji i dystrybucji [Starkowski 2016]. Ten system, będąc nierozrwanym ciągiem operacji technologicznych i transportowych, zapewnia bezpieczeństwo produktu od producenta przez pośrednika aż do konsumenta i konsumpcji [Kozłowicz i in. 2015, Fechner 2016].



Ryc. 1. Przykładowy schemat łańcucha chłodniczego [Kozłowicz i in. 2015]

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Chłodnictwa, dawidccc5@wp.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Biologii Podstaw Technologii Żywności i Pasz

W badaniach zachowania ciągłości łańcucha chłodniczego stwierdzono, że ponad 19% przypadków przekroczenia temperatury granicznej wystąpiło w transporcie między dostawcą a centrum dystrybucyjnym, natomiast około 36% tego typu przypadków odnotowano w transporcie z centrum dystrybucyjnego do punktu sprzedaży [Ruiz-Garcia i Lunadei 2010]. Elementem łańcucha chłodniczego najbardziej narażonym na zerwanie jest transport konsumencki na ostatnim etapie dystrybucji [Salin i Nayga 2003, Martyn i Targoński 2010].

Nowoczesne opakowania, z uwagi na obecnie funkcjonujące trendy rozwojowe, można podzielić na aktywne oraz inteligentne.

Opakowania aktywne (ang. active packaging, AP) są znane również jako interaktywne, czyli charakteryzujące się dostosowywaniem do otoczenia (opakowanie oraz produkt oddziałują na siebie wzajemnie). Celem takiego działania jest zmiana warunków wewnątrz opakowania, która ma doprowadzać do utrzymania jakości produktu znajdującego się wewnątrz [Baranek i Janiga 2008, Day 2008, Pałkowska 2013, Szymańska i in. 2019]. Opakowania te stosowane są w pakowaniu żywności wygodnej i funkcjonalnej z ukierunkowaniem na łatwy dostęp i szybkie przygotowanie. Ze względu na wykorzystane rozwiązania oraz przeznaczenie można je podzielić na 3 grupy: pochłaniacze tlenu, pochłaniacze etylenu oraz absorbery zapachów (aldehydów i amin) [Ganczewski i in. 2019].

Opakowania inteligentne (ang. intelligent packaging, IP) zwane są m.in. mądrymi, sprytnymi, eleganckimi. Cechą charakterystyczną tych produktów jest element znajdujący się pomiędzy materiałem a wyrobem, który pozwala na kontrolę stanu bezpieczeństwa przechowywanego produktu oraz przekazywanie informacji o jego stanie konsumentowi [Cichoń i Lesiów 2013, Cierpiszewski 2016]. Opakowania inteligentne często zawierają w swej budowie mikroczujniki mające za zadanie rejestrację, np. czasu oraz temperatury produktu. Ze względu na systemy czujników opakowania IP można podzielić [Szczepaniak i in. 2020] na zawierające wskaźniki:

- czasu i temperatury (ang. time temperature indicators, TTI),
- ochrony przed zanieczyszczeniem atmosferycznym,
- jakości produktu,
- obecności gazów w produkcie,
- osiągnięcia krytycznej temperatury przechowywania (ang. temperature indicators, TI).

Wyprodukowane opakowania mają ogromny wpływ na zmniejszenie emisji czynników szkodliwych dla środowiska, m.in. dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), dzięki temu, że można je wielokrotnie i wszechstronnie wykorzystywać [Wasiak 2015]. W ciągu 60 lat wytworzono 8,3 mld ton odpadów, z czego 76% to tworzywa sztuczne, które w 90,5% nie nadają się do recyklingu [Roe i in. 2020, Tiekstra i in. 2021]. Dzięki globalnemu trendowi minimalizacji zanieczyszczeń spowodowanych ogromną produkcją plastiku wytwarza się produkty jednorazowego użytku z wykorzystaniem naturalnych i biodegradowalnych materiałów [Hobbs 2020, Rizou i in. 2020, Szczepaniak i in. 2020, Hobbs 2020]. Według Polskiej Izby Opakowań (PIO) w ostatnich latach opakowania wyprodukowane z tworzyw sztucznych stanowiły 42% wszystkich opakowań produktów żywnościowych



[Lenartowicz-Klik 2020, Biuletyn Opakowaniowy 2022]. Wyroby z tektury i papieru stanowią 26% udziału rynku, opakowania szklane to 16%, a metalowe – 13% [Rymanowski 2013, Szczepaniak i in. 2020, Biuletyn Opakowaniowy 2022].

### Cel i zakres pracy

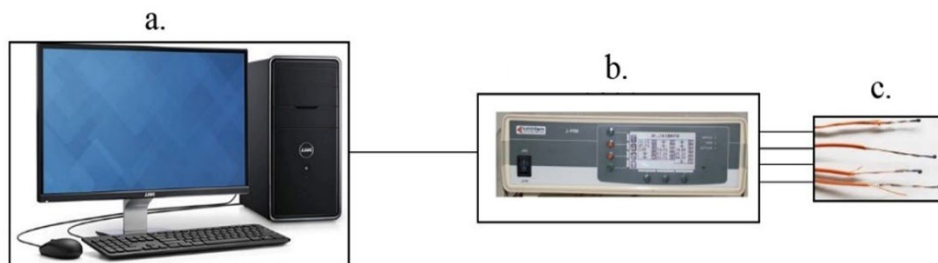
Za cele pracy przyjęto scharakteryzowanie i ocenę właściwości – w tym izolacyjnych – dostępnych w handlu termicznych opakowań zimnochronnych.

Zakres pracy obejmował wpływ badanych opakowań zimnochronnych na kinetykę zamrażania i rozmrażania zabezpieczonego przez nie produktu, co zrealizowane zostało przez rejestrację temperatury podczas schładzania i ogrzewania obiektu modelowego.

### Materiał i metody badań

Do badań wykorzystano torby izotermiczne oferowane w sklepach wielkopowierzchniowych. Wykorzystane w badaniach torby oferowane były do nabycia klientom działów z mrożonkami i żywnością schłodzoną. Nazwy producentów zastąpiono kodami: An, Ba, TB, Kd, Kg, CZ, LI, JN oraz To.

Badania charakterystyki termicznej badanych opakowań oparto na ich właściwościach izolacyjnych podczas zamrażania i rozmrażania prób w kontrolowanych warunkach. W centrum termicznym prób osadzono sondy pomiarowe PT100 współdziałające z miernikiem MPI-L, który rejestrował zapis zmian temperatury (ryc. 2).



Ryc. 2. Schemat stanowiska badawczego: a) komputer PC z programem sterującym miernikiem, b) miernik MPI-L, c) sondy pomiarowe PT100

W pierwszym etapie dokonano zamrażania w warunkach konwekcji swobodnej w temperaturze  $-30^{\circ}\text{C}$  wypełnionych wodą 1,5-litrowych cylindrycznych pojemników o średnicy 10 cm. Drugim etapem było rozmrażanie powyższych prób w warunkach konwekcji swobodnej w pomieszczeniu o temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$ . Pomiaru dokonywano w trzech

powtórzeniach, uznając za wynik końcowy średnią z pomiarów. Na podstawie uzyskanych wyników wykonano krzywe zamrażania i rozmrażania.

Na podstawie krzywych zamrażania i rozmrażania obliczono szybkość zamrażania i rozmrażania, co stanowiło badane kryterium skuteczności izolacyjnej sprawdzanego opakowania. Do obliczenia czasu zamrażania ( $T_z$ ;  $T_r$ ) oraz szybkości zamrażania ( $v_z$ ;  $v_r$ ) użyto zależności [Bøgh-Sørensen 2006]:

$$T = T_2 - T_1 \text{ [s, min, h]}$$

gdzie:

$T$ ,  $T_z$  – czas zamrażania lub  $T_r$  – rozmrażania,

$T_1$  – czas uzyskania temperatury początkowej przez centrum próby ( $z - 15^\circ\text{C}$ ;  $r - 20^\circ\text{C}$ ),

$T_2$  – czas uzyskania temperatury końcowej przez centrum próby ( $z - 20^\circ\text{C}$ ;  $r - 15^\circ\text{C}$ ).

$$v = \frac{s \times 0,5}{T} \text{ [mm/h]}$$

gdzie:

$v$ ,  $v_z$  – szybkość zamrażania;  $v_r$  – szybkość rozmrażania,

$s$  – wymiar charakterystyczny próby [mm, cm],

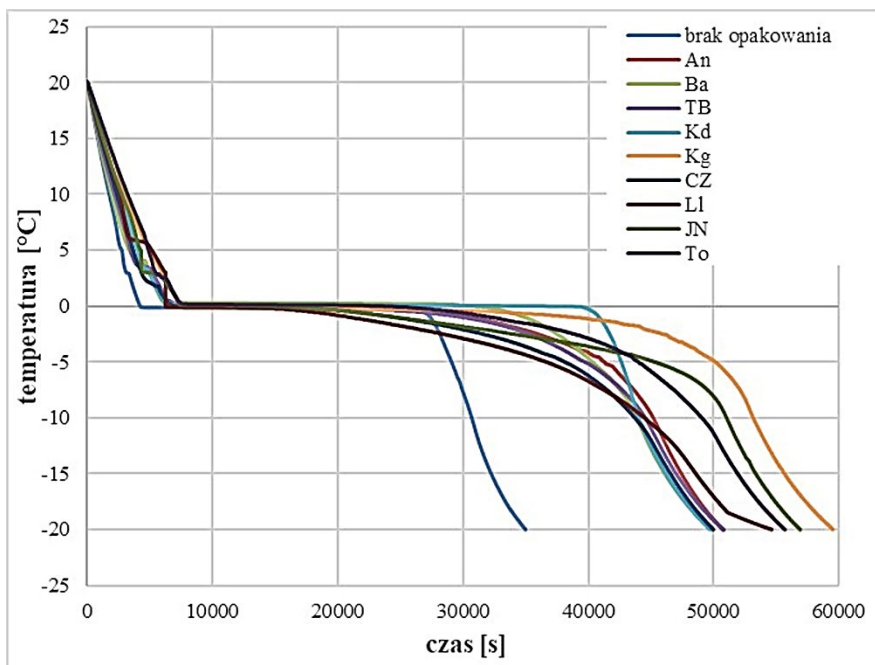
$T$ ,  $T_z$  – czas zamrażania lub  $T_r$  – rozmrażania [s, min, h].

Do przeprowadzenia badań polegających na ocenie funkcjonalności izolacyjnej wykorzystano dziewięć zamykanych na zatrzask termoizolacyjnych toreb wykonanych z tworzyw sztucznych (polietylenowe – PE, oraz polipropylenowe – PP) różnych producentów. W pomiarach wykorzystano parametry czasu zamrażania i rozmrażania oraz szybkości zamrażania i rozmrażania umieszczonego wewnątrz torby wzorcowego naczynia wypełnionego wodą.

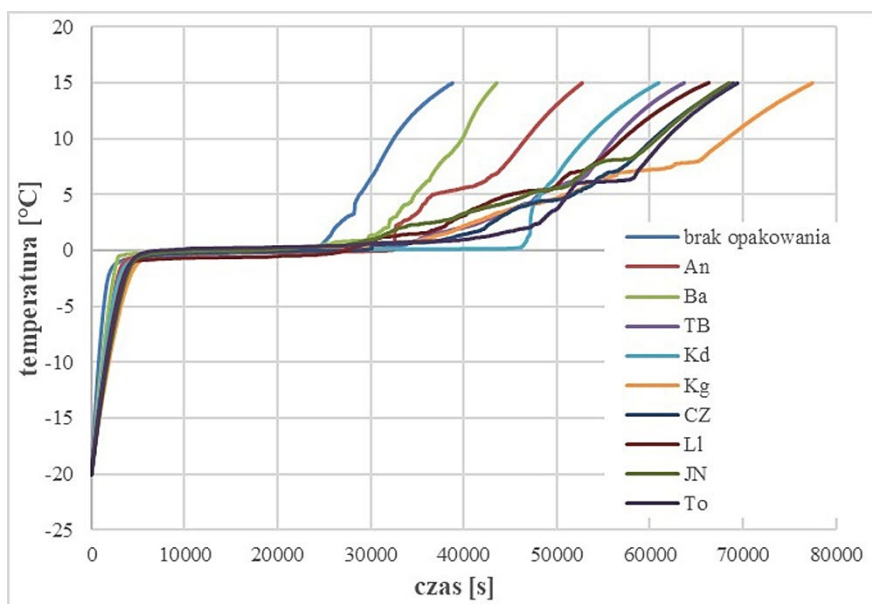
## Wyniki badań

Pomiar temperatury centrum zamrażanych i rozmrażanych prób umożliwił opracowanie krzywych zamrażania, które charakteryzowały się zróżnicowanymi przebiegami, co potwierdzało niejednorodne właściwości termiczne poszczególnych opakowań. Wszystkie opakowania wykazały dłuższy czas osiągnięcia temperatur zamierzonych metodyką w porównaniu z krzywymi zmiany stanu temperatury zarówno podczas zamrażania, jak i rozmrażania próby wzorcowej nieposiadającej opakowania (ryc. 3 i 4).

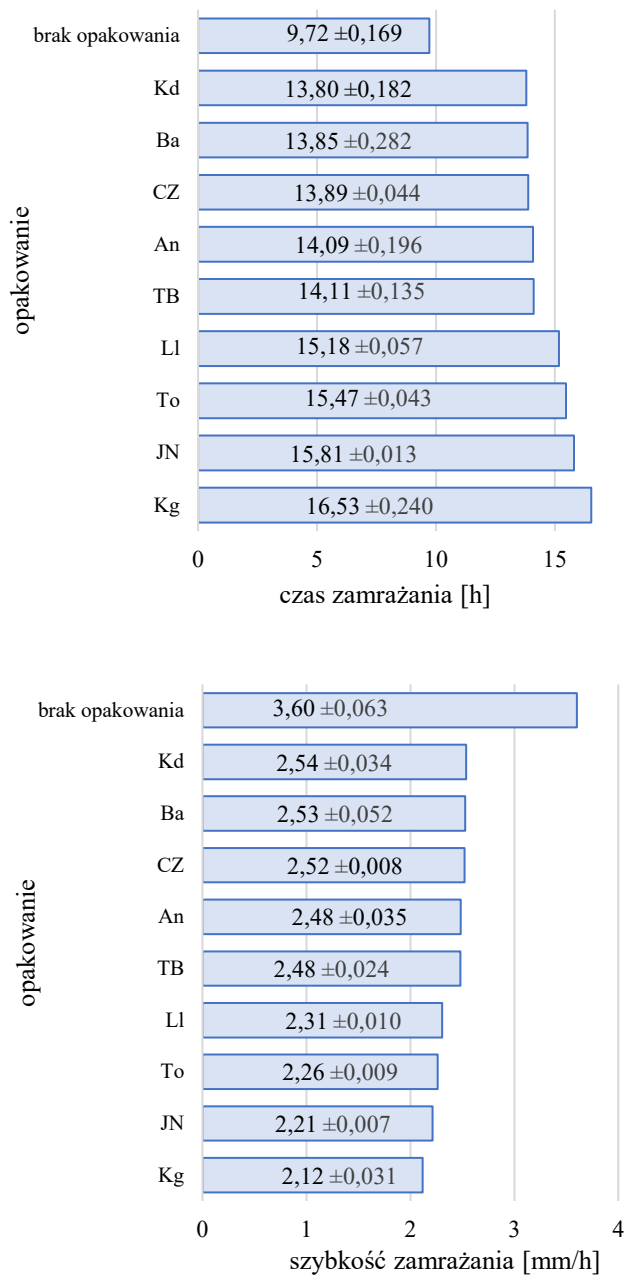
Przeprowadzone badania potwierdziły zróżnicowane właściwości izolacyjne badanych opakowań termoizolacyjnych. Najmniej czasu na zamrożenie oraz rozmrożenie było potrzebne w próbie kontrolnej nieopakowanej, w której średni czas zamrażania wyniósł 9,72 h. Zastosowanie opakowania izotermicznego wydłużyło średni czas zamrażania od 13,80 h do 16,53 h. Wśród wszystkich przebadanych produktów najlepszymi cechami izolacyjnymi cechowało się opakowanie Kg, w którym odnotowano średni czas zamrażania wynoszący 16,53 godz. i średnią szybkość zamrażania 2,12 mm/h (ryc. 5).



Ryc. 3. Uśrednione krzywe zamrażania obiektu modelowego w badanych opakowaniach

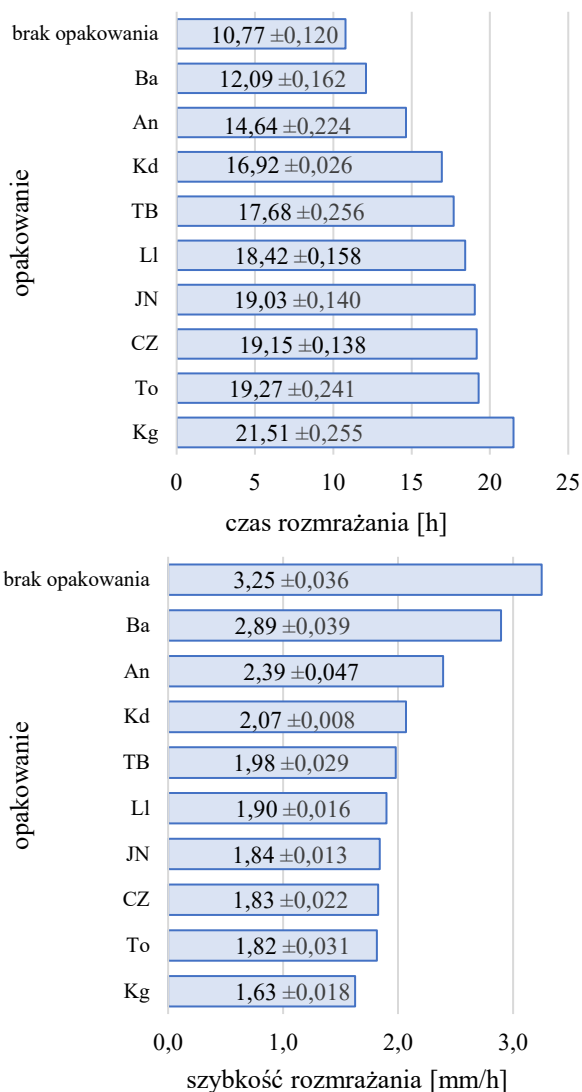


Ryc. 4. Uśrednione krzywe rozmrażania obiektu modelowego w badanych opakowaniach



Ryc. 5. Średni czas i średnia szybkość zamrażania badanych prób z odchyleniem standardowym ( $\bar{x} \pm SD$  dla  $n = 3$ )

Analiza krzywych rozmrażania uwidoczniła dłuższy czas rozmrażania w tym samym zakresie temperatur co zamrażanie. W przypadku próby nieizolowanej opakowaniem uzyskany średni czas rozmrażania od  $-15^{\circ}\text{C}$  do  $20^{\circ}\text{C}$  wyniósł 10,77 h. Najdłuższy średni czas rozmrażania w przypadku opakowań izotermicznych wyniósł 21,51 h, a najkrótszy: 12,09 h (ryc. 6).



Ryc. 6. Średni czas i średnia szybkość rozmrażania badanych prób z odchyleniem standardowym ( $\bar{x} \pm \text{SD}$  dla  $n = 3$ )

W większości badanych przypadków właściwości termiczne opakowań izotermicznych nie pokrywały się podczas procesów schładzania i ogrzewania.

Spośród badanych produktów najlepszą jakością cechował się produkt Kg, ponieważ w jego przypadku najdłuższy był średni czas zamrażania (16,53 h) i średni czas rozmrażania (21,51 h). Najgorszy wynik zamrażania uzyskał produkt Kd (13,80 h), a najszybszy czas rozmrażania produkt Ba (12,09 h) (ryc. 5 i 6).

Im dłuższy był czas osiągnięcia temperatury  $-15^{\circ}\text{C}$ , tym lepsza była izolacja występująca również podczas prób rozmrażania (21,51 h), kiedy odnotowana szybkość rozmrażania wyniosła 1,63 mm/h (ryc. 5 i 6).

Najgorszymi cechami jakościowymi charakteryzował się produkt bez opakowania, ponieważ wykazywał najszybszy czas i największą szybkość zamrażania (9,72 h) oraz rozmrażania (10,77 h). Najgorszy wyniki spośród badanych produktów z opakowaniem miał produkt Kd z najszybszym czasem zamrażania (13,8 h). Najgorszy czas rozmrażania (od  $-20$  do  $0^{\circ}\text{C}$ ) osiągnęło opakowanie Ba z czasem (12,09 h). Najszybszy czas zamrażania i rozmrażania spośród badanych miało opakowanie An (22,45 mm/h) (ryc. 5 i 6).

## Wnioski

Przeprowadzane badania pozwoliły na opracowanie następujących wniosków:

1. Najlepszy spośród badanych opakowań izotermicznych jest produkt firmy Kg, którego stosowanie zaowocowało najdłuższym czasem zamrażania (16,53 h), a co za tym idzie, najmniejszą szybkością zamrażania (2,12 mm/h). Uniwersalność tego opakowania izotermicznego została potwierdzona w testach rozmrażania (kluczowych dla „toreb na mrożonki”), kiedy osiągnięcie temperatury końcowej również nastąpiło najpóźniej, bo po 21,51 h, a wyznaczona szybkość rozmrażania wyniosła 1,63 mm/h.

2. Najmniej skutecznym opakowaniem pod kątem czasu i szybkości zamrażania była torba izotermiczna oferowana do zabezpieczenia zakupionych mrożonek w sklepie wielkopowierzchniowym Kd, której czas zamrażania wyniósł 13,8 h, a proces następował z szybkością 2,54 mm/h.

3. Najmniej skutecznym opakowaniem pod kątem czasu i szybkości rozmrażania była torba izotermiczna oferowana do zabezpieczenia zakupionych mrożonek w sklepie wielkopowierzchniowym Ba, której przypadku rozmrażanie trwało 12,09 h i osiągnęło szybkość 2,89 mm/h.

4. Stosowanie opakowań izotermicznych podczas zabezpieczania w transporcie zakupionych mrożonek jest wskazane, ponieważ użycie nawet najmniej wydajnego izolacyjnie opakowania wyraźnie opóźnia ogrzewanie się produktu.

## Bibliografia

- Baranek E., Janiga U., 2008. Metody oceny opakowań transportowych. *Przegl. Pap.* 64(11), 661–664.
- Biuletyn Opakowaniowy. Polska Izba Opakowań, 2022. [https://www.pakowanie.info/uploads/1/0/2/5/10250887/biuletyn\\_-\\_stycze%C5%84-marzec\\_2022\\_-\\_internet.pdf](https://www.pakowanie.info/uploads/1/0/2/5/10250887/biuletyn_-_stycze%C5%84-marzec_2022_-_internet.pdf) [dostęp: 23.08.2023].

- Bøgh-Sørensen L., 2006. Recommendations for the processing and handling of frozen foods. International Institute of Refrigeration, Paris.
- Cholewa-Wójcik A., 2017. Rola opakowań w sprawnej realizacji przepływów w ramach łańcucha dostaw. *Probl. Jakości* 9, 43–47, <https://doi.org/10.15199/48.2017.9.3>
- Cichoń M., Lesiów T., 2013. Zasada działania innowacyjnych opakowań inteligentnych w przemyśle żywnościowym. *Nauki Inż. Technol.* 2(9), 9–11.
- Cierpiszewski R., 2016. Opakowania inteligentne. Wyd. Uniw. Ekonom., Poznań, 9–16.
- Day B.P.F., 2008. Active packaging of food. W: *Smart packaging technologies for fast moving consumer goods*. J. Kerry, P. Butler (red.), John Wiley & Sons, Ltd.
- Fechner I., 2016. Łańcuch logistyczny. Struktura. Podstawowe ogniwa i funkcje. W: *Opakowania w łańcuchu dostaw. Wybrane problemy*. W. Wasiak (red.), Polska Izba Opakowań, 27–39.
- Ganczewski G., Dantuma A., Flynn K. i in., 2019. Sustainability aspects of active and intelligent packaging. *Opakowanie* 6, 90–95, <https://doi.org/10.15199/42.2019.6.2>
- Hobbs J.E., 2020. Food supply chains during the COVID-19 pandemic. *Can. J. Agr. Econ.* 68(2), 171–176, <https://doi.org/10.1111/cjag.12237>
- Kozłowicz K., Góral D., Kluza F. i in., 2015. Uwarunkowania intermodalnych rozwiązań transportu chłodniczego żywności. *Logistyka* 5, 221–226.
- Lenartowicz-Klik M., 2020. Materiały opakowaniowe do kontaktu z żywnością. *Przem. Spoż.* 74(12), 30–33, <https://doi.org/10.15199/65.2020.12.6>
- Lisińska-Kuśnierz M., Kawecka A., 2012. Zapewnienie bezpieczeństwa opakowań produktów żywnościowych w łańcuchu dostaw. *Handel Wew.* 1(336), 60–62.
- Martyn A., Targoński Z., 2010. Antymikrobiologiczne opakowania żywności. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 17(5), 33–44.
- Pałkowska A., 2013. Opakowania aktywne i inteligentne w świadomości konsumentów. *Zesz. Nauk. Akad. Morskiej Gdynia*, 8, 35–42.
- Rizou M., Galanakis I., Aldawoud T.M.S. i in., 2020. Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic. *Trends Food Sci. Technol.* 102, 293–299, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.008>
- Roe B. E., Bender K., Qi D., 2020. The Impact of COVID-19 on consumer food waste. USA, 401–403.
- Ruiz-Garcia L., Lunadei L., 2010. Monitoring cold chain logistics by means of RFID. W: *C. Turcu. Sustainable radio frequency identification solutions*, InTech, Londyn, <https://doi.org/10.5772/8006>
- Salin V., Nayga Jr R.M., 2003. A cold chain network for food exports to developing countries. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 33(10), 918–933, <http://dx.doi.org/10.1108/09600030310508717>
- Starkowski D., 2016. Funkcje opakowań i siły działające na ładunek w transporcie drogowym. W: *Opakowania w łańcuchu dostaw. Wybrane problemy*. W. Wasiak (red.), Polska Izba Opakowań.
- Szczepaniak I., Ambroziak Ł., Drożdż J., 2020. Wpływ pandemii COVID-19 na przetwórstwo spożywcze i eksport rolno-spożywczy. *Ubezpiec. Roln. Mat. Stud.* 1(73), 117–139, <https://doi.org/10.48058/urms/73.2020.3>
- Szymańska I., Żbikowska A., Marciniak-Łukasiak K., 2019. Opakowania do żywności – wymagania, kontrowersje i trendy. *Przem. Spoż.* 73(3), 46–50, <https://doi.org/10.15199/65.2019.3.8>
- Tiekstra S., Dopico-Parada A., Koivula H. i in., 2021. Holistic approach to a successful market implementation of active and intelligent food packaging. *Foods* 10(2), 465, <https://doi.org/10.3390/foods10020465>
- Wasiak W., 2015. Przemysł i rynek opakowań w Polsce. *OOH Mag.*, 40–41.

## Wpływ dodatku masła orzechowego na jakość serów

Effect of peanut butter addition on cheese quality

### Wstęp

Mleko i produkty mleczne ze względu na wysoką wartość odżywczą stanowią ważny element diety człowieka [Manuelian i in. 2018]. Dużą popularnością wśród konsumentów cieszą się sery. Stanowią one różnorodną grupę produktów. Obecnie na świecie produkowanych jest od 1000 do nawet 4000 różnych rodzajów serów [Knysz i in. 2018]. Różnorodność wynika głównie z rodzaju i jakości stosowanego surowca [Lucas i in. 2008, Queiroga i in. 2013, Roda i in. 2015, Kilcawley i in. 2018] oraz technologii [Manzo i in. 2019, Bergamaschi i in. 2020] i regionu wytwarzania [Bozoudi i in. 2018, Salum i in. 2018], co finalnie decyduje o wartości odżywczej i atrakcyjności sensorycznej serów. *Codex Alimentarius* definiuje ser jako produkt dojrzewający lub niedojrzewający, miękki, półtwardy, twardy lub bardzo twardy, który może być powlekany i w którym stosunek białek serwatkowych do kazeiny nie przekracza poziomu takiego jak w mleku. Otrzymuje się go w wyniku pełnej lub częściowej koagulacji białek mleka pełnego, odtłuszczonego, częściowo odtłuszczonego, śmietanki, śmietanki serwatkowej lub maślanki bądź jakiegokolwiek kombinacji tych surowców. Odbywa się to poprzez działanie podpuszczki lub innych odpowiednich czynników koagulujących i przez częściowe odczerpanie serwatki będącej rezultatem koagulacji, uwzględniając przy tym zasadę, że rezultatem końcowym wyrobu sera jest koncentracja białek mleka (w szczególności części kazeinowej) oraz że w konsekwencji zawartość białka w serze będzie znacząco wyższa niż zawartość białka w mieszaninie surowców, z których ser był wyprodukowany [Codex Alimentarius].

Serowarstwo w Polsce ma wielowiekowe tradycje. Produkcja serów jest ważnym działem przetwórstwa mleka, a Polska należy do grona największych światowych producentów tego asortymentu, zajmując szóstą pozycję na świecie (po USA, Niemczech, Francji, Włoszech i Niderlandach) oraz piątą w Unii Europejskiej. W strukturze produkcji tej grupy towarowej dominują sery twarogowe (51% udziału) i sery podpuszczkowe

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Oceny Jakości i Bezpieczeństwa Żywności, aleksandra.gajowik223@wp.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych



dojrzewające (39%). W wolumenie produkcji sery topione stanowią 8%, a pozostałe sery – 2% [KOWR 2021].

Sery podpuszczkowe są dobrym źródłem podstawowych składników odżywczych, takich jak pełnowartościowe białko, tłuszcz, a także składników mineralnych i witamin. Ze względu na dużą zawartość tłuszczu sery te są wysokokaloryczne. Przykładowo 100 g sera edamskiego dostarcza przeciętnie 360 kcal, 25 g białka i 28 g tłuszczu. Niewątpliwym atutem żywieniowym serów podpuszczkowych jest wysoka zawartość wapnia, który jest podstawowym materiałem budulcowym kości i zębów. Bierze również udział w przewodnictwie bodźców nerwowych, kurczliwości mięśni, aktywacji enzymów, regulacji gospodarki hormonalnej, uczestniczy w krzepnięciu krwi. Podaż w diecie zalecanej ilości wapnia jest niezbędna w profilaktyce i leczeniu chorób, takich jak otyłość, cukrzyca typu 2 oraz niektórych nowotworów (m.in. sutka, prostaty i jelita grubego) [Bermejo i in. 2019]. Według norm żywienia dla populacji polskiej opracowanych przez Instytut Żywności i Żywienia [2020] dorosły człowiek powinien dostarczać z diety 800–1000 mg wapnia dziennie. Przyjmuje się, że spożycie 100 g sera podpuszczkowego pokrywa to zapotrzebowanie. Sery podpuszczkowe ze względu na wysoką zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych, cholesterolu i soli mają opinię produktów, które należy ograniczać w diecie. Współcześni konsumenci poszukują produktów o właściwościach prozdrowotnych. Wzrasta zainteresowanie konsumentów roślinnymi alternatywami dla produktów mlecznych, jak również produktami mlecznymi z dodatkami zwiększającymi potencjał prozdrowotny produktu oraz ich atrakcyjność sensoryczną. Wynika to z przekonania, że dania roślinne lub z roślinnymi dodatkami są zdrowsze, a ograniczenie produktów odzwierzęcych może mieć długofalowo pozytywny wpływ na zdrowie. Społeczeństwo uważa taki sposób odżywiania za bardziej nowoczesny, a jednocześnie optymalny dla środowiska naturalnego [Orszulak-Dudkowska 2020].

Obecnie na rynku dostępne są sery z różnymi dodatkami smakowymi. Do najbardziej popularnych dodatków należą przyprawy i zioła, takie jak czosnek, pesto, pieprz, papryka, oregano, rozmaryn lub bazylia. Częstym dodatkiem są orzechy, warzywa (pomidory, seler, papryka) lub owoce (morele, żurawina, mango). Ciekawymi dodatkami do serów premium są trufle lub płatki złota. Sery z dodatkami są wzbogacane w alkohole, takie jak piwo, porto, rum, a nawet szampan. Producenci eksperymentują też z różnego typu ekstraktami i przecierami z owoców i warzyw [Górska 2018].

Innowacyjnym dodatkiem w produkcji serów mogą być produkty na bazie orzechów ziemnych, nazywanych orzechami arachidowymi lub fistaszkami. Roślina ta należy do rodziny motylkowatych. Owocami orzecha arachidowego są strąki zawierające nasiona – orzeszki ziemne. Zawartość białka w tych orzechach wynosi 28,5%, zaś tłuszczu średnio 49,24%, z czego większość stanowią kwasy tłuszczowe nienasycone, głównie oleinowy i linolowy [Wroniak i in. 2016]. Zastosowanie dodatków do mleka przeznaczono do produkcji serów może wpływać na jego przydatność do przetwórstwa.

Celem podjętych badań było określenie wpływu dodatku masła orzechowego do mleka na przebieg procesu koagulacji enzymatycznej oraz wybrane cechy jakościowe wytworzonych serów.

## Material i metody

Materiał do badań stanowiło mleko z dodatkiem masła orzechowego w proszku oraz sery wytworzone na bazie tego mleka. Próbę kontrolną stanowiły mleko i sery bez dodatków.

Do badań użyto mleka mikrofiltrowanego, pasteryzowanego, świeżego (OSM Piąt-nica) oraz masła orzechowego w proszku (Peanut Powder Natural, Allnutrition). Mleko zawierało 3,2% tłuszczu, 3,7% laktozy, 2,1% białka. Masło orzechowe składało się ze zmielonych odtłuszczonych prażonych orzeszków ziemnych. Deklarowany przez produ-centa skład produktu: białko 50%, węglowodany 31%, tłuszcz 14%, błonnik 14%. Doda-tek proszku orzechowego do mleka wynosił 0% i 2%.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach – w pierwszym oceniono właściwości koagulujące mleka z dodatkiem oraz bez niego, a w drugim wytworzono sery i poddano je analizom.

Właściwości koagulujące (czas krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki wyrażony w minutach – RCT, zwięzłość skrzepu po 30 minutach od dodania enzymu wyrażony w milimetrach – a30, czas osiągnięcia określonej zwięzłości przez skrzep wyrażony w minutach – k20) oznaczono przy użyciu Laktodynamografu V2 (Foss, Włochy). Próbki mleka z dodatkami oraz próby kontrolne (bez dodatków) ogrzano do temperatury 36°C, następnie dodano roztwór podpuszczki mikrobiologicznej MicroClage (0,0513 IMCU/milk ml; GAP Food additives). Proces koagulacji był monitorowany przez 30 minut. Następnie z mleka doświadczalnego oraz kontrolnego wytworzono skrzepy podpuszczkowe według Wolanciuk i in. [2016]. Otrzymane skrzepy poddano analizie tekstury przy użyciu wieloczynnościowej maszyny wytrzymałościowej Zwick Roell (Niemcy). Badano następujące parametry tekstury: twardość, siła kohezji, adhezyjność, sprężystość, gumowatość, żuwalność i spójność. Wszystkie analizy wykonywano w dwu-krotnym powtórzeniu.

W drugim etapie badań wytworzono sery z mleka z dodatkiem masła orzechowego w proszku w ilości 2% i ser kontrolny (0% dodatku). Przygotowane mleko z dodatkiem ogrzano do temperatury 36°C, następnie dodano chlorek wapnia i kultury mezofilne: *Lac-tococcus lactis* ssp. *actis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc* spp. Mleko zaprawiono podpuszczką i pozostawiono do uzyskania skrzepu, który następnie pokrojono na ziarna. Otrzymane ziarna osuszono, przełożono do form, poddano prasowaniu i zanurzono w roztworze solanki. Po 24 godzi-nach sery poddano analizie cech fizycznych i ocenie organoleptycznej.

Oznaczono pH, kwasowość ogólną [PN-73/A-86232], aktywność wody  $A_w$  (Hygro-Lab, Rotronic), barwę za pomocą chromatometru Minolta CR-310 (Minolta Camera Co. Ltd., Japonia). Wszystkie oznaczenia wykonano w dwukrotnym powtórzeniu. Grupa 5 odpowiednio przeszkolonych degustatorów oceniła barwę, smak, zapach i teksturę serów za pomocą 5-punktowej skali hedonicznej [PN-ISO 4121:1998], gdzie 5 pkt oznaczało cechę bardzo pożądaną, 4 pkt – pożądaną, 3 pkt – raczej pożądaną, 2 pkt – niepożądaną, 1 pkt – zdecydowanie niepożądaną.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, którą przeprowadzono w progra-mie Statistica 13, wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi wartościami sprawdzono testem NIR-Fishera przy  $p < 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

### Właściwości koagulujące mleka

Kluczowym etapem w produkcji serów jest otrzymanie skrzepu, który następnie jest poddawany obróbce termicznej i mechanicznej. Koagulacja enzymatyczna mleka to proces złożony z dwóch faz: enzymatycznej i koagulacyjnej. W fazie enzymatycznej enzym hydrolizuje wiązanie między 105. a 106. aminokwasem w frakcji  $\kappa$ -kazeiny. W efekcie część łańcucha polipeptydowego oddziela się jako glikomakropeptyd z miceli kazeinowej, przez co układ białek mleka zostaje zaburzony. W fazie koagulacyjnej między odsłoniętymi frakcjami  $\alpha$ - i  $\beta$ -kazeiny tworzą się liczne mostki wapniowe. Ponadto dochodzi do połączenia frakcji z sąsiadujących miceli, w czego wyniku powstaje trwałe skrzep [Guinee i in. 2010].

Wyniki badań przedstawione w tabeli 1 wskazują, że dodatek masła orzechowego do mleka nie wpłynął na przebieg procesu koagulacji enzymatycznej. Zarówno czas krzepnięcia mleka, jak i zwięźłość skrzepu po 30 minutach od dodatku enzymu były zbliżone. Jedynie czas osiągnięcia określonej zwięźłości przez skrzep był nieco krótszy w przypadku mleka z dodatkiem proszku orzechowego, jednak różnice nie były istotne statystycznie.

Tabela 1. Właściwości koagulujące mleka dodatku masła orzechowego w ilości 0% i 2% (średnia  $\pm$ SD)

Parametr/wielkość dodatku	RCT (min)	a30 (mm)	k20 (min)
0%	8,57 $\pm$ 1,71	43,60 $\pm$ 5,34	3,12 $\pm$ 0,25
2%	8,80 $\pm$ 1,39	42,15 $\pm$ 4,17	2,69 $\pm$ 0,54

RCT – czas krzepnięcia pod wpływem podpuszczki, a30 – zwięźłość skrzepu po 30 min, k20 – czas osiągnięcia określonej zwięźłości przez skrzep

### Tekstura skrzepów podpuszczkowych

Tekstura żywności to jeden z podstawowych parametrów charakteryzujących produkty spożywcze i decydujących o ich jakości [Surówka 2002]. Marzec [2007] opisuje teksturę jako zbiór wszystkich cech mechanicznych, geometrycznych i powierzchniowych produktu, które człowiek może odebrać za pomocą receptorów mechanicznych, dotykowych, wzrokowych i słuchowych. W sensie fizycznym tekstura stanowi o właściwościach reologicznych produktu i cechuje ją zależność naprężenie–odkształcenie–czas. W tabeli 2 przedstawiono wyniki oceny parametrów tekstury skrzepów. Nie stwierdzono wpływu dodatku masła orzechowego na analizowane cechy tekstury. Skrzepy otrzymane z mleka z dodatkiem masła orzechowego nie różniły się istotnie od kontrolnych pod względem twardości, siły kohezji, adhezji, sprężystości, gumowatości, żuwalności i spójności. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że masło orzechowe może być stosowane jako dodatek w produkcji serów podpuszczkowych, ponieważ nie pogarsza właściwości koagulujących mleka i nie wpływa na cechy tekstury powstającego skrzepu.

Tabela 2. Parametry tekstury skrzepów podpuszczkowych z dodatkiem masła orzechowego w ilości 0% i 2% (średnia  $\pm$ SD)

Parametr/wielkość dodatku	0%	2%
Twardość [N]	1,48 $\pm$ 0,08	1,54 $\pm$ 0,06
Siła kohezji [N]	0,40 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,05
Adhezyjność [N]	1,77 $\pm$ 0,04	1,52 $\pm$ 0,06
Sprężystość	4,98 $\pm$ 1,52	5,33 $\pm$ 1,34
Gumowatość [N]	0,35 $\pm$ 0,07	0,33 $\pm$ 0,04
Żuwalność [N]	1,74 $\pm$ 0,57	1,75 $\pm$ 0,31
Spójność [N]	0,24 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,09

### Cechy fizyczne serów

W tabeli 3 przedstawiono wyniki na temat wybranych cech fizycznych wytworzonych serów. Kwasowość należy do podstawowych parametrów decydujących o jakości żywności i jest charakterystyczna dla większości produktów spożywczych. Kwasowość czynna (pH) odnosi się do części jonów wodorowych, które występują w roztworze w postaci jonów hydroniowych  $H_3O^+$ . Kwasowość potencjalna z kolei jest miarą zawartości substancji chemicznych o charakterze kwaśnym zawartych w badanym produkcie. Wyniki badań przedstawione w tabeli 3 wskazują, że otrzymane sery, kontrolny i doświadczalny, charakteryzowały się zbliżoną kwasowością miareczkową (odpowiednio 82,5°SH i 84,5°SH), różniły się natomiast istotnie pod względem pH. Wartość pH sera z dodatkiem kremu orzechowego w proszku była istotnie ( $p < 0,05$ ) wyższa i wynosiła 4,98.

Stan wody w żywności wynika przede wszystkim z budowy jej cząsteczki i oddziaływań z pozostałymi składnikami materiału. Opis stanu wody w żywności jest wyrażany za pomocą aktywności – termodynamicznego miernika potencjału chemicznego wody. Aktywność wody decyduje o przebiegu procesów biologicznych, a zwłaszcza wpływa na rozwój drobnoustrojów. Zawartość wody oddziałuje na konformację białek enzymatycznych, które decydują o aktywności i zdolności katalitycznej enzymów [Pałacha 2008]. Aktywność wody w serach kształtowana jest na etapie produkcji i zależy przede wszystkim od proporcji wody i kazeiny, w mniejszym stopniu od zawartości tłuszczu. Podstawowym parametrem świadczącym o prawidłowym przebiegu procesu technologicznego jest odpowiednia dynamika fermentacji mlekowej [Aljewicz i in. 2011]. Aktywność wody w badanych serach kształtowała się na poziomie 0,8. Nie stwierdzono istotnych różnic dla tego parametru (tab. 3).

Tabela 3. Wybrane właściwości fizyczne ocenianych serów (średnia  $\pm$ SD)

Parametr/wielkość dodatku	0%	2%
pH	4,80 <sup>A</sup> $\pm$ 0,02	4,98 <sup>B</sup> $\pm$ 0,01
Kwasowość miareczkowa (°SH)	82,5 $\pm$ 0,71	84,5 $\pm$ 0,70
A <sub>w</sub>	0,867 $\pm$ 0,036	0,872 $\pm$ 0,037

A, B – różnice między średnimi istotne przy  $p < 0,05$

Dane zawarte w tabeli 4 wskazują, że dodatek masła orzechowego istotnie ( $p < 0,05$ ) wpłynął na barwę serów. Ser doświadczalny był zdecydowanie ( $p < 0,05$ ) ciemniejszy ( $L^*$  86,5), cechował się ponad 20-krotnie wyższym udziałem barwy czerwonej ( $a^*$  2,34) oraz o blisko 30% wyższym udziałem barwy żółtej ( $b^*$  13,88).

Tabela 4. Wyniki pomiaru barwy serów w układzie  $L^* a^* b^*$  (średnia  $\pm$ SD)

Parametr/wielkość dodatku	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0%	91,89 <sup>B</sup> $\pm$ 0,30	0,10 <sup>A</sup> $\pm$ 0,04	10,69 <sup>A</sup> $\pm$ 0,26
2%	86,5 <sup>A</sup> $\pm$ 0,09	2,34 <sup>B</sup> $\pm$ 0,04	13,88 <sup>B</sup> $\pm$ 0,11

$L^*$  – jasność,  $a^*$  (+/-) – czerwony/zielony,  $b^*$  (+/-) – żółty/niebieski; A, B – różnice między średnimi istotne przy  $p < 0,05$

### Atrakcyjność sensoryczna serów

Zastosowanie dodatku masła orzechowego w produkcji serów wpłynęło na pożądalność cech organoleptycznych produktu. W opinii degustatorów barwa i smak sera z udziałem masła orzechowego były mniej pożądane w porównaniu z serem bez dodatku (tab. 5).

Tabela 5. Wyniki oceny pożądalności serów w hedonicznej skali 5-punktowej (średnia  $\pm$ SD)

Parametr/Wielkość dodatku	Barwa	Smak	Zapach	Tekstura
0%	4,75 <sup>B</sup> $\pm$ 0,12	4,00 <sup>B</sup> $\pm$ 0,12	3,75 $\pm$ 0,07	4,00 $\pm$ 0,09
2%	3,25 <sup>A</sup> $\pm$ 0,13	3,25 <sup>A</sup> $\pm$ 0,08	3,75 $\pm$ 0,11	4,00 $\pm$ 0,12

A, B – różnice między średnimi istotne przy  $p < 0,05$

Dodatek masła orzechowego według degustatorów istotnie ( $p < 0,05$ ) pogorszył barwę i smak serów. Ser doświadczalny charakteryzował się kremowo-beżową barwą, która wynikała z zastosowanego dodatku (wysoki udział barwy żółtej potwierdziła analiza instrumentalna tego parametru). Konsumentom żółknięcie serów może kojarzyć się z procesami jęłczenia tłuszczu, brakiem świeżości produktu, co mogło być przyczyną tak niskiej oceny punktowej pożądalności tego parametru. Smak serów z dodatkiem został oceniony jako „raczej pożądany” – 3,25 pkt. W serze był wyczuwalny posmak orzechowy, jednak nie został on uznany przez degustatorów jako pożądany wyróżnik sensoryczny produktu.

### Podsumowanie

Sery z dodatkami smakowymi mogą być ciekawą ofertą dla wymagających współczesnych konsumentów oczekujących większej różnorodności i możliwości testowania nowych smaków w tej grupie asortymentowej produktów. Dodatki roślinne mogą

pozytywnie wpływać na wartość odżywczą i prozdrowotną produktów oraz nadawać im specyficzne cechy organoleptyczne.

Podsumowując, należy stwierdzić, że masło orzechowe może być stosowane w procesie wytwarzania serów podpuszczkowych ze względu na brak negatywnego wpływu na przebieg koagulacji enzymatycznej mleka i parametry tekstury powstającego skrzepu, co jest kluczowym etapem w procesie produkcyjnym. Dodatek kremu orzechowego wpłynął jednak istotnie ( $p < 0,05$ ) na parametry barwy. Ser z dodatkiem charakteryzował się niższą jasnością oraz wyższym udziałem barwy czerwonej i żółtej w porównaniu z serem wytworzonym wyłącznie z mleka. W ocenie degustatorów barwa i smak serów z dodatkiem były mniej pożądane od kontrolnych. Posmak orzechowy serów nie został uznany przez degustatorów jako atrakcyjny.

Dodatek masła orzechowego nie pogorszył właściwości koagulujących mleka, jednak ze względu na niższą akceptowalność cech sensorycznych serów doświadczalnych należałoby rozważyć zasadność jego stosowania.

## Bibliografia

- Aljewicz M., Cichosz G., Kowalska M., 2011. Aktywność wody – parametr kształtujący jakość serów dojrzewających. *Post. Tech. Przetw. Spoż.* 2, 97–101.
- Bergamaschi M., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A. i in., 2020. Chemometric authentication of farming systems of origin of food (milk and ripened cheese) using infrared spectra, fatty acid profiles, flavor fingerprints, and sensory descriptions. *Food Chem.* 305, 125480, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125480>
- Bermejo L.M., López-Plaza B., Santurino C. i in., 2019. Milk and dairy product consumption and bladder cancer risk: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Adv. Nutr.* 10(supl. 2), 224–238, <https://doi.org/10.1093/advances/nmy119>
- Bozoudi D., Kondyli E., Claps S. i in., 2018. Compositional characteristics and volatile organic compound of traditional PDO Feta cheese made in two different mountainous areas of Greece. *Int. J. Dairy Technol.* 71(3), 673–682, <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12497>
- Codex Alimentarius, 2011. CODEX STAN 283-1978, Ogólny Codex Standard – Ser.
- Górska J., 2018. Sery podpuszczkowe smakowe: Eksperymenty ze smakiem sera. *Forum Mlecz. Handel*, 3(88), <https://www.forummleczarskie.pl/raporty/874,sery-podpuszczkowe-smakowe> [dostęp: 6.04.2023].
- Guinee T.P., O'Brien B., 2010. The quality of milk for cheese manufacture. W: B.A. Law, A.Y. Tamime (red.), *Technology of cheesemaking*, 2nd ed. Wiley-Blackwell, 1–67.
- Jarosz M., Rychlik E., Stoś K. i in., 2020. Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. NIZP-PZH, Warszawa, ss. 465.
- Kilcawley K.N., Faulkner H., Clarke H.J. i in., 2018. Factors influencing the flavour of bovine milk and cheese from grass based versus non-grass based milk production systems. *Foods* 7(3), 37, <https://doi.org/10.3390/foods7030037>
- Knysz P., Gondek M., Pyz-Łukasik R. i in., 2018. Chemical composition and nutritional quality of short-ripened rennet cheeses produced by traditional methods. *Med. Wet.* 74(10), 671–675, <http://dx.doi.org/10.21521/mw.5971>
- Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa (KOWR), 2021. Biuro Analiz i Strategii. Rynek serów w Polsce.
- Lucas A., Rock E., Agabriel C. i in., 2008. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Ruminant Res.* 74(1–3), 243–248, <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.smallrumres.2007.03.011>

- Manuelian C.L., Penasa M., Visentin G. i in., 2018. Mineral composition of cow milk from multi-breed herds. *Anim. Sci. J.* 89(11), 1622–1627, <https://doi.org/10.1111/asj.13095>
- Manzo N., Santini A., Pizzolongo F. i in., 2019. Influence of ripening on chemical characteristics of a traditional Italian cheese: Provolone del Monaco. *Sustainability* 11(9), 2520, <https://doi.org/10.3390/su11092520>
- Marzec A., 2007. Tekstura żywności. *Przem. Spoż.* 61(5), 6–10.
- Orszulak-Dudkowska K., 2020. Dieta roślinna i zaangażowanie społeczne w praktykach dyskursywnych społeczności internetowych. *Zesz. Wiejskie* 26, 307–325, <https://doi.org/10.18778/1506-6541.26.14>
- Pałacha Z., 2008. Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności. *Przem. Spoż.* 62(4), 22–26.
- PN-73/A-86232. Mleko i przetwory mleczarskie – Sery – Metody badań.
- PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- Queiroga R.C.R.E., Santos B.M., Gomes A.M.P. i in., 2013. Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. *LWT – Food Sci. Technol.* 50(2), 538–544, <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6915>
- Roda G., Fialà S., Vittorini M. i in., 2015. Fatty acid composition and fat content in milk from cows grazing in the Alpine region. *Eur. Food Res. Technol.* 241, 413–418, <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-015-2473-3>
- Salum P., Govce G., Kendirci P. i in., 2018. Composition, proteolysis, lipolysis, volatile compound profile and sensory characteristics of ripened white cheeses manufactured in different geographical regions of Turkey. *Int. Dairy J.* 87, 26–36, <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.011>
- Surówka K., 2002. Tekstura żywności i metody jej badania. *Przem. Spoż.* 56(10), 12–17.
- Wolanciuk A., Barłowska J., Litwińczuk Z. i in., 2016. Suitability of the milk of native breeds of cows from low-input farms for cheese production, including rennet curd texture. *Int. Dairy Technol.* 69(4), 585–591, <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12310>
- Wroniak M., Parzychowska J., Rękas A., 2016. Charakterystyka i porównanie wartości żywieniowej orzechów i otrzymanych z nich olejów. *Post. Nauki Technol. Przem. Rolno-Spoż.* 71, 3–7.

## Zamrażanie jako czynnik kształtujący twardość i ubytek masy owoców kiwi po rozmrożeniu

Freezing as a factor shaping the hardness and weight loss of kiwifruit after thawing

### Wstęp

Współcześni konsumenci coraz częściej są świadomi wyborów, jakich dokonują, robiąc zakupy produktów spożywczych w preferowanym punkcie handlowym, ciągle spotykając się z produktami żywnościowymi utrwalanymi z wykorzystaniem coraz nowocześniejszych technologii [Khramtsov i in. 2014]. Zamrażanie żywności jest jedną z niezastąpionych na chwilę obecną metod utrwalania żywności [Cleland 2020]. Zamrażanie nie wpływa na skład chemiczny utrwalanego surowca i pozwala na zachowanie jakości zbliżonej z jakością świeżego produktu [Janiszewska i Sakowski 2012, Dwórznicza-Kamińska i in. 2016, Wilczyński i in., 2018, Zhiwei i in. 2021]. Mrożenie kontaktowe, owiewowe czy immersyjne jest nieodzowną częścią branży zamrażalniczej. Obecnie na coraz szerszą skalę zaczęto wprowadzać technologie zamrażania kriogenicznego, które pozwalają w ciągu kilkunastu minut osiągnąć głębokie zamrożenie produktu [Goswami 2017]. Do zamrażania kriogenicznego wykorzystywany jest głównie ciekły azot (LN<sub>2</sub>) o temperaturze wrzenia –196°C oraz ciekły dwutlenek węgla, który w ciśnieniu atmosferycznym sublimuje przy –78,5°C. Istotną cechą zamrażania kriogenicznego z wykorzystaniem LN<sub>2</sub> jest aspekt ekologiczny, ponieważ azot nie jest zaliczany do czynników GWP i ODP. Azot do skroplenia jest pozyskiwany z powietrza atmosferycznego, a po odparowaniu podczas zamrażania jest ponownie emitowany do atmosfery. Duża dynamika procesu zamrażania z wykorzystaniem LN<sub>2</sub> wiąże się z natychmiastową i równomierną krystalizacją wody na zewnątrz i wewnątrz komórek, co skutkuje brakiem naruszenia struktury tkankowej i ograniczeniem wycieku po rozmrożeniu [Cleland 2020, Cheng i in. 2020].

Kiwi to obecny w handlu od około 60 lat owoc z zielonym mięszem, pokryty najczęściej brązową jadalną skórką z delikatnym meszkiem. W centralnej części owocu występuje jaśniejszy od otaczającego go miąższu rdzeń zawierający małe, czarne lub brązowe pestki [Baranowska-Wójcik i Sz wajgier 2019]. W latach 70. XX wieku dla celów handlowych została zaadaptowana nazwa „kiwi” (ptak przypominający ten owoc), zastępując botaniczną nazwę „aktinidia”, trudną do wypowiedzenia i zapamiętania dla prze-

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Chłodnictwa, dkaldu@wp.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz



ciętnego klienta [Rasheed i in. 2021]. Spożycie owoców kiwi w ciągu ostatnich lat nieustannie wzrastało dzięki walorom smakowym i właściwościom prozdrowotnym [Bin-grong i in. 2016]. Owoce te są cennym źródłem licznych witamin, tłuszczów, aminokwasów, pektyn, błonnika pokarmowego i minerałów, takich jak żelazo, potas i wapń [Wei i Guohua 2015]. Według naukowców z Oslo kiwi przyczynia się do obniżenia ciśnienia tętniczego. Badania kliniczne wykazały, że spożywanie 3 owoców kiwi dziennie wpływa u badanych osób na obniżenie wartości ciśnienia tętniczego średnio o 3,6 mmHg. Pozytywny wpływ spożywania owoców kiwi na obniżenie ciśnienia tętniczego autorzy tłumaczą wysoką zawartością łatwo przyswajalnego potasu, która wynosi aż 312 mg w 100 g spożywanego owocu [Hunter 2012, Skinner i in. 2013, Pawlikowska-Łagód 2021, Iwasawa i in. 2011, Koszowska i in. 2013, Czczot 2016, Figat i in. 2021].

### **Cel i zakres badań**

Celem pracy była identyfikacja charakterystyki kinetyki zamrażania, zmian twardości i wielkości wycieku rozmrażalniczego owoców kiwi zamrożonych w zróżnicowanych warunkach kriogenicznych (LNF) oraz metodami immersyjnymi i owiewowymi.

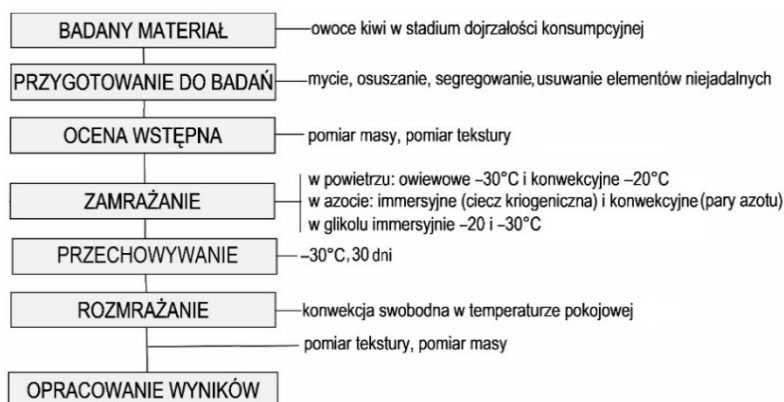
Zakres pracy obejmował zamrożenie owoców kiwi immersyjnie w ciekłym azocie, konwekcyjnie w jego parach, immersyjnie w glikolu, konwekcyjnie oraz owiewowo w powietrzu. Opracowane wyniki kinetyki zamrażania umożliwiły odniesienie badanych zmian do wspólnego mianownika, za jaki przyjęto szybkość zamrażania. Wchodzące w zakres pracy pomiary twardości i ocena wycieku rozmrażalniczego w sposób pośredni określiły wpływ badanej metody zamrażania na mikrostrukturę owoców kiwi.

### **Material i metody badań**

Do badań wykorzystano owoce aktinidii smakowitej odmiany 'Jenny' pochodzące z Chin i zakupione w handlu detalicznym. Owoce przeznaczone do badań odznaczały się pełną dojrzałością konsumpcyjną, która określona została na podstawie ciemnej barwy nasion, łatwości oddzielania się skórki od miąższu, zawartości ekstraktu ogólnego (21°Bx) oraz organoleptycznie ocenionej twardości [Luh i Wang 1984]. Owoce charakteryzowały się wyrównanym kształtem i brakiem jakichkolwiek uszkodzeń.

Realizację badań przeprowadzono zgodnie z opracowanym w tym celu harmonogramem (ryc. 1).

Przygotowanie surowca do badań polegało na kalibracji owoców, ich umyciu, osuszeniu, usunięciu elementów niejadalnych i przekrojeniu na pół [Chakraborty i in. 2020]. Numerami oznaczano poszczególne próby i pakowano je w opisane opakowania do przechowywania mrożonej żywności. Dla każdego wariantu doświadczenia przeznaczono po 10 prób.



Ryc. 1. Schemat przeprowadzonych badań i pomiarów

Przed zamrażaniem i po rozmrożeniu próby ważono, aby na podstawie zmiany masy określić wielkość wycieku rozmrażalniczego, który wyrażono w udziałach procentowych. Pomiaru masy dokonywano z wykorzystaniem wagi laboratoryjnej o dokładności  $\pm 0,01$  g w pięciu powtórzeniach, za wynik końcowy uznając średnią.

Próby przeznaczone do zamrażania w glikolu przed procesem były pakowane próżniowo w folię PE.

Podczas zamrażania rejestrowano temperaturę centrum termicznego pięciu prób z wykorzystaniem wielokanałowego rejestratora temperatury MPIL. Na podstawie uzyskanych pomiarów opracowano uśrednione krzywe zamrażania, dzięki którym w zakresie procesu od  $10$  do  $-10^{\circ}\text{C}$  wyznaczono całkowity czas zamrażania ( $\tau_c$ ) i czas czystego zamrażania ( $\tau_p$ ), stosując metodę stycznych Christudulo-Riutowa. Obliczeń kinetyki zamrażania dokonano zgodnie z zaleceniami International Institute Refrigeration [Kumar i in. 2020, Bøgh-Sørensen 2006] dla próby o wymiarze charakterystycznym ( $s$ ):

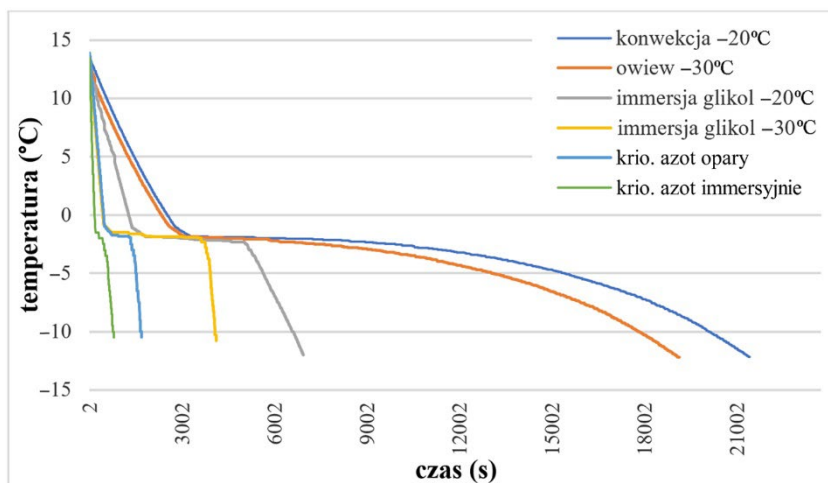
- szybkość zamrażania ( $v$ ),  $v = s \cdot 0,5/\tau_c$  [mm/h];
- szybkość czystego zamrażania ( $v_c$ ),  $v_c = s \cdot 0,5/\tau_p$  [mm/h].

Pomiaru twardości dokonano na owocach świeżych oraz rozmrożonych, wykorzystując teksturometr Brookfield LFRA 4500 Texture Analyzer, jako penetrometr. Stosując stożek o kącie  $30^{\circ}$  przy zachowaniu następujących parametrów [Baryłko-Pikielna, 1975 i 2009]: szybkość przesuwu głowicy  $1$  mm/s; częstotliwość próbkowania  $100$  pom./s; dokładność pomiaru  $0,01$  N; minimalna siła kontaktu głowicy z próbą  $-0,01$  N; przemieszczenie penetrometru  $-2$  cm.

Rozmrażanie prób prowadzono w warunkach konwekcji swobodnej w komorze klimatycznej Memmert CTC 256 w powietrzu o temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  i wilgotności  $70\%$  [Wiktor i in. 2015].

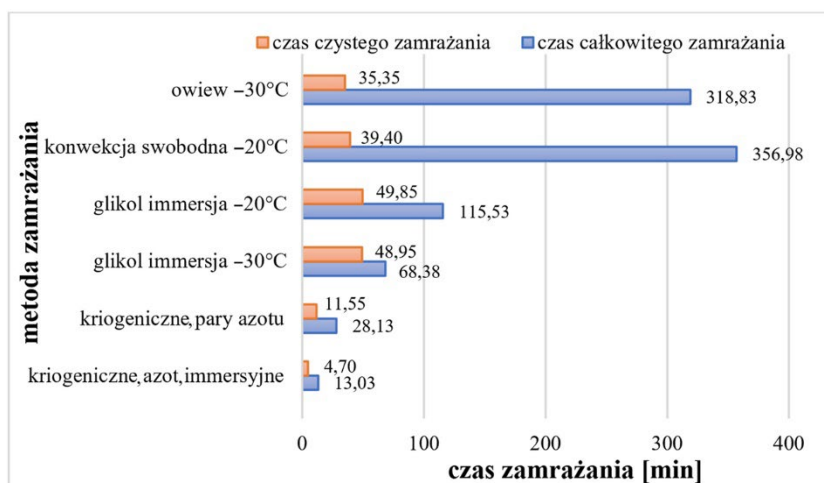
## Wyniki badań i dyskusja

Rejestracja zmian temperatury w centrum termicznym zmrażanych prób umożliwiła opracowanie krzywych zamrażania (ryc. 2).



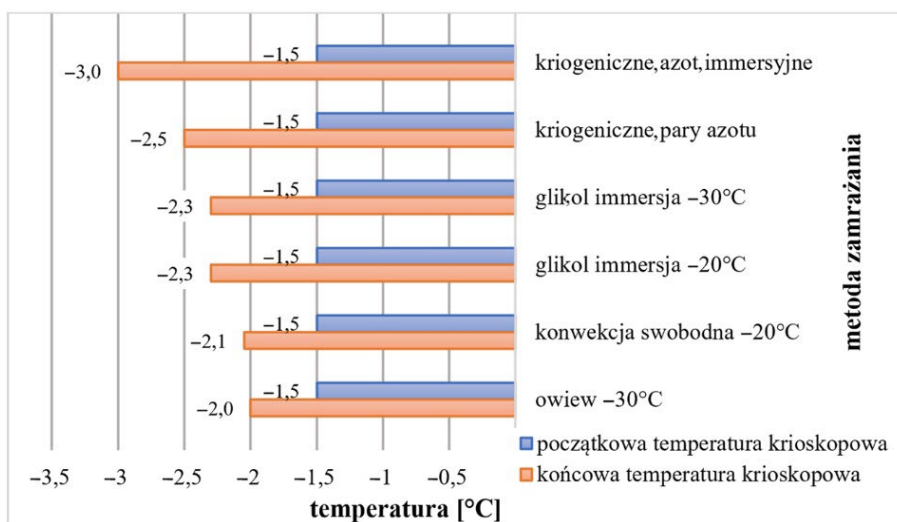
Ryc. 2. Opracowane krzywe zamrażania w zróżnicowanych warunkach owoców kiwi

Poszczególne metody zamrażania wykazały zróżnicowane czasy zamrażania i czystego zamrażania. Najdłużej zamarzały próby umieszczone w powietrzu o temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  w warunkach konwekcji swobodnej (niespełna 357 min), najkrócej zaś próby zamrażane z wykorzystaniem cieczy kriogenicznej (11,55 i 13,03 min) (ryc. 3). Uzyskane czasy zamrażania pokrywały się z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy czasu zamrażania materiałów biologicznych o zbliżonych wymiarach, jak owoce kiwi [Pałacha i Świstak 2015, de Oliveira 2021].



Ryc. 3. Wyznaczony podczas badań czas zamrażania owoców kiwi

Wyznaczona początkowa temperatura krioskopowa wyniosła w każdym z badanych przypadków  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Stała wartość wyznaczonej początkowej temperatury krioskopowej w tak wielu próbach świadczy o dużej jednorodności badanego materiału. Wyznaczona temperatura krioskopowa była zbliżona do wyników, jakie uzyskano podczas badań nad liofilizacją owoców kiwi w zróżnicowanym stadium dojrzałości [Wang i in. 2022] oraz badań właściwości fizykochemicznych różnych odmian owoców kiwi [Barbosa-Cánovas i in. 2010, de Oliveira 2021]. Wartość końcowej temperatury krioskopowej była zróżnicowana i zawierała się w przedziale od  $-3^{\circ}\text{C}$  w zamrażaniu kriogenicznym do  $-2^{\circ}\text{C}$  w powietrzu, co spowodowane jest oporem cieplnym badanego materiału (ryc. 4).



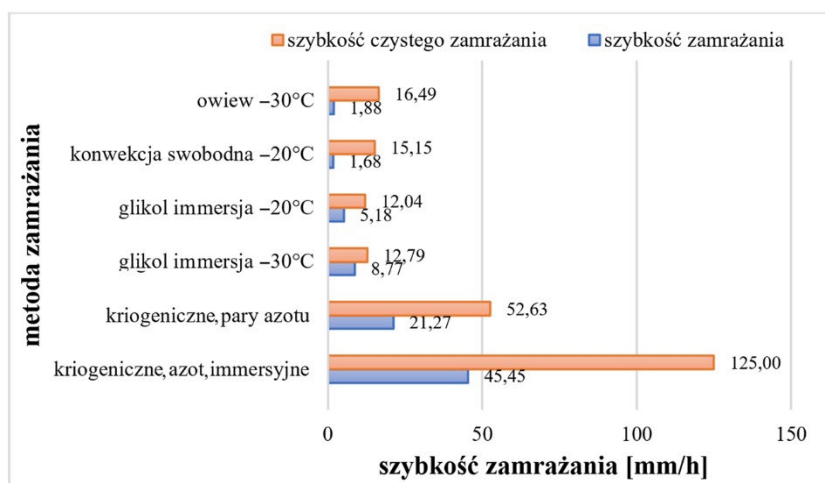
Ryc. 4. Temperatury krioskopowe owoców kiwi wyznaczone podczas badań

Największe szybkości zamrażania i czystego zamrażania odnotowano w przypadku zamrażania immersyjnego w cieczy kriogenicznej i wyniosły odpowiednio 125 mm/h i 45,45 mm/h. Najwolniej zamrożeniu ulegały próby zamrażane konwekcyjnie w powietrzu o temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ , które osiągnęły szybkość zamrażania na poziomie 12 mm/h oraz szybkość czystego zamrażania 1,6 mm/h (ryc. 5). Wyznaczone szybkości i czasy zamrażania w powietrzu zbliżone były do wyników, jakie uzyskali inni badacze kinetyki zamrażania materiałów biologicznych prowadzący pomiary bezpośrednie [Pałacha i Świątek 2015, de Oliveira 2021] oraz bazujący na modelach procesu [Cuesta i in. 2021].

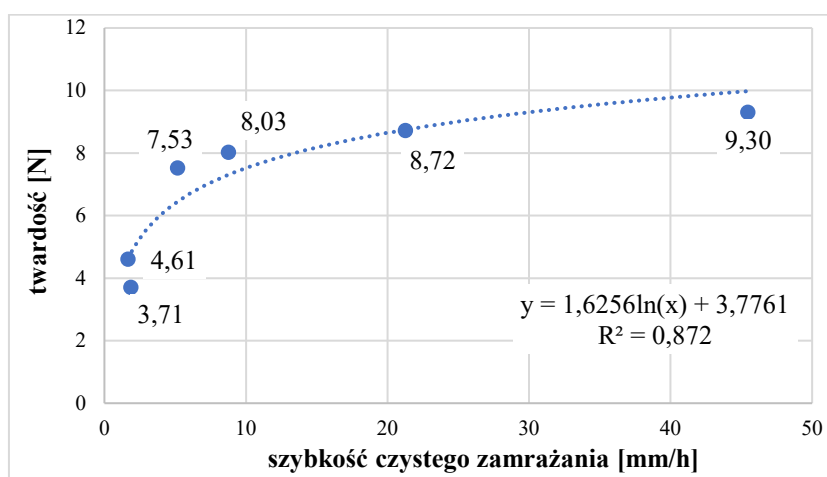
Największą twardość odnotowano w przypadku prób świeżego surowca i wyniosła ona średnio 9,7 N. Najwyższą twardość prób rozmrożonych odnotowano w przypadku prób zamrażanych immersyjnie w ciekłym azocie i wyniosła ona 9,3 N. Wraz z obniżeniem się szybkości zamrażania twardość badanych prób sukcesywnie maleje do 3,71 N dla prób zamrażanych konwekcyjnie w powietrzu (ryc. 6). Pomiary twardości świeżych owoców kiwi uzyskane przez innych badaczy oscylowały w okolicach 11–16 N.

Tak znaczne różnice w uzyskanych pomiarach wynikają zarówno z cech odmianowych, jak i rodzaju dojrzałości (zbiorcza  $\neq$  konsumpcyjna) [Li i in. 2023, Xinyuan i in. 2020].

Charakterystyka zmian twardości prób po rozmrożeniu w powiązaniu z szybkością czystego zamrażania możliwa jest do opisanía zależnością logarytmiczną o wysokim współczynniku korelacji  $R^2 = 0,8725$  potwierdzającym poprawność zastosowanej zależności (ryc. 6).

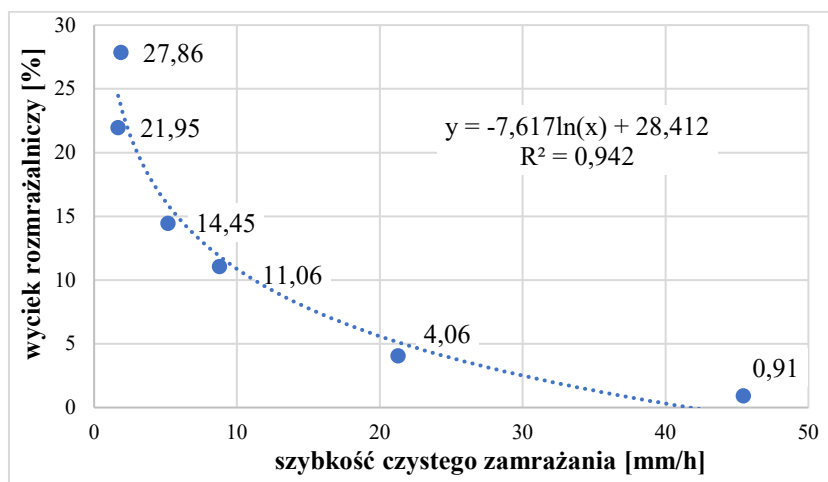


Ryc. 5. Szybkość zamrażania owoców kiwi



Ryc. 6. Wpływ szybkości czystego zamrażania na twardość owoców kiwi po rozmrożeniu

Największy wyciek rozmrażalniczy odnotowano w przypadku prób zamrażanych w warunkach konwekcji swobodnej w powietrzu o temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ , i wyniósł on niemal 30% (ryc. 7).



Ryc. 7. Wartość wycieku rozmrażalniczego owoców kiwi w powiązaniu z szybkością czystego zamrażania

Próby zamrażane immersyjnie w azocie wykazały wyciek rozmrażalniczy w niespełna 1%. Powiązanie wartości wycieku rozmrażalniczego z szybkością czystego zamrażania umożliwiło dobór zależności logarytmicznej o wysokim współczynniku korelacji wynoszącym  $R^2 = 0,9422$ . Udział zmiany masy na skutek wycieku rozmrażalniczego owoców kiwi zamrażanych z niskimi szybkościami był większy niż publikowane wyniki innych badaczy. Dysproporcje w tych wartościach ulegały wyrównaniu w przypadku prób zamrażanych z dużymi szybkościami (glikol, LNF) [Bedane i in. 2018, Wu i in. 2021].

## Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań i ich interpretacji możliwe stało się wysnuć następujących wniosków:

1. Zamrażanie w cieczy kriogenicznej pozwalało na uzyskanie szybkości zamrażania na poziomie 45 mm/h, niemal trzydziestokrotnie szybciej niż w warunkach konwekcji swobodnej i ośmiokrotnie szybciej niż przy zamrażaniu immersyjnym w glikolu.
2. Metoda zamrażania owoców kiwi w sposób istotny wpływa na zmianę twardości owoców po rozmrożeniu. Im większa szybkość zamrażania, tym mniejsze zmiany

twardości owoców kiwi. W przypadku prób zamrażanych kriogenicznie twardość uległa jedynie 3-procentowemu obniżeniu względem twardości prób świeżych, natomiast próby zamrażane najwolniej charakteryzowały się ponad 60-procentowym obniżeniem twardości.

3. Wyciek rozmrażalniczy jest ściśle powiązany z szybkością zamrażania. Najmniejszy wyciek rozmrażalniczy uzyskano w przypadku prób zamrażanych immersyjnie w kriocieczy, gdzie nastąpiła najintensywniejsza wymiana ciepła powiązana z największą różnicą temperatury czynnika odprowadzającego ciepło.

4. Twardość i wyciek rozmrażalniczy są parametrami definiującymi jakość zastosowanej technologii zamrażania. Powiązanie twardości i wartości wycieku rozmrażalniczego z szybkością zamrażania umożliwiło dobór logarytmicznego modelu o wysokim współczynniku korelacji, który wyniósł  $R^2 = 0,872$  dla twardości i  $R^2 = 0,942$  dla wycieku rozmrażalniczego.

## Bibliografia

- Baranowska-Wójcik E., Sz wajgier D., 2019. Characteristics and pro-health properties of mini kiwi (*Actinidia arguta*). Horticulture, Environ. Biotechnol. 60, 217–225, <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0107-y>
- Barbosa-Cánovas, G.V., Altunakar, B., Mejia-Lorio, D, 2005. Freezing of fruits and vegetables. An agribusiness alternative for rural and semi-rural areas. FAO Agric. Serv. Bull. 158.
- Baryłko-Pikielna N., 1975. Zarys analizy sensorycznej żywności. Wyd. Nauk. Techn. Warszawa.
- Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., 2009. Sensoryczne badania żywności. Podstawy – Metody – Zastosowania. Wyd. Nauk. PTTŻ.
- Bedane T.F., Altin O., Erol B. i in., 2018. Thawing of frozen food products in a staggered through-field electrode radio frequency system: A case study for frozen chicken breast meat with effects on drip loss and texture. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 50, 139–147, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.09.001>
- Bingrong L., Fang L., Longfei W. i in., 2016. Fruit and vegetables consumption and risk of hypertension: a meta-analysis. J. Clin. Hyper., 18(5), 468–476. <https://doi.org/10.1111/jch.12777>
- Bogdanowicz J., Mozolewski W., Rybaczek S., 2018. Współczesne techniki zamrażania – możliwości poprawy kinetyki procesu oraz przebiegu krystalizacji. Przem. Spoż. 72(8), 28–32. <https://doi.org/10.15199/65.2018.8.5>
- Bøgh-Sørensen L., 2006. Recommendations for the processing and handling of frozen foods. International Institute of Refrigeration, Paris.
- Chakraborty N., Chakraborty R., Saha A.K., 2020. Fortified and freeze-dried kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*): quality and sensory assessment. Braz. J. Food Technol., 23, e2019077, <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07719>
- Cheng L., Wu W., An K. i in., 2020. Advantages of liquid nitrogen quick freezing combine gradient slow thawing for quality preserving of blueberry. Crystals 10, 368. <https://doi.org/10.3390/cryst10050368>
- Cleland D.J., 2020. The history of food freezing. ASHRAE Trans. 126(1), 616+. [https://link.gale.com/apps/doc/A627513939/AONE?u=anon~24a324e2&sid=googleScholar&xid=20d91718 \[dostęp: 7.07.2023\]](https://link.gale.com/apps/doc/A627513939/AONE?u=anon~24a324e2&sid=googleScholar&xid=20d91718 [dostęp: 7.07.2023]).
- Cuesta F., Sánchez-Alonso I., Navas A. i in., 2021. Calculation of full process freezing time in minced fish muscle. MethodsX 8, 101292, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101292>

- Czczot H., 2016. Fitoestrogeny – związki o cennych właściwościach biologicznych i farmakologicznych. *Farm. Pol.* 72(2), 110–117.
- de Oliveira Machado L., 2021. Assessing freezing effect on kiwifruit cultivars and mapping suitable areas for growing the crop in eastern Texas. *Electron. Theses Diss.*, 431, <https://scholarworks.sfasu.edu/etds/431> [dostęp: 9.07.2023].
- Figat R., Świątek A., Nałęcz-Jawecki G., 2021. Kwasy fenolowe jako związki o potencjale antygenotoksycznym występujące w roślinach leczniczych i jadalnych. *Biul. Wydz. Farm. WUM* 4, 28–41.
- Goswami T.K., 2017. Recent trends of application of cryogenics in food processing and preservation. *J. Food Nutr. Popul. Health* 1(3), 27.
- Grabowska B., 2020. Zamrażanie kriogeniczne – zastosowanie w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.* 74(9), 24–29, <https://doi.org/10.15199/65.2020.9.4>
- Hunter D.C., 2012. Consumption of gold kiwifruit reduces severity and duration of selected upper respiratory tract infection symptoms and increases plasma vitamin C concentration in healthy older adults. *Br. J. Nutr.* 108(7), 1235–1245.
- Iwasawa H., Morita E., Yui S. i in., 2011. Anti-oxidant effects of kiwi fruit in vitro and in vivo. *Biol. Pharm. Bull.* 34(1), 128–134, <https://doi.org/10.1248/bpb.34.128>
- Janiszewska E., Sakowski P., 2012. Wpływ stopnia zagęszczenia soku marchwiowego oraz metody zamrażania na parametry procesu zamrażania. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Roln.* 571, 49–58.
- Jawahir I.S., Attia H., Biermann D. i in., 2016. Cryogenic manufacturing processes. *CIRP Ann.* 65(2), 713–736, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.007>
- Kamińska-Dwórznicza A., Kozłowska K., Samborska K. i in., 2016. Wpływ dodatku substancji ochronnych na zakres temperatury krioskopowej i przebieg procesu zamrażania soku z ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 584, 39–46.
- Khrantsov A., Evdokimov I., Lodygin A. i in., 2014. Technology development for the food industry: a conceptual model. *Foods and raw materials*, 2, 22–26, <https://doi.org/10.12737/4121>
- Koszowska A., Dittfeld A., Puzoń-Brończyk A. i in., 2013. Polifenole w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Post. Fitoter.* 4, 263–266.
- Kumar P.K., Rasco B.A., Tang J., 2020. State/phase transitions, ice recrystallization, and quality changes in frozen foods subjected to temperature fluctuations. *Food Eng. Rev.* 12 (part 2B), 1–31, <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09255-8>
- Kumar P.K., Rasco B.A., Tang J. i in., 2020. State/phase transitions, ice recrystallization, and quality changes in frozen foods subjected to temperature fluctuations. *Food Eng. Rev.* 12, 421–451, <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09255-8>
- Li Z., He Z., Hao W. i in., 2023. Kiwifruit harvesting damage analysis and verification. *Processes*, 11, 598, <https://doi.org/10.3390/pr11020598>
- Luh B.S., Wang Z., 1984. Kiwifruit. *Adv. Food Res.* 29, 279–309, [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60059-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60059-2)
- Pałacha Z., Świstak G., 2015. Analiza czasu zamrażania wybranych warzyw przy zmiennych parametrach procesu zamrażania. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 9–14.
- Pawlikowska-Łagód K., 2021. Kiwi – właściwości zdrowotne, kalorie, przygotowanie i przeciwwskazania. *Medonet Żyw.*
- Rasheed R.B., Hussain S., Syed S.K., 2021. Phytochemistry, nutritional and medicinal value of kiwifruit. *Post. Bio.. Kom.* 48(2), 147–166.
- Skinner M.A., Bentley-Hewitt K., Rosendale D. i in., 2013. Effects of kiwifruit on innate and adaptive immunity and symptoms of upper respiratory tract infections. *Adv. Food Nutr. Res.* 68, 301–320, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394294-4.00017-1>
- Wang B.-B., Sun P.-Y., Chen B.-L. i in., 2022. Influence of the process parameters on the energy conservation and quality of the kiwifruit subjected to vacuum freeze-drying. *Case Stud. Therm. Eng.* 33, 101935, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101935>



- Wei L., Guohua H., 2015. Kiwi fruit (*Actinidia chinensis*) quality determination based on surface acoustic wave resonator combined with electronic nose. *Bioengineered* 6(1), 53–61, <https://doi.org/10.1080/21655979.2014.996430>
- Wiktor A., Fijałkowska A., Kućko I. i in., 2015. Zastosowanie przewodności elektrycznej właściwej do oceny przebiegu procesu zamrażania i rozmrażania tkanki roślinnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 582, 125–135.
- Wilczyński K., Panasiewicz M., Olesińska K. i in., 2018. Wybrane zagadnienia dotyczące mrożenia owoców w aspekcie zmian jakościowych surowca. *Inż. Przetw. Spoż.* 1(25), 26–31.
- Wu J., Zhang M., Bhandari B. i in., 2021. Drip loss control technology of frozen fruit and vegetables during thawing: a review. *Int. Agrophys.*, 35, 235–250, <https://doi.org/10.31545/intagr/142289>
- Xinyuan C., Lina Z., Zhiliang K., 2020. Study on test method of kiwifruit hardness based on hyperspectral technique. *J. Phys. Conf. Ser.* 1453, 012143, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1453/1/012143>
- Zhu Z., Li T., Sun D.W., 2021. Pressure-related cooling and freezing techniques for the food industry: fundamentals and applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 61(17), 2793–2808, <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1841729>

## Szałwia lekarska – cenny surowiec wykorzystywany w przemyśle kosmetycznym i w medycynie

*Salvia officinalis* – a valuable raw material used in cosmetic industry and medicine

### Wstęp

Szałwia (*Salvia* L.) to roślina należąca do rodziny *Lamiaceae*, podrodziny *Nepetoideae*. Jest rodzajem najliczniej reprezentowanym w obrębie tej rodziny, obejmującym blisko 900 gatunków. Jeden z najbardziej znanych przedstawicieli tego rodzaju, szalwia lekarska (*Salvia officinalis* L.), został opisany przez Linneusza w 1753 roku we wschodnim regionie Morza Śródziemnego [Lemle 2018]. *Salvia officinalis* pochodzi z Bliskiego Wschodu i obszarów śródziemnomorskich, ale obecnie uprawia się ją prawie na całym świecie, szczególnie w Europie i Ameryce Północnej. Należy do roślin aromatycznych i leczniczych, o dobrze zbadanych właściwościach farmakologicznych [Miraj i Kiani 2016, Ghorbani i Esmailizadeh 2017]. Historycznie szalwię określano jako „roślinę zbawienia” [Jakovljević i in. 2019]. Łacińska nazwa rodzajowa *Salvia* oznacza „leczyć”, a nazwa gatunku *officinalis* – „lekarstwo” [Tundis i in. 2020].

Celem pracy było przeanalizowanie zawartości związków biologicznie czynnych w surowcu pochodzącym z *Salvia officinalis* na podstawie literatury naukowej. Wskazano szeroki zakres zastosowania szalwii lekarskiej w przemyśle kosmetycznym i farmakologicznym ze szczególnym uwzględnieniem właściwości hamujących rozwój mikroorganizmów.

### Charakterystyka surowca

*Salvia officinalis* rośnie w formie wieloletniego półkrzewu, osiągającego wysokość do 60 cm wysokości, o zdrewniałych łodygach, szarawych liściach i kwiatach w kolorach od niebieskiego do purpurowego [Pereira i in. 2018]. Pędy główne wraz z odgałęzieniami pokryte są obficie włoskami. Liście, ułożone na łodydze naprzeciwległe, posiadają białe włoski na dolnej powierzchni liścia i zielonkawę lub zielonkawoszare na górnej powierzchni. Wydłużone, ogonkowe liście charakteryzują się ząbkowanym brzegiem i pomarszczoną powierzchnią. Kwiaty mają 2–4 mm długości od szypułki i są ułożone

---

<sup>1</sup> Uniwersytet przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Studenckie Koło Naukowe Biologów Sekcja Biokosmetologii, okamienik@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin

w nibyokółki złożone z 5–10 fioletowo-niebieskich kwiatów. Kwitną od marca do lipca w zależności od siedliska i warunków klimatycznych [Jakovljević i in. 2019].

### **Skład chemiczny**

Główne fitozwiązki w kwiatach, liściach i łodygach są dobrze zidentyfikowane. Szałwia jest bogata w metabolity, które można podzielić na: monoterpeny (związki wchodzące m.in. w skład olejku szalwiowego), diterpeny (kwas karnozowy, karnozol), triterpeny (kwas oleanolowy i ursolowy) oraz związki fenolowe, w których wyróżnia się kwasy fenolowe i flawonoidy. Do kwasów fenolowych należą kwasy: kawowy, wanilinowy, ferulowy oraz rozmarynowy, natomiast do flawonoidów zalicza się luteolinę, apigeninę i kwercetynę [Jakovljević i in. 2019]. Bogaty skład obejmuje także związki z grupy alkaloidów, węglowodanów, kwasów tłuszczowych, pochodnych glikozydów (np. glikozydy nasercowe, glikozydy flawonoidowe, saponiny). W roślinie znajdują się również woski [Ovidi i in. 2021]. W badaniach przeprowadzonych przez Veličkovicia i in. [2003] wyróżniono bioaktywne składniki znajdujące się w poszczególnych organach rośliny. Ekstrakt z liści wykazuje wysoki poziom kamfenu, limonenu, cis-tujonu, trans-tujonu, kamfory,  $\alpha$ -humulenu i octanu bornylu. 1,8-cyneol oraz  $\alpha$ -pinen występuje głównie w kwiatach, natomiast najwyższa obecność linalolu obecna jest w łodydze. Zawartość olejku eterycznego w wysuszonych dzikich liściach szalwii lekarskiej szacuje się na 1,5–3,5% [Raal i in. 2007]. Skład chemiczny olejku szalwiowego, zdefiniowany według ISO 9909, był następujący:  $\alpha$ -tujon (18–43%),  $\beta$ -tujon (3–8,5%), kamfora (4,5–24,5%), 1,8-cyneol (5,5–13%),  $\alpha$ -humulen (0–12%) i  $\alpha$ -pinen (1–6,5%) [Sharma i in. 2020].

### **Zastosowanie w przemyśle kosmetycznym i dermatologii**

Szałwia lekarska znajduje szerokie zastosowanie w kosmetyce oraz produktach kosmetycznych. Substancje zawarte w tej roślinie wykazują właściwości przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe. Działają również przeciwzapalnie, ściągająco i kojąco na powierzchnię skóry [Afonso i in. 2019, Aebisher i in. 2021]. Składniki aktywne pozyskiwane z szalwii lekarskiej używane w szamponach i preparatach do włosów to głównie garbniki, saponiny, a także borneol i kamfora [Kolekar i in. 2021]. Mogą one szybko wnikać w skórę głowy, odżywiają i stymulują wzrost mieszków włosowych. Nawilżają również cebulki włosów, wzmacniają włosy, a nawet skutecznie odblokowują pory [Abelan i in. 2021]. Dzięki temu zapobiegają wypadaniu włosów, jednocześnie przyciemniając ich barwę i nadając zdrowy wygląd [Kozak i in. 2016]. Liście szalwii są jednym z najskuteczniejszych ziołowych środków na siwe włosy; przywracają im naturalny kolor i zapobiegają siwieniu [Rani 2018]. Związki należące do polifenoli ograniczają proces przetłuszczania się skóry głowy ze względu na redukcję ilości produkowanego sebum. Dzięki temu sprawdzają się w kosmetykach stosowanych do pielęgnacji łojotokowej skóry głowy oraz przy związanym z nią problemie łupieżu [Kolekar i in. 2021, Kowalczyk i Adamska-Szewczyk 2022]. Związki pochodzące z *S. officinalis* wykorzystywane

są w kosmetyce również w produktach mających na celu zneutralizowanie nieprzyjemnego zapachu potu. Ich właściwości antybakteryjne ograniczają namnażanie bakterii odpowiedzialnych za charakterystyczny odór. Dezodoranty na bazie szalwii ograniczają ryzyko powstania stanu zapalnego skóry w porównaniu z tradycyjnymi dezodorantami zawierającymi sole aluminium [Mishra i in. 2021]. Ekstrakt z *S. officinalis* wykazuje działanie przeciwstarzeniowe na skórę dzięki działaniu przeciwutleniającemu oraz hamującemu aktywność enzymów kolagenazy (Col-I), elastazy (Ela-I) i hialuronidazy (Hla-I), przyspieszających degradację składników skóry. Ekstrakt zmniejsza grubość naskórka i pomaga w przywróceniu elastyczności skóry, a tym samym spowalnia proces powstawania zmarszczek [Khare i in. 2021]. Ze względu na działanie minimalizujące negatywny wpływ promieniowania UV na skórę oraz jednocześnie mniejszą toksyczność ekstraktu z szalwii w porównaniu z obecnie dostępnymi na rynku filtrami przeciwsłonecznymi na bazie dwutlenku tytanu, tlenku cynku oraz dioksybenzonu może on również znaleźć zastosowanie w kosmetykach fotoprotekcyjnych [Moksa i Teległów 2021]. Zawarty w nadziemnych częściach rośliny izorosmanol wykazuje wysoką aktywność przeciw melanogenezie, która jest odpowiedzialna za powstawanie przebarwień przy objawach starzenia się skóry [Sallam i in. 2016]. W liściach *Salvia officinalis* znajduje się kwas ursolowy, posiadający działanie przeciwzapalne [López-Hortas i in. 2018]. Ponadto olejek szalwiowy, ze względu na działanie przeciwbakteryjne, pomaga w różnego rodzaju problemach i urazach skórnych: otarciach naskórka, drobnych skaleczeniach, wypryskach oraz czyrakach [Michalski i Zielińska 2015, Abuladze i in. 2019]. Miejscowe użycie hydroetanolowego ekstraktu z liści *S. officinalis* na uszkodzoną skórę skraca czas gojenia rany, zwiększa jej wytrzymałość na rozciąganie, ułatwia skurcz rany, a także zwiększa syntezę kolagenu poprzez regulację dystrybucji komórek makrofagów i fibroblastów. Ekstrakt z liści szalwii wykazuje zatem potencjał jako składnik w formulacji kremów i maści wspomagających gojenie się ran [Karimzadeh i Farahpour 2017]. Olejek eteryczny z *S. officinalis* używany jest w branży perfumeryjnej. Wyróżnia się on zapachowym bukietem z nutami kamfory i tujonu. Ten rodzaj zapachu jest ceniony w kompozycjach o ziołowo-korzennym charakterze, a szczególnie lubiany w tworzeniu perfum typu męskiego [Damyanova 2016]. Dzięki swoim walorom zapachowym szalwiowy olejek eteryczny stosuje się przy produkcji mydeł [Bahtiyarca Bagdat i in. 2017].

### **Zastosowanie w medycynie**

Szalwia jest jedną z najbardziej cenionych roślin ze względu na obecność wielu fitozwiązków, które mają szerokie zastosowanie w medycynie tradycyjnej [Tundis i in. 2020]. Wykazuje właściwości przeciwdrobnoustrojowe, dlatego stosuje się ją jako środek przeciwświerzbowy, antyseptyczny, przeciwzapalny oraz przeciwkiflowy [Al-Mijalli i in. 2022]. Olejek szalwiowy znajduje zastosowanie w leczeniu przeziębień oraz infekcji zatok. Antybakteryjne właściwości olejku przypisuje się obecności w niej takich substancji, jak cyneol, tujon i kamfora [Kozak i in. 2016, Lemle 2018]. Liść szalwii działa przeciwbakteryjnie, przeciwgrzybiczo, a także na niektóre wirusy. Badania dowiodły działania przeciwbakteryjnego wobec bakterii wywołujących zapalenie gardła oraz patogenów przenoszonych drogą powietrzną i namnażających się w żywności [Ferreira Mendes i in.

2020]. Ze względu na przeciwzapalne działanie związków fenolowych znajdujących się w liściach szalwii są one wykorzystywane w formie naparu w celu redukcji stanów zapalnych dziąseł, jamy ustnej i błony śluzowej gardła. Szalwię pospolitą stosuje się w leczeniu chorób układu pokarmowego ze względu na działanie rozluźniające mięśnie gładkie jelit. Szalwia łagodzi bóle brzucha, nudności oraz zapobiega biegunkom. Odwar z liści stosuje się przy leczeniu cukrzycy, ponieważ obniża on poziom cukru we krwi, a ekstrakt z szalwii obniża poziom cholesterolu [Kozak i in. 2016, Sharma i in. 2019]. *Salvia officinalis* ułatwia także trawienie, dlatego używa się jej jako dodatku do posiłków [El Euch i in. 2019]. Stosowana jest w celu poprawy pamięci. Redukuje stany zapalne wynikające z neurotoksycznego działania nagromadzonego peptydu,  $\beta$ -amyloidu, który jest charakterystyczny dla choroby Alzheimera. Pozytywny wpływ na pamięć ma również aromat szalwii. Uważa się, że poprawa pamięci jest konsekwencją stymulującego wpływu szalwii lekarskiej na receptory nikotynowe i muskarynowe [Jakovljević i in. 2019, Mot i in. 2022]. W chorobach zapalnych ekstrakty z szalwii wykazują zdolność do zmniejszania produkcji IL-6 i IL-8, hamowania wytwarzania rodnika  $\bullet$ NO, zwiększania liczby enzymów antyoksydacyjnych, zmniejszania przenikania leukocytów, wynaczenia osocza i obrzęku [Vieira i in. 2020]. *Salvia officinalis* jest rośliną o wysokiej aktywności przeciwbakteryjnej w stosunku do drobnoustrojów odpowiedzialnych za choroby jamy ustnej. Ekstrakt z szalwii wpływa hamująco na rozwój wielu bakterii i grzybów w jamie ustnej odpowiedzialnych za próchnicę i infekcje przyzębia. Ponadto zaobserwowano redukcję liczebności kolonii bakteryjnych, co wpływa na poprawienie stanu płytki nazębnej oraz ograniczenie przylegania grzybów do powierzchni protez. Jednocześnie ekstrakt z *S. officinalis* nie wykazuje szkodliwego działania na zdrowe komórki, tym samym prezentując potencjał do stosowania w formułacjach produktów do higieny jamy ustnej [de Oliveira i in. 2019, Shahriari i in. 2019]. Należy pamiętać, że składniki olejku wykazują toksyczny charakter, zatem szalwia nie powinna być stosowana przez kobiety w ciąży, gdyż może wykazywać efekt poronny, ani przez kobiety karmiące, ponieważ może powodować zatrzymanie laktacji [Łuczak i in. 2017, Tripathi i Bahuguna 2022].

### Podsumowanie

Zawartość w łądygach, liściach i kwiatach szalwii lekarskiej terpenów, polifenoli, olejku eterycznego decyduje o właściwościach odkażających, przeciwstarzeniowych i odżywczych wykorzystywanych w kosmetologii i medycynie. Olejek eteryczny znajduje zastosowanie w preparatach dla skóry z uszkodzeniami mechanicznymi, jako składnik kompozycji zapachowych oraz w kuracji przeziębień i infekcji zatok. Ekstrakt z szalwii korzystnie wpływa na elastyczność skóry, dzięki czemu spowalnia proces jej starzenia. Substancje pozyskiwane z szalwii lekarskiej wykorzystywane są do produkcji kosmetyków do pielęgnacji włosów, jamy ustnej i dezodorantów. W medycynie stosuje się napary i odwary z szalwii w celu leczenia infekcji jamy ustnej, chorób układu pokarmowego i cukrzycy.

## Bibliografia

- Abelan U.S., de Oliveira A.C., Cacoci É.S.P. i in., 2021. Potential use of essential oils in cosmetic and dermatological hair products: A review. *J. Cosmet. Dermatol.* 21(4), 1407–1418, <https://doi.org/10.1111/jocd.14286>
- Abuladze N., Kikvidze I., Iavich P., 2019. Development of formulas and technology of dental elixirs with the use of plant resources and thermal mineral waters of Georgia. *Int. J. Rec. Trends Eng. Res.* 4(5), 100–106, <https://doi.org/10.23883/IJRTER.2018.4296.GOI27>
- Aebisher D., Cichonski J., Szyrka E. i in., 2021. Essential oils of seven *Lamiaceae* plants and their antioxidant capacity. *Molecules* 26(13), 3793, <https://doi.org/10.3390/molecules26133793>
- Afonso A.F., Pereira O.R., Fernandes Á. i in., 2019. Phytochemical composition and bioactive effects of *Salvia africana*, *Salvia officinalis* „Icterina” and *Salvia mexicana* aqueous extracts. *Molecules* 24(23), 4327, <https://doi.org/10.3390/molecules24234327>
- Al-Mijalli S.H., Assaggaf H., Qasem A. i in., 2022. Antioxidant, antidiabetic, and antibacterial potentials and chemical composition of *Salvia officinalis* and *Mentha suaveolens* grown wild in Morocco. *Adv. Pharmacol. Pharmaceut. Sci.* 2022, 1–10, <https://doi.org/10.1155/2022/2844880>
- Bahtiyarca Bagdat R., Cinkaya N., Yuksel Demiray K. I in., 2017. Common sage (*Salvia officinalis* L.) breeding studies in central anatolian climatic conditions. *Int. J. Second. Metab., Special Issue 2*, 499–507, <https://doi.org/10.21448/ijsm.377416>
- Damyanova S., Mollova S., Stoyanova A. i in., 2016. Chemical composition of *Salvia officinalis* L. essential oil from Bulgaria. *Ukr. Food J.* 5(4), 695–700, <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2016-5-4-8>
- de Oliveira J.R., Vilela P., Almeida R.B.A. i in., 2019. Antimicrobial activity of noncytotoxic concentrations of *Salvia officinalis* extract against bacterial and fungal species from the oral cavity. *Gen. Dent.* 67(1), 22–26.
- El Euch S.K., Hassine D.B., Cazaux S. i in., 2019. *Salvia officinalis* essential oil: Chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities. *S. Afr. J. Bot.* 120, 253–260, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.07.010>
- Ferreira Mendes F.S., Garcia L.M., da Silva Moraes T. i in., 2020. Antibacterial activity of *Salvia officinalis* L. against periodontopathogens: An in vitro study. *Anaerobe* 63, 102194, <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102194>
- Ghorbani A., Esmailzadeh M., 2017. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *J. Tradition. Compl. Med.* 7(4), 433–440, <https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2016.12.014>
- Jakovljević M., Jokić S., Molnar M. i in., 2019. Bioactive profile of various *Salvia officinalis* L. preparations. *Plants* 8(3), 55, <https://doi.org/10.3390/plants8030055>
- Karimzadeh S., Farahpour M.R., 2017. Topical application of *Salvia officinalis* hydroethanolic leaf extract improves wound healing process. *Ind. J. Exp. Biol.* 55, 98–106.
- Khare R., Upmanyu N., Jha M., 2021. Exploring the potential effect of methanolic extract of *Salvia officinalis* against UV exposed skin aging: In vivo and in vitro model. *Curr. Aging Sci.* 14(1), 46–55, <https://doi.org/10.2174/1874609812666190808140549>
- Kolekar Y.S., Tamboli F.A., More H.N. i in., 2021. Medicinal plants used in cosmetics for skin and hair care. *Int. J. Pharm. Chem. Anal.* 8(2), 36–40.
- Kowalczyk A., Adamska-Szewczyk A., 2022. Medicinal plants in a seborrheic scalp care. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(4), 117–121, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.018>
- Kozak M., Sobczak P., Żukiewicz-Sobczak W., 2016. Health properties of selected herbal plants. *Health Probl. Civil.* 10(2), 64–70, <https://doi.org/10.5114/hpc.2016.59635>
- Lemle K.L., 2018. *Salvia officinalis* used in pharmaceuticals. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 294, 012037, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/294/1/012037>

- López-Hortas L., Pérez-Larrán P. i in., 2018. Recent developments on the extraction and application of ursolic acid. A review. *Food Res. Int.* 103, 130–149, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.028>
- Łuczak A., Nowak M., Szałek E., 2017. Bezpieczeństwo leków roślinnych w ciąży *Farm. Współcz.* 10, 140–146.
- Michalski J.A., Zielińska D., 2015. Przegląd olejków eterycznych pozyskiwanych z roślin z rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*) i ich własności. *Pol. J. Cosmetol.* 18(1), 16–24.
- Miraj S., Kiani S., 2016. A review study of therapeutic effects of *Salvia officinalis* L. *Pharm. Lett.* 8(6), 299–303.
- Mishra D., Asim M., Targhotra M. i in., 2021. Herbal cosmetics: natural approach to cosmeceuticals. *IJS DR.* 6(8), 6–16.
- Moksa K., Teległów A., 2021. Zioła zalecane przez świętą Hildegardę w pielęgnacji skóry. *Post. Fitoter.* 22(1), 61–69, <https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.61>
- Mot M.D., Gavrilas S., Lupitu A.I. i in., 2022. *Salvia officinalis* L. essential oil: characterization, antioxidant properties, and the effects of aromatherapy in adult patients. *Antioxidants* 11(5), 808, <https://doi.org/10.3390/antiox11050808>.
- Ovidi E., Laghezza Masci V., Zambelli M. i in., 2021. *Laurus nobilis*, *Salvia sclarea* and *Salvia officinalis* essential oils and hydrolates: evaluation of liquid and vapor phase chemical composition and biological activities. *Plants* 10(4), 707, <https://doi.org/10.3390/plants10040707>
- Pereira O.R., Catarino M.D., Afonso A.F. i in., 2018. *Salvia elegans*, *Salvia greggii* and *Salvia officinalis* decoctions: antioxidant activities and inhibition of carbohydrate and lipid metabolic enzymes. *Molecules* 23(12), 3169, <https://doi.org/10.3390/molecules23123169>
- Raal A., Orav A., Arak E., 2007. Composition of the essential oil of *Salvia officinalis* L. from various european countries. *Nat. Prod. Res.* 21(5), 406–411, <https://doi.org/10.1080/14786410500528478>
- Rani S., 2018. Management of greying of hairs (Sheeb) and use of hair dyes (Khizaab) in Unani medicine. *Tang* 8(2), 1–12.
- Sallam A., Mira A., Ashour A. i in., 2016. Acetylcholine esterase inhibitors and melanin synthesis inhibitors from *Salvia officinalis*. *Phytomed. Int. J. Phytother. Phytopharm.* 23(10), 1005–1011, <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2016.06.014>
- Shahriari S., Barekatin M., Shahtalebi M.A. i in., 2019. Evaluation of preventive antibacterial properties of a glass-ionomer cement containing purified powder of *Salvia officinalis*: an in vitro study. *Int. J. Prev. Med.* 10(1), 110, [https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM\\_81\\_17](https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_81_17)
- Sharma Y., Fagan J., Schaefer J., 2019. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of garden sage (*Salvia officinalis* L.). *J Pharmacogn. Phytochem.* 8(3), 3139–3148.
- Sharma Y., Velamuri R., Fagan J. i in., 2020. Identification and characterization of polyphenols and volatile terpenoid compounds in different extracts of garden sage (*Salvia officinalis* L.). *Pharmacogn. Res.* 12(2), 149–157, [https://doi.org/10.4103/pr.pr\\_92\\_19](https://doi.org/10.4103/pr.pr_92_19)
- Tripathi P., Bahuguna Y., 2022. A review on herbal gargles. *World J. Pharm. Res.* 11(5), 396–404, <https://doi.org/10.20959/wjpr20225-23789>
- Tundis R., Leporini M., Bonesi M. i in., 2020. *Salvia officinalis* L. from Italy: a comparative chemical and biological study of its essential oil in the mediterranean context. *Molecules* 25(24), 5826, <https://doi.org/10.3390/molecules25245826>
- Veličković D.T., Randjelović N.V., Ristić M.S. i in., 2003. Chemical constituents and antimicrobial activity of the ethanol extracts obtained from the flower, leaf and stem of *Salvia officinalis* L. *J. Serb. Chem. Soc.* 68(1), 17–24. <https://doi.org/10.2298/JSC0301017V>
- Vieira S.F., Ferreira H., Neves N.M., 2020. Antioxidant and anti-inflammatory activities of cyto-compatible *Salvia officinalis* extracts: a comparison between traditional and Soxhlet extraction. *Antioxidants* 9(11), 1157, <https://doi.org/10.3390/antiox9111157>

## **Grape seed oil (*Vitis vinifera* seed oil) as a beneficial cosmetic raw material**

Olej z pestek winogron (*Vitis vinifera* seed oil) jako korzystny surowiec kosmetyczny

### **Introduction**

Nowadays consumers pay attention to the health aspect of products they buy, as well as how „natural” they are. Very often they willingly omit cosmetics with synthetic compounds, replacing them with those containing resources of plant origin, as they are well aware of their superior qualities [Gumkowska 2016]. As a result, manufacturers have found themselves on an endless path of seeking new possible applications of botanical raw materials in their assortment, in order to not only satisfy the ever-growing buyer demands, but also stand out in the abundant market. They are helped by the general belief that what originates from nature is safe, efficient and human-friendly. With the use of modern scientific research methods it is currently possible to accurately identify the components of natural materials and test their effects on skin, whereas methods of processing and preparing plants for use in finished products broaden the possibilities in the cosmetic industry. Resources most desired for manufacturing of cosmetics are those rich in active ingredients, such as vitamins, essential fatty acids (EFAs), flavonoids, phospholipids, natural antioxidants and preservatives.

The aim of this paper was to characterize grape seed oil as a beneficial material in the cosmetic industry. Based on scientific reports, its chemical composition was brought to light, as well as the properties of its paramount biologically active substances and the current state of knowledge on its usage in cosmetics.

### **Material characteristics**

Grape seed oil is harvested mostly from common grape vine (*Vitis vinifera* L.), a plant from the *Vitaceae* family, which has its roots in Asia. It is cultivated mainly in Europe – two thirds of the entire global viticulture are located in the Old Continent. The common grape vine is one of the oldest plants cultivated by man, known for thousands of

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologów, Sekcja Biokosmologii, okamienik@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Warzywnictwa i Zielarstwa



years. Grape farming and wine making were found to be known as early as 6000 BCE in Egypt and 5000 BCE in Syria and Palestine [Kołodziejczyk and Olas 2011].

Grape vine grows best in mild and humid climate zones, which are characteristic to regions such as the Mediterranean Sea, deciduous forests south of the Black Sea, areas spanning south and west of the Caspian Sea, northern Greece or southern Balkans [Góralczyk 2016]. *Vitis* is a long-living vine, reaching as far as 30 to 40 meters of length, with a gradually lignifying stem, palmate, serrated leaves and tendrils [Kołodziejczyk and Olas 2011]. The *Vitis* type grapes have been divided into three groups: North American, Eurasian and Asian. Which group they fall into is determined by their geographical location [Góralczyk 2016]. The seeds are a by-product of juice and wine manufacturing [Woodward 2022].

Owing to its chemical composition, grape seed oil is used in food, cosmetic and pharmaceutical industries. It is characterized by a light shade of green, and since it does not change the taste of dishes, it is used in all sorts of culinary activities, such as boiling, frying, baking or preparing salads [Wroniak et al. 2006, Satora et al. 2015]. In comparison to other edible oils, it has an exceptionally high burning point of 251°C, whilst the optimal frying temperature is 180°C [Stec et al. 2012]. According to the International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI), *Vitis vinifera* seed oil is an ingredient safe to use in cosmetic products and many other branches of cosmetology [Bordiga et al. 2019]. Its safety has been confirmed by The Cosmetic Ingredient Review, in a report conducted in the year of 2017.

### **Chemical compositions and the effects of grape seed oil**

The amount of oil found in grape seeds can range from 6% to 20% of their dry weight, and its chemical composition largely depends on seed ripeness, chosen species, grape strain and a multitude of environmental factors influencing the cultivation [Shinagawa et al. 2015]. Its main components are fatty acids, polyphenols, and vitamin E [Martin et al. 2020].

Contrary to the composition of fruits, seeds or extracts, grape seed oil is comprised mainly of lipophilic compounds [Martin et al. 2020]. An essential group of these compounds are EFAs, which include monounsaturated acids, containing one double bond (oleic acid), and those with more than one double bond – polyunsaturated acids. Among the latter, the ones particularly relevant are: the omega-3 acids (n-3) and omega-6 acids (n-6) [Caputa and Nikiel-Loranc 2019, Grzyb et al. 2019]. Unsaturated fatty acids make up approximately 90% of the entire fatty acid composition found in grape seed oil, whereas saturated acids account for only about 10% [Martin et al. 2020].

Based on research conducted by Mollica [2021] and his research team in 2021, one can observe that general fatty acids found in grape seed oil are mainly linoleic acid (69.29%), oleic acid (18.57%) and palmitic acid (7.69%). Apart from the aforementioned three, there are varying amounts of caprylic, lauric, myristic, myristoleic, palmitoleic,  $\alpha$ -linolenic, arachidic, gadoleic, behenic and erucic acids [Harbeoui et al. 2018]. Major polyphenol compounds present in the seeds are procyanidins, catechins – gallocatechin, epigallocatechin, and epicatechin, as well as phenolic acids – ferulic, gallic, caffeic and

*p*-coumaric acids [Garavaglia et al. 2016]. Total amount of polyphenols extracted from grape seed oil through cold-pressing amounts to roughly 2.9 mg per 1 kg (out of which 1.3 mg per 1 kg is pure epicatechin) [Rombaut et al. 2014]. Grape seed oil possesses copious amounts of tocotrienols (unsaturated forms of vitamin E), the most abundant being  $\gamma$ -tocotrienol and  $\alpha$ -tocotrienol [Fernandes et al. 2013]. The amount of vitamin E found in the oil differs from 1 to 56.06 mg per 100 g, while sterols can range from 1609.87 to 3814.55 mg per kg of oil [Kołodziejczyk and Olas 2011, Harbeoui et al. 2018].

### **Application in the cosmetic industry**

Grape seed oil is a material extensively used in the cosmetic industry. The key to its acquirement – cold-pressing – was known already in the ancient times [Maj 2020]. In cosmetics it is primarily used as a conditioning and occlusive material (emollient) [Zielonka-Brzezicka 2017]. It is a part of a group of drying oils, of light consistency, quickly absorbed and not leaving any greasy film on the skin. It does not clog skin pores nor does it strain the skin, hence it is used in products specifically dedicated for oily and mixed skin type [Maj 2020]. The linoleic acid present in the oil does exceptionally well as far as inhibiting water loss in epidermis layers is concerned, thus it can be found in creams designed for cracked and rough skin, as well as products meant for children with atopic skin [Molski 2014, Kamińska 2018]. Additionally, the linoleic acid strengthens cell membranes, demonstrates anti-oxidizing and anti-inflammatory effects, thereby cosmetics with grape seed oil are used as a prophylaxis measure by people suffering from acne [Cho et al. 2014]. Unsaturated fatty acids, together with phytosterols bolster the hydrolipidic barrier of the skin, phospholipids have a moisturizing and softening effects, make it easier for other ingredients of the cosmetic to be absorbed, while tocopherols eliminate free radicals [Cichocki 2007]. As a consequence of high affinity of sterols to skin sebum, they are exceedingly tolerated by the skin, at the same time making it both more firm on the inside and soft to external touch [Jabłońska-Trypuć and Czerpak 2019]. Due to containing vitamin E, grape seed oil has shown anti-oxidizing and anti-aging capabilities, which is why it is often added to products intended for mature skin. What is more, this vitamin is confirmed to have normalizing, anti-inflammatory and softening effects [Zielonka-Brzezicka et al. 2017]. Scientific research has proven that vitamin E absorbed through the epidermis, hair roots and sebaceous glands, provides necessary hydration, smoothing and softening of the skin [Padlewska 2017]. Liquid fat from grape seeds containing polyphenol compounds can frequently be found in antiaging cosmetics, since these substances are one of the strongest oxidizers with anti-radical and anti-oxidizing features, leading to delay of natural skin aging [Pakulska et al. 2010]. Grape seed oil, which contains aforementioned polyphenols, represented by proanthocyanidins, anthocyanidins and catechins, may protect human keratinocytes from damage caused by UVB radiation, owing to the anti-oxidizing properties of these compounds [Perde-Schrepler et al. 2013]. It has been verified that proanthocyanidins from grape seeds prevent skin cancer by decelerating oxidative stress, provide necessary EFAs for the skin, stimulate the regrowth of the epidermis lipid barrier, and normalize functioning of sebaceous glands [Katiyar 2008, Boniakowska et al. 2016]. Furthermore, the linoleic acid improves skin

health, reinforces cell membranes and demonstrates anti-oxidizing and anti-inflammatory effects. Oil as an abundant source of anti-inflammatory antioxidants prevents the formation of acne, while also assisting the prophylaxis of skin affected by this dermatosis [Sotiropoulou et al. 2015]. It exhibits antimicrobial properties, suppresses the *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria growth, henceforth it might be utilized in germicidal products [Rotava et al. 2009]. Grape seed oil possesses astringent qualities, reduces the threat of free radicals and helps to firm the skin. Regular applications of creams with this beneficial fat improves skin elasticity [Boniakowska et al. 2016]. It may accelerate wound healing and reduce scars [Sotiropoulou et al. 2015]. It has shown to be incredibly capable of helping with skin care in the case of psoriasis or burns, especially concerning infants [Jędrzejko et al. 2007]. Systematic application of cosmetic products containing grape seed oil directly or after mixing with other vegetable oils greatly decreases the visibility of dark circles under eyes, reduces wrinkles and lines on the skin, as well as slows down hair loss [Sotiropoulou et al. 2015, Martin et al. 2020].

It may be used as body oil, a lubricant allowing the performance of a cosmetic massage, as well as a carrier oil, meant to dilute other essential oils [Boniakowska et al. 2016]. After a bath, when massaged into the still warm skin using delicate motion, it improves the overall blood supply of the skin, muscle flexibility and delays wrinkle formation. It has also shown excellent breast firming qualities [Dylewska-Grzelakowska 2010]. It is advised to combine it with other oils, such as jojoba oil, in a 1:1 ratio [Jabłońska-Trypuć and Czerpak 2019]. Grape seed oil is an important component in skin care products dedicated for facial hair and facial skin in general [Janta 2017]. If applied to the skin immediately after having applied pumpkin seed oil in the first place, it may be an alternative method of treatment of androgenic alopecia, due to its scalp blood circulation enhancing qualities [Cho et al. 2014]. It has also proved to be an efficient remedy for feet skin itching and flaking [Ustun Argon et al. 2020]. Grape seed oil microcapsules, obtained through solvent evaporation by using ethylcellulose, are one of the ingredients of skin moisturizing cosmetics, since they make it easier for gel to form [Surini et al. 2018]. However, the list of reasons for which it is used in cosmetics is longer: it supplements linolenic acid deficiency, does not leave any marks on the skin after application, does not cause any allergic reactions and can be easily spread on the surface of the skin [Cosmetic Ingredient Review, Molski 2014, Maj 2020]. It is also used in manufacture of nail nourishing products, as it improves the overall appearance of nail plates, nail grooves around them and keeps them hydrated in the long term [Chrzastek et al. 2015]. As far as damaged hair is concerned, that is another field where grape seed oil excels – it thickens their structure, increases stretch endurance and reduces absorbency [Kim 2020]. It is also photoprotective – it shields the skin from negative repercussions of excessive sunlight [Martin et al. 2020].

## Summary

Grape seed oil is a beneficial material used in the cosmetic industry. It possesses a myriad of desirable qualities and possible applications. It can be found in a vast range of cosmetics, dedicated for various skin types, which include cracked, rough, acne and mature skin, as well as skin suffering from atopic dermatitis. It is a natural antioxidant,

UV filter, emollient, moisturizer and a remarkable agent for skin cancer prevention as well. *Vitis vinifera* oil shows beneficial, multidirectional effects on the human body. It is a resource of confirmed safety. The ever-growing consumer awareness, combined with yet undiscovered usage possibilities, make it even more valuable.

## References

- Boniakowska I., Burzyńska M., Jeleń J. et al., 2016. Produkty naturalne dobroczynne i cenne dla kosmetologii: miód i produkty pszczele, czekolada, owoce granatu i winogron oraz aloes. In: A. Wolska (ed.), *Studenckie Zeszyty Naukowe. Kosmetologia. Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia, Warszawa*, 6–27.
- Bordiga M., Travaglia F., Locatelli M., 2019. Valorisation of grape pomace: An approach that is increasingly reaching its maturity – a review. *Int. J. Food Sci.* 54(4), 933–942, <https://doi.org/10.1111/ijfs.14118>
- Caputa J., Nikiel-Loranc A., 2019. Zastosowanie oleju konopnego w kosmetologii, *Kosmet. Estet.* 8(4), 461–463.
- Cho Y.H., Lee S.Y., Jeong D.W. et al., 2014. Effect of pumpkin seed oil on hair growth in men with androgenetic alopecia: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Evid. Based Complement. Alternat.* 2014, 1–7, <https://doi.org/10.1155/2014/549721>
- Chrzastek L., Dondela B., Deska M., 2015. Bezpieczne składniki kosmetyków – lipidy i ich pochodne. *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Tech. Informat. Inż. Bezp.* 3, 9–27, <https://doi.org/10.16926/tiib.2015.03.01>
- Cichocki G., 2007. *Wykonywanie masażu kosmetycznego. Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom.*
- Cosmetic Ingredient Review, <https://cirsafety.org/sites/default/files/S-breakout-092020.pdf> [access: 28.06.2022].
- Dylewska-Grzelakowska J., 2010. *Kosmetyka stosowana. WSiP, Warszawa.*
- Fernandes L., Casal S., Cruz R., 2013. Seed oils of ten traditional Portuguese grape varieties with interesting chemical and antioxidant properties. *Food Res. Int.* 50(1), 161–166, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.039>
- Garavaglia J., Markoski M.M., Oliveira A. et al., 2016. Grape seed oil compounds: biological and chemical actions for health. *Nutr. Metab. Insights* 9, 59–64, <https://doi.org/10.4137/NMi.s32910>
- Góralczyk A., 2016. *Vitis vinifera sylvestris* i *Vitis vinifera sativa*. Udomowienie i upowszechnienie się uprawy winorośli w starym świecie na podstawie badań archeologicznych i paleobotanicznych. *Folia Praehist. Posnan.* 21, 123–148.
- Grzyb I., Grzyb J., Kłonowska J. 2019. *Nutrikosmetyki jako suplementy diety i ich działanie. Nowe trendy w dietetyce. WSiP, Warszawa.*
- Gumkowska A. 2016. *Damskie laboratorium. Przepisy na domowe kosmetyki. PWN, Warszawa.*
- Harbeoui H., Bettaieb Rebey I., Ouerghemmi I. et al., 2015. Biochemical characterization and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils from nine Tunisian varieties. *Jour. Food Biochem.* 42(5), 1–12, <https://doi.org/10.1111/jfbc.12595>
- Jabłońska-Trypuć A., Czerpak R. 2019. *Roślinne surowce kosmetyczne. MedPharm, Wrocław.*
- Janta R., 2017. *Na ostro i pod włos. Wszystko, co musisz wiedzieć o sztuce golenia i pielęgnacji zarostu. Znak, Kraków.*
- Jędrzejko K., Kowalczyk B., Balcer B., 2007. *Rośliny kosmetyczne. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Katowice.*
- Kamińska E., 2018. The role of emollients in atopic dermatitis in children. *Dev. Period Med.* 22(4), 396–403.

- Katiyar S., 2008. Grape seed proanthocyanidines and skin cancer prevention: inhibition of oxidative stress and protection of immune system. *Mol. Nutr. Food Res.* 52, 871–876, <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700198>
- Kim J.S., 2020. Efekt poprawy włosów zniszczonych chemicznie olejem z pestek winogron. *Dziennik Koreańskiego Tow. Sztuki Estet.* 21(4), 117–129, <https://doi.org/10.18693/jksba.2020.21.4>
- Kołodziejczyk J., Olas B., 2011. Pestki winogron jako cenne źródło związków chroniących układ krążenia. *Post. Fitoter.* 1, 52–57.
- Maj M., 2020. Joga twarzy i skarby natury. E-bookowo, Będzin.
- Martin M.E., Grao-Cruces E., Millan-Linares M.C. et al., 2020. Grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil: A functional food from the winemaking industry. *Foods* 9(10), 1360, <https://doi.org/10.3390/foods9101360>
- Mollica A., Scioi G., Della Valle A. et al., 2021. Phenolic analysis and in vitro biological activity of red wine, pomace and grape seeds oil derived from *Vitis vinifera* L. cv. Montepulciano d'Abruzzo. *Antioxidants* 10(11), 1704, <https://doi.org/10.3390/antiox10111704>
- Molski M., 2014. Nowoczesna kosmetologia. Tom 2. Kosmetyki, zabiegi, suplementy. PWN, Warszawa.
- Padlewska K., 2017. Kosmetologia ciała. PZWL, Warszawa.
- Pakulska J., Rutkowska-Podołowska M., Podołowski G. 2010. Nowoczesne formy działalności gospodarczej szansą rozwoju obszarów wiejskich. In: B. Kryk, M. Malicki (ed.), *Rolnictwo w kontekście zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich*. *Economicus, Szczecin*, 175–194.
- Perde-Schrepler M., Chereches G., Brie I. et al., 2013. Grape seed extract as photochemopreventive agent against UVB-induced skin cancer. *J. Photochem. Photobiol. B, Biol.* 118, 16–21, <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2012.10.008>
- Rombaut N., Savoie R., Thomasset B., 2014. Grape seed oil extraction: interest of supercritical fluid extraction and gas-assisted mechanical extraction for enhancing polyphenol co-extraction in oil. *Comp. Rendus Chim.* 17(3), 284–292, <https://doi.org/10.1016/j.crci.2013.11.014>
- Rotava R., Zanella I., Silva L.P., 2009. Antibacterial, antioxidant and tanning activity of grape by product. *Cienc. Rural.* 39(3), 941–944.
- Satora A., Francik R., Kondratowicz-Pietruszka E. et al., 2015. Wydajność i skład oleju pozyskanego z pestek winogron. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 48(3), 518–521.
- Shinagawa F.B., Santana F.C., Torres L.R., 2015. Grape seed oil: a potential functional food? *Food Sci. Technol.* 35(3), 399–406, <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6826>
- Sotiropoulou E.I., Varelas V., Liouni M. et al., 2015. Grape seed oil: from a winery waste to a value added cosmetic product-a review. *Edible Med. Non-Med. Plants.* 2, 867–878.
- Stec M., Kurzeja E., Mazurek I. et al., 2012. Wpływ związków czynnych z ziela tymianku na wartość odżywczą oleju z pestek winogron podczas jego ogrzewania. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 45(3), 1110–1116.
- Surini S., Nursatyani K., Ramadon D., 2018. Gel formulation containing microcapsules of Grape seed oil (*Vitis vinifera* L.) for skin moisturizer. *J. Young Pharm.* 10(1), 41–47, <https://doi.org/10.5530/jyp.2018.10.11>
- Ustun Argon Z., Celenk V.U., Gumus Z.P., 2020. Cold pressed grape (*Vitis vinifera*) seed oil. In: M.F. Radaman (ed.), *Cold pressed oils*. 39–52, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00005-0>
- Woodward L., 2022. Magia kuchenna. Wyd. Kobiectwo, Białystok.
- Wroniak M., Kwiatkowska M., Krygier K. 2006. Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno. *Żywn. Nauka Technol. Jakość.* 13(2), 46–58.
- Zielonka-Brzezicka J., Synowiec L., Nowak A. et al., 2017. Wybrane owoce jako źródło cennych składników stosowanych w kosmetologii. *Post. Fitoter.* 18(2), 126–131.

## **Wpływ zastosowania wytłoków z nasion roślin oleistych na zmiany cech sensorycznych ciastek owsianych**

The influence of using of oilseeds expeller on changes in the sensory properties of oat cookies

### **Wstęp**

Ciastka stały się mocno spopularyzowanymi przekąskami ze względu na ich ogólną akceptowalność, wygodę spożycia oraz trwałość [Wekwete i Nakada 2007, Mikulec i in. 2017] Jednak ten wyrób ma stosunkowo wysoką zawartość tłuszczu, co staje się problemem wśród konsumentów preferujących niskokaloryczne produkty. Wyższe wymagania konsumenckie w stosunku do właściwości prozdrowotnych i odżywczych wyrobów ciastkarskich stawiają przed producentami żywności konieczność wzbogacenia produktów w składniki odżywcze i uwzględnienie w ich składzie zdrowszych zamienników. Tym warunkom mogą sprostać produkty owsiane [Błońska i in. 2012].

Spośród używanych w przemyśle odżywczym zbóż to owies wykazuje najlepsze właściwości odżywcze. Zawiera on dużą ilość błonnika rozpuszczalnego o 50-procentowej zawartości frakcji  $\beta$ -glukanu, podczas gdy w przetworach z innych zbóż zawartość ta jest na poziomie 15% [Achremowicz 2012]. Wyroby ciastkarskie z płatków owsianych cieszą się popularnością ze względu na dużą zawartość witamin z grupy B, a dzięki temu są przystępną formą smakołyku oraz źródłem witaminy B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> czy niacyny [Rybicka i Gliszczyńska-Świąto 2014].

Jednak owies jest także składnikiem wysokotłuszczowym, a przez to produkty owsiane również potrzebują obniżenia kaloryczności [Żbikowska 2010]. Zastępowanie tłuszczu w wyrobach żywnościowych generuje wiele problemów ze względu na jego duże znaczenie w kształtowaniu cech jakościowo-sensorycznych wyrobów spożywczych. Zmniejszenie ilości tłuszczu w produkcji o niskiej wilgotności i wysokiej zawartości tłuszczu zmienia jego wygląd, smak, aromat i teksturę [Wekwete i Nakada 2007].

Rosnąca świadomość konsumentów w kwestii znaczenia zdrowej diety w profilaktyce chorób cywilizacyjnych powoduje wzrost zainteresowania poszukiwaniem alternatyw w produkcji żywności bogatej w składniki bioaktywne, przykładowo dodatków żywnościowych [Jasińska-Kuligowska i in. 2018]. Jednym z proponowanych zamienników

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Studenckie Koło Naukowe Food Design, kaszyca.kasia@gmail.com

tradycyjnie stosowanych źródeł tłuszczu w żywności są wytloki z roślin oleistych. Takie wytloki, nazywane makuchami, powstające jako produkt uboczny w procesie tłoczenia oleju na zimno, zwykle przeznaczane są na pasze zwierzęce, ale równie dobrze mogą zostać użyte w produkcji żywności funkcjonalnej dla ludzi, np. wytwarzanej z izolatów białkowych [Stodolak 2015, Jasińska-Kuligowska i in. 2018]. Ilość substancji odżywczych takich jak węglowodany, białko czy błonnik w makuchach jest różna i zależy od użytych nasion oraz zastosowanych metod otrzymywania [Olesińska i in. 2017].

Przykładowo wytloki lniane charakteryzują się dużą zawartością błonnika, wykazującego działanie hipocholesterolemiczne, a ponadto zmniejszającego wchłanianie glukozy do krwi [Stodolak i in. 2015]. Oprócz tego len może zapobiegać chorobom cywilizacyjnym, co wynika z obecności w jego nasionach składników takich jak kwas alfa-linolenowy, lignany i inne polifenole, a także polisacharydy nieskrobiowe. Warto wspomnieć, że wytloki lniane otrzymane po tłoczeniu olejów na zimno wykazują zdolność wygaszania wolnych rodników [Jasińska-Kuligowska i in. 2018]. Ze względu na te walory wypieki z dodatkiem wytlóków roślin oleistych nie tylko nabierają bardziej atrakcyjnych cech, ale także wykazują lepsze właściwości odżywcze i zdrowotne. Obok zachęcającego wyglądu i smaku ważną dla konsumentów jest krucha tekstura, która podczas przechowywania nie powinna ulegać pogorszeniu [Błońska i in. 2012].

Mimo powszechnego stosowania odpadów po produkcji oleju w paszach zwierzęcych czy w biorafineriach, dopiero w ostatnich latach wykorzystuje się je w produkcji żywności dla ludzi. Makuchy sezamowe zaczęły być wykorzystywane w nowych recepturach chałwy jako składnik mąki z wytlóków sezamowych [Koniec i in. 2018]. Natomiast wytloki po uzyskaniu olejku migdałowego stosowane są jako dodatki w przemyśle perfumeryjnym czy do wyrobu gąbek [Karczmarszuk 2013].

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu zastosowania wytlóków z nasion migdałów, słonecznika, sezamu i lnu na zmiany cech sensorycznych ciastek owsianych. Określane były walory smakowo-zapachowe, barwa oraz tekstura. Oprócz tego określona została wilgotność wykorzystanych do wypieków wytlóków, która także miała wpływ na cechy sensoryczne badanych ciastek.

## **Material i metody**

W celu przygotowania wytlóków nasiona migdałów, sezamu, słonecznika i lnu poddano tłoczeniu na zimno, wykorzystując prasę ślimakową (Sana, EUJ-702). Otrzymane wytloki wysuszono i rozdrobniono przy użyciu młynka laboratoryjnego (Chemland, FW100). Materiał badawczy stanowiły kruche ciastka (PK) otrzymane ze zmielonych płatków owsianych z dodatkiem mąki pszennej oraz ciastka kruche, w których zastąpiono 10% płatków owsianych wytløkami z migdałów (M), lnu (L), słonecznika (Sł) i sezamu (Sz) z nasion oleistych.

Przed wypiekaniem wykonano oznaczenie wilgotności wycłoków nasion oleistych i płatków owsianych. Metoda polegała na wagowym oznaczeniu ubytku masy próbki wycłoków podczas suszenia w określonych warunkach. Oznaczono wilgotność wycłoków po 7 dniach przechowywania od tłoczenia na zimno. Przygotowano 8 naczynek wagowych odpowiednio oznaczonych i zważonych przy użyciu wagi laboratoryjnej firmy RADWAG, model: AS 310.R2, a następnie wybrane próbki materiału umieszczono w 2 naczynkach wagowych i ponownie zważono z zawartością wycłoków. Oznaczono masę naczynek z surowcem z dokładnością do 0,0001 g. Naczynka wagowe z wycłokami umieszczono w suszarce o temperaturze 130°C i suszono przez 1 godzinę przy użyciu suszarki laboratoryjnej (POL-EK, SLN 15 STD). Po suszeniu gotowe naczynka umieszczono w ekzykatorze na czas 30 minut. Po procesie suszenia materiał badawczy został ponownie zważony, a otrzymane wyniki wykorzystano do obliczenia wilgotności, według wzoru:

$$W = \frac{b-c}{b-a} \cdot 100 [\%]$$

gdzie:

$a$  – masa naczynka [g],

$b$  – masa naczynka z wycłokami przed suszeniem [g],

$c$  – masa naczynka z wycłokami po suszeniu [g].

Na początku nasiona oleiste poddano tłoczeniu na zimno. Powstały olej został wykorzystany do innych badań, a produktem ubocznym były wycłoki, które wykorzystano do produkcji ciastek owsianych. Najpierw wykonano próbę kontrolną, zgodnie z następującą procedurą: 200 g płatków owsianych, 100 g masła, 60 g cukru kryształ, 2 średnie jajka, 3,5 g proszku do pieczenia, 45 g mąki pszennej typ 500. W pozostałych próbach ciastka były wypiekane przy użyciu 90% płatków owsianych i 10% wycłoków. Składniki przygotowano wcześniej, aby miały temperaturę pokojową. Masło roztopiono w rondelku oraz przestudowano. W misce wymieszano suche składniki, a następnie dodano jajka. Całość wymieszano i dolano przestudowane masło. Wyrobione ciasto schładzano w temp. 4°C przez około 60 minut. Ciasto formowano na stolnicy w kształt koła o średnicy 5,5 cm i wypiekano na blachach wyłożonych papierem do pieczenia przez około 20 minut w temperaturze 180°C. Do pieczenia zastosowano piec konwekcyjno-parowy (Houno, DK 8940 Ronders). Ciastka po upieczeniu wyłożono na blaszkach i pozostawiono do wystygnięcia.



Ryc. 1. Ciastka po upieczeniu (PK – próba kontrolna, L – z dodatkiem wycłoków lnu, Sz – z dodatkiem wycłoków z sezamu, Sł – z dodatkiem wycłoków słonecznika, M – z dodatkiem wycłoków z migdałów); fot. K. Kaszyca



Następnego dnia przeprowadzono ocenę sensoryczną akceptowalności konsumennej przy użyciu dziesięciostopniowej skali graficznej. Przygotowane ciastka owsiane z dodatkiem wycieków nasion roślin oleistych zostały ocenione przez panel dziesięciu częściowo przeszkolonych członków. Wybrani konsumenci zostali krótko poinstruowani w zakresie opisowych aspektów analizy testu. Członkowie zespołu oceniali zapach (olejowy, mączny, zbożowy, maślany), wygląd zewnętrzny (barwa, równość wypieczenia, pęknięcia na powierzchni), teksturę (twardość, kruchość, ziarnistość) i smak (słodki, olejowy, mączny, zbożowy, maślany). Panelistami byli studenci i pracownicy: 3 mężczyzn i 6 kobiet w przedziale wiekowym 22–48 lat z Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Przy wyborze członków zespołu brano pod uwagę następujące kryteria: dobry stan zdrowia, osoba niepaląca oraz wyrażająca chęć udziału. Badanie przeprowadzono w sali ćwiczeniowej w temperaturze otoczenia, po upływie 24 godzin od wypieku. Panelistom podawano wodę mineralną jako środek neutralizujący. Kolejność serwowania była losowa.

## Wyniki i dyskusja

W pierwszym etapie badań oznaczono wilgotność używanych do wypieków wycieków i płatków owsianych. Zawartość wody w surowcu i produkcie ma istotne znaczenie w ocenie konsumennej. Dla przykładu w badaniach Makowskiej i in. z 2017 znacznie wyżej ocenione zostały ekstrudaty kukurydziane otrzymane z mieszanki wycieków lnianych o wilgotności 16% niż produkty uzyskane z mieszanki o niższej wilgotności.

Najwyższą wilgotność odnotowano dla wycieków migdałowych, było to 14,2% . Nieco niższe wartości, na poziomie 11,2%, zaobserwowano dla wycieków lnianych. Natomiast najniższą wilgotnością charakteryzowały się wycieki sezamowe 6,09% (tab. 1). Warto zaznaczyć, że wilgotność wycieków sezamowych i słonecznikowych była niższa niż wilgotność płatków owsianych.

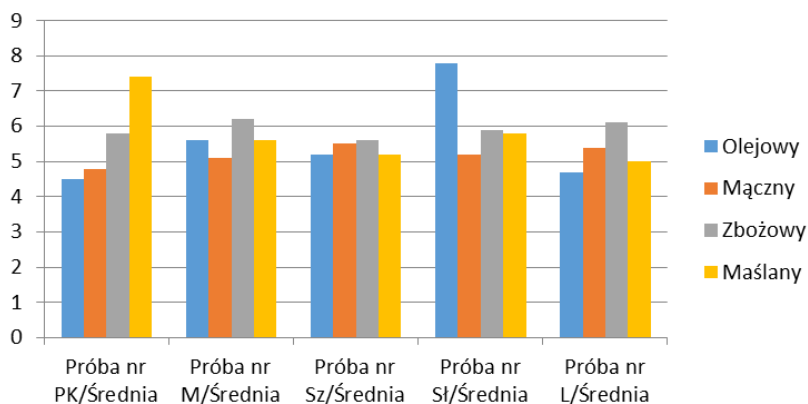
Tabela 1. Porównanie prób wilgotności wycieków. Objasnienia: Sz – wycieki z sezamu, M – wycieki z migdałów, Sł – wycieki ze słonecznika, L – wycieki z lnu

Surowiec	Wilgotność [%]
Płatki owsiane	10,09 ±0,10
Wycieki sezamowe	6,09 ±0,23
Wycieki migdałowe	14,20 ±0,46
Wycieki słonecznikowe	9,50 ±0,64
Wycieki lniane	11,20 ±1,51

Poza wysoką wartością odżywczą nowe produkty spożywcze wprowadzane na rynek powinny charakteryzować się odpowiednimi walorami smakowymi i wywoływać ogólne zadowolenie konsumentów, a decydującą rolę w tym odgrywają ich cechy organoleptyczne oraz teksturalne [Mikulec i in. 2017].

Zastąpienie części płatków owsianych wytlókami z nasion oleistych spowodowało zmianę walorów organoleptycznych ciastek. W ciastkach z dodatkiem wytlóków zauważyć można było odmienną barwę, teksturę, odmienny zapach oraz smak otrzymanych wypieków. W badaniach Błońskiej i in. z 2007 zauważono także, że czynniki takie jak czas i temperatura przechowywania miały istotny wpływ na zmianę cech mechanicznych i akustycznych ciasteczek owsianych, gdyż ciasteczka przechowywane przez 14 dni w temperaturze 7°C zostały znacznie gorzej ocenione sensorycznie niż ciastka świeże. Przy badaniach w szczególności skupionych na obniżonej zawartości tłuszczu w ciastkach owsianych odnotowano dobre oceny w przypadku ciastek z zamiennikami tłuszczu w zakresie 25–50% [Adair i Knight 2001]. Natomiast 70-procentowy udział zamienników tłuszczowych był mniej akceptowalny niż wysokotłuszczowe odpowiedniki [Charlton i Sawyer-Morse 1996]. Wypieki oceniane w naszej pracy charakteryzowały się zamianą owsianego źródła tłuszczu w stopniu poniżej 50%, dlatego również odznaczały się pozytywną oceną panelistów. Wypieki ciastkarskie z dodatkiem wytlóków oleistych są skierowane do konkretnej grupy konsumentów, dbających o zdrowe odżywianie, oczekujących od przekąski nie tylko dobrego smaku, ale i pozytywnego wpływu na zdrowie. Według przeprowadzonych ocen batonów z różnymi wytlókami ich receptura powinna być odpowiednio dobrana i prosta, a najlepszymi dodatkami byłyby makuchy słonecznika, sezamu i dyni, które zostały uznane za najbardziej atrakcyjne [Koniec i Krzywonos 2018].

## Zapach

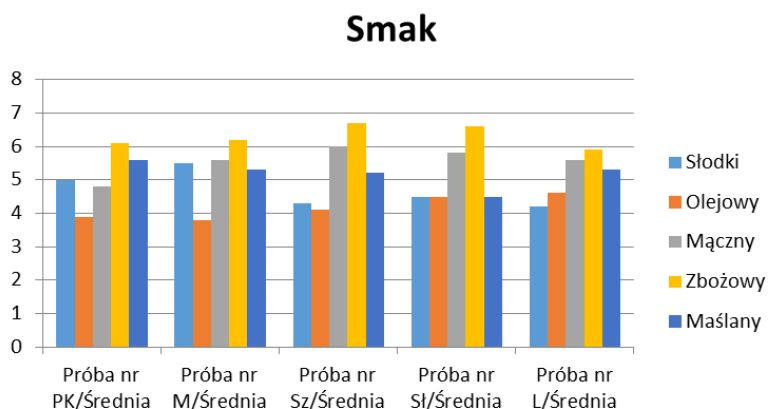


Ryc. 2. Profil zapachowy ciastek. Objaśnienia: PK – próba kontrolna, ciastka kruche bez dodatku wytlóków, M – ciastka z dodatkiem wytlóków z migdałów, Sz – ciastka z dodatkiem wytlóków sezamu, L – ciastka z dodatkiem wytlóków ze słonecznika, L-ciastka z dodatkiem wytlóków z lnu

W profilu zapachowym ciastek (ryc. 2) najbardziej wyczuwalnym był zapach zbożowy we wszystkich rodzajach ocenianych ciastek poza tymi z dodatkiem wytlóków ze słonecznika (Sł), tam dominował zapach olejowy. Może być to spowodowane skojarzeniem zapachu wytlóków z powszechnie stosowanym olejem słonecznikowym. Ciastka

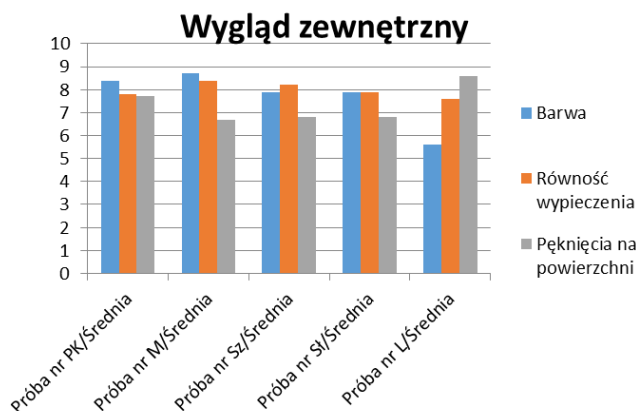
z dodatkiem wytloku lnianego (L) i migdalowego (M) rowniez otrzymany wysoką ocene w kategorii zapachu maslanego w porownaniu z pozostałymi próbami. Zapach olejowy i maslany byl bardzo slabo wyczuwalny w ciastkach z dodatkiem wytloku sezamowego (Sz). Podczas, gdy dla próby kontrolnej (PK) dominujacym byl zapach maslany.

Przy ocenie smaku ciastek (ryc. 3), dominujacym wšród badanych byl smak zbozowy i maczny we wszystkich rodzajach ciastek, z wyjatkiem próby kontrolnej (PK), w której rownie mocno rozpoznawalny byl smak maslany. Slodki i olejowy smak byl najslabiej wyczuwalny w wiekszości ocenianych sensorycznie ciastek. Jednak przy ocenie próby kontrolnej (PK) i ciastek z wytløkami migdalów (M) smak slodki stal się mocniej wyczuwalny. Wykorzystanie surowców rošlinnych o charakterystycznym smaku w roli dodatków do produktów spozywczych moze powodowac odczucie znacznie wiekszej intensywnošci smaku gotowego wyrobu, co nie zawsze jest jednak zjawiskiem cieszacym się pozytywnym odbiorem przez konsumentów [Rytel i in. 2015].

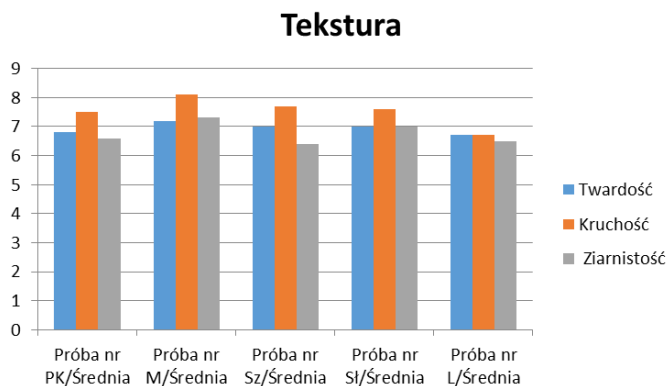


Ryc. 3. Profil smakowy ciastek. Objašnienienia symboli jak pod ryciną 2

Do oceny wyglądu zewnętrznego (ryc. 4) brano pod uwagę barwę, równość wypieczenia i pęknięcia na powierzchni. Niska akceptowalność wyglądu wyrobów gotowych wiąże się przede wszystkim z ciemniejszą bądź nietypową barwą [Mikulec i in. 2017]. Najlepszą barwę, a co za tym idzie odpowiedni stopień wypieczenia miała próba kontrolna (PK) i ciastka z dodatkiem wytløków migdalów (M). Najgorzej oceniono barwę ciastek z dodatkiem lnu (L), co bylo spowodowane ciemniejszą barwą wytløków lnianych w porównaniu z płatkami owsianymi. Dla próby L stwierdzono rowniez największą ilość pęknięć na powierzchni. Makowska i in. [2017] doszli do wniosku, że dodatek wytløków lnianych do chrupek kukurydzianych pozwala istotnie zwiększyć w nich zawartość błonnika pokarmowego, jednakże w dużym stopniu zmienia barwę na ciemną. To mogło spowodowac takze mniejszą akceptowalność ciastek z wytløkami lnianymi. Należy zwrócić uwagę, że produkty próby kontrolnej (PK) rowniez charakteryzowały się zauważalnymi przez konsumentów pęknięciami na powierzchni. Najlepszym i najbardziej równym stopniem wypieczenia charakteryzowały się ciastka z dodatkiem migdalów (M), co posiada duzy potencjal, by już w sklepie zachęcić konsumentów do ich zakupu.



Ryc. 4. Ocena wyglądu zewnętrznego. Objasnienia symboli jak pod ryciną 2



Ryc. 5. Profil tekstury. Objasnienia symboli jak pod ryciną 2

W ocenie profilu tekstury (ryc. 5) brano pod uwagę twardość, kruchość i ziarnistość. Największą kruchością charakteryzowały się ciastka z dodatkiem migdałów (M). Produkty z tej próby oceniono także najkorzystniej pod względem twardości oraz kruchości. Ciastka z dodatkiem wyłoków lnianych (L) uznano za najmniej odpowiednie pod względem twardości, kruchości i ziarnistości. Dla konsumentów tekstura produktów spożywczych w dużym stopniu decyduje o ich jakości, pomimo tego, że jej rozpoznawanie ujawnia się najczęściej podświadomie [Marzec2007]. Czynniki determinującymi cechy teksturalne mogą być zastosowane surowce ze względu na ich skład chemiczny oraz warunki produkcji czy przechowywania wyrobu spożywczego [Błońska i in. 2012]. Istotne znaczenie będzie miała wilgotność surowców. Dla oceny ciastek jednym z najważniejszych kryteriów jest twardość: ciastka nie powinny być zbyt twarde, ale także nie mogą się kruszyć. Ponadto są to parametry wzajemnie odwrotnie proporcjonalne w ocenie wyrobów spożywczych [Seymour i Ham Ann 1998].

Po zsumowaniu wszystkich wyników wyliczono średnią, na podstawie której dokonano ogólnej oceny ciastek. Według badanych kryteriów, czyli zapachu, wyglądu zewnętrznego, tekstury i smaku najlepiej ocenione zostały ciastka owsiane z dodatkiem migdałów (M), nieco gorzej oceniono ciastka z dodatkiem słonecznika (Sł). Natomiast ciastka kruche z lnem (L) były najmniej atrakcyjne dla członków panelu oceniającego, o czym świadczą zdecydowanie najniższe oceny według badanych kryteriów. W badaniach Stodolaka z 2015 niewielki, czyli 5-procentowy dodatek wyłoków lnianych skutkowało aż 20-procentowym wzrostem zawartości fenoli w tempie fermentowanym produkowanym z nasion lędźwianu. Lniane dodatki nie tylko zostały najniżej ocenione według kryteriów sensorycznych, ale także mogą wywołać niekorzystny wpływ na biochemię produktów spożywczych [Stodolak i in. 2015].

### **Wnioski**

1. Zastąpienie części płatków owsianych poszczególnymi wyłokami wpływa na zmianę właściwości sensorycznych ciastek.
2. Produkty owsiane z dodatkiem wyłoków ze słonecznika i migdałów charakteryzują się najlepszą jakością sensoryczną, przez konsumentów oceniane są lepiej niż ciastka bez dodatków.
3. Największe różnice w porównaniu z próbą kontrolną obserwuje się dla ciastek z dodatkiem wyłoków z lnu.
4. Konsumentom za dominujący w ciastkach owsianych uznają smak zbożowy i mączny. Przy czym w próbie z dodatkiem wyłoków migdałowych dość mocno wyczuwalny jest także smak słodki, zaś próba bez dodatków charakteryzuje się również intensywnym smakiem maślanym.
5. Najlepiej oceniana jest barwa ciastek z dodatkiem wyłoków migdałowych. Produkty z tej próby charakteryzują się także najkorzystniejszą z punktu widzenia konsumentów twardością i kruchością oraz równomiernością wypieczenia.
6. Ciastka z dodatkami wyłoków z migdałów i słonecznika stanowią potencjalny produkt, który z powodzeniem może zostać wprowadzony na rynek.

### **Bibliografia**

- Achremowicz B., Gibinski, M., 2010. Przetwory owsiane cennym składnikiem naszej diety. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 54(07), 13–15.
- Adair M., Knight S., 2001. Acceptability of peanut butter cookies prepared using mungbean paste as a fat ingredient substitute. *J. Am. Diet. Assoc.* 101(4), 467–469.
- Błońska A., Marzec A., Kowalska H. i in., 2012. Zmiany właściwości mechanicznych, akustycznych i sensorycznych ciasteczek owsianych w czasie przechowywania. *Zesz. Probl. Potęg. Nauk Roln.* 571, 17–28.
- Charlton O., Sawyer-Morse M.K., 1996. Effect of fat replacement on sensory attributes of chocolate chip cookies. *J. Am. Diet. Assoc.* 96 (12), 1288–1290.

- Jasińska-Kuligowska I., Suszko P., Kuligowski M., 2018. Wytłoki lniane jako źródło fitoestrogenów i innych związków bioaktywnych. W: J. Słupski, T. Tarko, I. Drożdż (red.), Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych, Oddział Pałopolski PTTŻ, Kraków, 90–101.
- Karczmarczuk R., 2013. Migdałowiec zwyczajny oraz trójklapowy. *Wszechświat* 114 (4–6), 97–101.
- Koniec A., Krzywonos M., 2018. Możliwości wykorzystania produktów ubocznych przemysłu olejarskiego do produkcji batonów. *Prace Nauk. Ekonom. we Wrocławiu* 542, 58–66, <https://doi.org/10.15611/pn.2018.542.04>
- Makowska A., Kowalczewski P., Paschke H., 2017. Wpływ wilgotności mieszanek na właściwości i teksturę ekstraktów kukurydzianych wzbogaconych w wytłoki lniane. *Post. Nauki Technol. Przem. Rolno-Spoż.* 72(4), 14–24.
- Marzec A., 2007. Tekstura żywności. *Przem. Spoż.* 61(5), 6–10.
- Mikulec A., Kowalski S., Łapczyńska-Kordon B., 2017. Wpływ zastosowania różnych mąk na wybrane cechy jakościowe ciastek kruchych. *Acta Agrophys.* 24(1), 101–110.
- Olesińska K., Luchowska K., Sugier D. i in., 2017. Wpływ sposobu pozyskiwania oleju konopnego na wybrane jego właściwości. *Inż. Przetw. Spoż.* 2/4(22), 17–22.
- Rybicka I., Gliszczyńska-Świąło A., 2017. Minerals in grain gluten-free products. The content of calcium, potassium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc. *J. Food Comp. Anal.* 59, 61–67, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.02.06>
- Rytel E., Kita A., Pęksa A. i in., 2015. Wpływ zastosowania soli w produkcji chrupek kukurydzianych wzbogaconych dodatkiem niekonwencjonalnych surowców na wybrane cechy jakościowe. *Bromatol. Chemia Toksykol.* 48(3), 512–517.
- Seymour SK., Ham Ann DDH., 1998. Crispness and crunchiness of selected low moisture foods. *J Texture Stud.* 19(1), 79–95, <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1988.tb00926.x>
- Stodolak B., Starzyńska-Janiszewska A., Wikiera A., 2015. Wpływ dodatku wytłoków lnianych na potencjał antyoksydacyjny tempe z nasion lędźwianu. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 6(103), 96–105, <https://doi.org/10.15193/zntj/2015/103/091>
- Wekwete B., Navder K.P., 2008. Effects of avocado fruit puree and oatrim as fat replacers on the physical, textural and sensory properties of oatmeal cookies. *J. Food Quality* 31(2), 131–141, <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2008.00191.x>
- Żbikowska A., Niescierowicz M., 2010. Podnoszenie wartości żywieniowej wysokotłuszczowych produktów ciastkarskich. *Bromatol. Chemia Toksykol.* 43(2), 194–202.

## Napoje funkcjonalne jako źródło substancji bioaktywnych

Functional beverage as a source of bioactive substances

### Wstęp

Wzrost produkcji i konsumpcji żywności funkcjonalnej widoczny jest na światowych rynkach. Jest to spowodowane zmianami stylu życia i nawyków żywieniowych konsumentów, którzy coraz częściej zwracają uwagę na aspekty związane z właściwościami zdrowotnymi żywności [Babicz-Zielińska i in. 2012].

Za żywność funkcjonalną uważa się produkty zawierające w swoim składzie inne substancje, które nie są zaliczane do składników odżywczych, ale wpływają korzystnie na stan zdrowia [Gertig i Gawęcki 2001]. Unia Europejska do żywności funkcjonalnej zalicza produkty, które wykazują zadowalający wpływ na organizm ludzki poprzez utrzymujący się dobry stan zdrowia, nastrój, a także redukcję chorób [Świderski i Kolanowski 2003].

Według Międzynarodowego Instytutu Nauk o Życiu (International Life Science Institute) za żywność funkcjonalną uznaje się produkty, które dzięki zawartości aktywnych fizjologicznie składników mają korzystny wpływ na zdrowie bez konieczności zachowania zasad prawidłowego odżywiania [Karwowska i Bogacz 2007]. Żywność funkcjonalna wykazuje pozytywny wpływ na funkcjonowanie ludzkiego organizmu m.in. poprzez poprawę samopoczucia, zapobieganie rozwojowi chorób oraz poprawę stanu zdrowia [Kiedrowski 2007]. Korzystny wpływ substancji zawartych w produkcie spożywczym musi zostać udowodniony za pomocą badań naukowych, aby można było zaklasyfikować go do żywności funkcjonalnej [Olędzka 2007].

Żywności funkcjonalna to tradycyjne produkty, które spożywane w normalnych ilościach wraz z dietą przynoszą oczekiwane efekty [Sirtori i in. 2009]. Nie może ona występować w postaci tabletek, saszetek ani innych wyrobów farmaceutycznych, musi zawierać zwiększoną ilość składnika aktywnego [Pascal 2009, Korbutowicz 2018].

Żywność funkcjonalna ma ogromny potencjał rozwojowy na rynku światowym, dlatego z roku na rok zwiększa się liczba produktów tego typu. Wzrost zainteresowania żywnością funkcjonalną jest spowodowany poprawą świadomości w aspekcie żywienia, a także zwiększeniem pasji sportowych u ludzi [Marciniak i in. 2019]. Większą część

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biochemików Żywności i Żywienia, gang.kinga@onet.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Katedra Biochemii

żywności funkcjonalnej zajmują produkty przeznaczone dla sportowców i ludzi aktywnych fizycznie i są to najczęściej napoje funkcjonalne [Makala 2018]. Do najbardziej znanych należą napoje energetyczne oraz izotoniczne, ale także wody funkcjonalne, shoty, mleczne napoje probiotyczne, jak również napoje z dodatkiem witamin [Antolak i Kręgiel 2017].

Celem pracy jest udowodnienie, że napoje funkcjonalne są źródłem substancji bioaktywnych wykazujących korzystny wpływ na stan zdrowia, samopoczucie i nawodnienie organizmu.

### Klasyfikacja napoi

Napoje energetyczne to środki spożywcze specjalnego przeznaczenia żywieniowego, muszą zatem wykazywać pozytywny efekt na jedną bądź kilka funkcji, ponad efekt odżywczy, czyli poprawiać nastrój, stan zdrowia lub samopoczucie [Joachimiak i Szoltysek 2013].

Spośród napoi energetycznych można wyodrębnić napoje izotoniczne, które mają osmolarność zbliżoną do osmolarności płynów człowieka i dzięki temu poprawiają nawodnienie. Zgodnie z przepisami obowiązującymi w UE napój taki musi mieć osmolarność mieszczącą się w przedziale 270–330 mOsm/kg H<sub>2</sub>O [Report of the scientific...]. Za osmolarność odpowiadają głównie węglowodany: fruktoza, glukoza i sacharoza, których powinno być w napoju 6g/100 ml, a także jony sodu odpowiadające za przemiany wodno-elektrolitowe, których ilość powinna zawierać się w przedziale 23–69 mg/100 ml oraz jony potasu, które wraz z sodem stanowią podstawę mechanizmu transportu przez błony biologiczne [Stasiuk i Przybyłowski 2015]. Napoje izotoniczne często wzbogacane są w magnez, który jest niezbędny dla prawidłowej pracy układu nerwowego, zachowania prawidłowej pracy mięśni oraz zmniejszenia skutków zmęczenia [Leśniewicz i in. 2016]. W celu obniżenia kaloryczności napojów słodzi się je aspartamem lub acesulfamem K [Tomczyk i in. 2019].

Kolejną grupą napojów funkcjonalnych są napoje hipotoniczne, które także mają za zadanie nawodnić organizm, ale zawierają tylko około 2% węglowodanów. Ich osmolarność wynosi poniżej 270 mOsm/kg H<sub>2</sub>O [Waszkiewicz-Robak i Chełmiński 2005]. Napoje hipotoniczne charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami nawadniającymi, dlatego są polecane osobom, których głównym celem jest prawidłowe nawodnienie organizmu [Sawka i in. 2007]. Do tej grupy napojów zaliczamy wody funkcjonalne, które z angielskiego określane są jako *wellness*. Zadaniem tego typu produktów jest poprawa samopoczucia i zdrowia klientów, a ten efekt można uzyskać poprzez dodatki w postaci wyciągów roślinnych, ziołowych, owocowych, witamin, antyoksydantów, a także składników mineralnych. Spośród wód funkcjonalnych można wyróżnić cztery główne grupy: *beauty*, *harmony*, *balance*, *active*. Napoje *beauty* mają za zadanie wpływać pozytywnie na naszą skórę poprzez nawilżenie, poprawę kolorytu oraz działanie przeciwzapalne. Z kolei napoje *harmony* działają na nasz nastrój i samopoczucie. Napoje *balance* mają pomóc w zachowaniu prawidłowej równowagi w organizmie, dzięki takim ekstraktom jak: melisa, rumianek, kwiaty lipy oraz dodatek mikro- i makroelementów. Ostatni rodzaj to napoje typu *active*: ich głównym zadaniem jest nawodnienie organizmu i uzupełnienie



utraconych elektrolitów podczas wysiłku fizycznego. Działanie tego typu napoi jest o wiele delikatniejsze od tradycyjnych napoi izotonicznych. W ich składzie znajdziemy głównie mikro- i makroelementy, witaminy z grupy B oraz aminokwasy [Hoffmann i Jędrzejczyk 2007].

Do napoi hipertonicznych zaliczamy napoje o osmolarności powyżej 330 mOsm/kg H<sub>2</sub>O oraz zawierające 10% węglowodanów, czyli dużo więcej niż napoje izotoniczne. Oprócz wersji napoi typu „zero” w napojach energetycznych ilość węglowodanów zawiera się w przedziale 9–15 g/100 ml, czyli średnio 11 g/100 ml napoju [Anyżewska i Lewczuk 2019]. W skład napoi energetycznych wchodzi także substancje zmniejszające uczucie zmęczenia i mobilizujące organizm do kolejnego wysiłku. Należą do nich m.in. witaminy z grupy B, wyciągi z guarany i żeńszenia, a za działanie pobudzające odpowiedzialne są takie substancje jak tauryna i kofeina. Ilość kofeiny w napojach energetycznych to około 75–150 mg na porcję produktu, taką samą zawartość znajdziemy w *energy shots* w objętości 60–90 ml, co jest wygodne dla konsumentów. Z uwagi na zawartość substancji pobudzających napoje te nie będą dobrym źródłem nawodnienia i są przeznaczone dla osób, które chcą zmniejszyć uczucie senności i zmęczenia, a także dla sportowców, aby mogli uzyskać maksymalną wydolność podczas jednostek treningowych [Żukiewicz-Sobczak i in. 2018].

Do żywności funkcjonalnej zaliczane są także napoje z dodatkiem kultur bakterii *Lactobacillus casei*, które po spożyciu działają aktywnie w jelicie. Fermentowane produkty mleczne hamują rozwój bakterii gnilnych i chorobotwórczych, obniżają ryzyko wystąpienia nowotworów jelit, a także dzięki zawartości wapnia zapobiegają wystąpieniu osteoporozy [Szymaderska-Buszką i Górecka 2009].

Na rynku możemy znaleźć coraz to nowsze produkty mleczne, które wzbogacane są o substancje dodatkowe, takie jak: kofeina, ekstrakt z żeńszenia, koenzym Q10, aloes, żurawina oraz błonnik [Stankiewicz i in. 2009]. Konsumentów coraz częściej zwracają uwagę na bioaktywne działanie produktu, dlatego producenci muszą ciągle doskonalić i wzbogacać napoje mleczne, aby dostosowywać je do wymagań klientów [Kudęła i Marzec 2004].

Bardzo popularne na rynku są napoje mleczne ze zwiększoną zawartością białka z dodatkiem białek serwatkowych. Spożywanie takich produktów daje uczucie sytości, dlatego są one wskazane dla osób na dietach redukcyjnych, a także dla sportowców trenujących siłowo, w celu uzupełnienia energii na białko [Znamirowska i in. 2019].

### **Bioaktywne właściwości i składniki napoi**

Bioaktywne substancje, które zwykle są dodawane do żywności funkcjonalnej w celu poprawy jej walorów odżywczych, obejmują głównie witaminy oraz związki fenolowe pochodzenia roślinnego, których właściwości wpływają na poprawę parametrów zdrowotnych i tym samym stanowią profilaktykę dla chorób cywilizacyjnych [Flaczyk i in. 2011, Gawęcki 2010].

Witaminy to związki, których organizm człowieka potrzebuje w nieznacznej ilości, jednakże ta porcja jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania całego ustroju i prze-

mian metabolicznych. Nie można ich zaklasyfikować do żywności energetycznej czy budulcowej, niemniej są obligatoryjne dla zachowania homeostazy oraz rozwoju organizmu [Semba 2012].

Witamina C, czyli kwas askorbinowy lub dehydroaskorbinowy, jest wykorzystywana w technologii żywności jako stabilizator oraz regulator kwasowości. Pełni również funkcję silnego antyoksydantu, dzięki czemu jest w stanie zwalczać nadmiar wolnych rodników i tym samym chroni komórki przed stresem oksydacyjnym. Dodatkowo dodana do produktów tłuszczowych chroni przed jełczeniem. Do roślinnych źródeł witaminy C należą: kiwi, papryka, natka pietruszki, jagody, acerola, dzika róża, owoce cytrusowe [Grzybowski i Pietrzak 2013, Barros i in. 2010].

Do grupy tokoferoli należy witamina E, zwana również witaminą młodości ze względu na ochronę DNA oraz struktur komórkowych, od ich właściwego działania zależy funkcjonowanie całego organizmu [Eitenmiller i in. 2016]. Co więcej ten płaszcz ochronny rozciąga się również na lipidy, które są podatne na reakcje peroksydacji [Eitenmiller i in. 2016]. Z tego względu mózg i centralny układ nerwowy bogate w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, potrzebują protekcji witaminy E [Chang i in. 2009, Eitenmiller i in. 2016]. Na rozwój miażdżycy wpływa wiele elementów, w tym sztuczność i grubość ścian naczyń krwionośnych,  $\alpha$ -tokoferol zwiększa elastyczność oraz utrzymuje odpowiednią wolumentrię żył i tętnic, redukując prawdopodobieństwo arterosklerozy [Sozen i in. 2019]. Do bogatych źródeł witaminy E należą nasiona roślin oleistych: soja, słonecznik, rzepak, produkty zbożowe, czy zielone warzywa liściaste [Sozen i in. 2019, Eitenmiller i in. 2016, Nogala-Kałucka i Siger 2011, Chang i in. 2009].

Z kolei związki fenolowe to wtórne metabolity roślinne, cechujące się jedną lub kilkoma grupami hydroksylowymi oraz pierścieniem benzenu. Kwasy fenolowe i flawonoidy to dwie grupy wchodzące w skład związków fenolowych. Z kolei kwasy fenolowe tworzą dwie podklasy: pochodne kwasu cynamonowego oraz benzoesowego. Główną rolą kwasów fenolowych jest działanie przeciwutleniające, co wiąże się z ich działalnością przeciworodnikową [Velderrain-Rodríguez i in. 2014, Parus 2013].

Barwniki występują te w największej ilości w owocach, płatkach kwiatów i liściach roślin. Dla przykładu kwercetyna zlokalizowana jest w cebuli, ale również w winogronach, brokule czy czarnej herbacie (tab 1).

Tabela 1. Zawartość kwercetyny w wybranych produktach roślinnych

Nazwa produktu roślinnego	Zawartość kwercetyny (mg/100 g)
Jabłka	4,7
Jagody	3,58
Winogrona	2,17
Brokuł	1,8
Czerwona cebula	1,8
Czarna herbata	1,13

Związki fenolowe oraz flawonoidy wykazują działanie przeciwwzapalne, przeciwbakteryjne oraz wzmacniające układ odpornościowy [Tungmunnithum i in. 2018]. Dodatkowo ich działanie przeciwzakrzepowe zapobiega występowaniu chorób układu krążenia [Cione i in. 2019]. Melisa jest przykładem rośliny zawierającej znaczne ilości związków fenolowych i flawonoidów, jednym z nich jest kwas rozmarynowy, mający zdolność do modulacji szlaku serotoninergecznego i przyczyniający się do poprawy objawów depresyjnych [Ghazizadeh i in. 2021]. Z kolei lawenda znana ze swoich właściwości relaksacyjnych, działania przeciwłękowego oraz zmniejszenia skurczu mięśni zawiera do 12% kwasów fenolowych, w tym podobnie jak melisa kwas rozmarynowy, a ponad toferulowy, kawowy oraz kumarowy [Dobros i in. 2018]. Działanie hepatoprotekcyjne, poprawa mózgowego przepływu krwi czy protekcja przed wystąpieniem chorób układu sercowo-naczyniowego to efekty farmakologiczne odnoszące się do działania miorzębu japońskiego, bogatego w glikozydy flawonowe stanowiące 24% masy rośliny (izoramnetyna, kwercetyna i kemferol). Ashwagandha (*Withania somnifera*), znana również pod nazwą indyjski żeńszęń, jest cenionym produktem w walce ze stresem, który może przyczyniać się do rozwoju lęku, depresji oraz bezsenności, zawiera flawonoidy takie jak: rutynozyd, kemferol, kwercetyna [Połumackanycz i in. 2020].

### Podsumowanie

Żywność funkcjonalna wzbogacona w składniki aktywne przyczyniające się do poprawy zdrowia i polepszenia funkcji poznawczych czy prewencji chorób cywilizacyjnych jest odpowiedzią na aktualny tryb życia wielu osób cechujący się brakiem czasu, czego efektem jest często źle zbilansowana dieta, pełna wysoko przetworzonej żywności ubogiej w pełnowartościowe składniki i witaminy. Żywność funkcjonalna może być komponentem diety i wspierać jej prozdrowotny charakter, zmniejszając przy tym prawdopodobieństwo chorób i polepszając komfort życia.

### Bibliografia

- Antolak H., Kręgiel D., 2017. Skład napojów funkcjonalnych a ich stabilność mikrobiologiczna. *Przem. Spoż.* 71(1), 15–18, <https://doi.org/10.15199/65.2017.1.3>
- Anyżewska A., Lewczuk J., 2019. Napoje energetyzujące – charakterystyka, rozpowszechnienie, konsekwencje zdrowotne. W: G. Bazylak, H. Różański (red.), *Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna*. Państw. Akad. Nauk Stos. w Krośnie, 255–275.
- Babicz-Zielińska E., Komorowska-Szczepańska W., Łęgowska A. i in., 2012. Zaburzenia w odżywianiu wynikające z troski o zdrowie. *Family Med. Prim. Care Rev.* 14(2), 123–125.
- Barros A.I., Silva A.P., Gonçalves B. i in., 2010. A fast, simple, and reliable hydrophilic interaction liquid chromatography method for the determination of ascorbic and isoascorbic acids. *Analyt. Bioanal. Chem.* 396, 1863–1875, <https://doi.org/10.1007/s00216-009-3414-4>
- Chang C.Y., Ke D.S., Chen J.Y., 2009. Essential fatty acids and human brain. *Acta Neurol. Taiwan* 18(4), 231–241.

- Cione E., La Torre C., Cannataro R. i in., 2019. Quercetin, epigallocatechin gallate, curcumin, and resveratrol: from dietary sources to human micro RNA modulation. *Molecules*. 25(1), 63, <https://doi.org/10.3390/molecules25010063>
- Dobros N., Zawada K., Zielińska A., 2018. Związki biologicznie czynne i właściwości antyoksydacyjne ekstraktów z kwiatów lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Miller.). Analiza, produkcja i zastosowanie substancji oraz komponentów pochodzenia roślinnego. Tygiel, Lublin.
- Eitenmiller R.R., Landen Jr. W.O., Ye L., 2016. Vitamin analysis for the health and food sciences. CRC Press, Boca Raton.
- Flaczyk E., Górecka D., Korczak J., 2011. Towaroznawstwo żywności pochodzenia zwierzęcego, Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań.
- Gawęcki J., 2010. Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Gertig H., Gawęcki J., 2001. Słownik terminologii żywieniowych. PWN, Warszawa, 119.
- Ghazizadeh J., Sadigh-Eteghad S., Marx W. i in., 2021. The effects of lemonbalm (*Melissa officinalis* L.) on depression and anxiety in clinical trials: asystematic review and meta-analysis. *Phytother Res*. 35(12), 6690–6705, <https://doi.org/10.1002/ptr.7252>
- Grzybowski A., Pietrzak K., 2013. Albert Szent-Györgyi (1893–1986): the scientist who discovered vitamin C. *Clin. Dermatol*. 31(3), 327–331, <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2012.08.001>
- Hoffmann M., Jędrzejczyk H., 2007. Napoje funkcjonalne nowej generacji. *Agro Przem*. 3, 51–52.
- Joachimiak L., Szołtysek K., 2013. Świadomość, stan wiedzy oraz częstotliwość spożycia napojów energetyzujących i izotonicznych przez osoby młode, czynnie uprawiające sport. *Nauki Inż. Technol*. 1(8), 26–38.
- Karwowska A., Bogacz A., 2007. Żywność funkcjonalna w Polsce – dziś i jutro. *Przem. Farm. Owoc.-Warz*. 12, 22.
- Kiedrowski M., 2007. Żywność funkcjonalna – charakterystyka, trendy, perspektywy. *Por. Med*. 127(3), 407–416.
- Korbutowicz T., 2018. Żywność funkcjonalna na rynku światowym. *Studia Prace Wydz. Nauk Ekonom. Zarz*. 53(2), 209–220, <https://doi.org/10.18276/sip.2018.53/2-16>
- Kudęłka W., Marzec M., 2004. Preferencje studentów dotyczące spożycia mlecznych napojów fermentowanych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3(40), 63–76.
- Leśniewicz A., Grzesiak M., Żyrnicki W. i in., 2016. Skład mineralny i wartość odżywcza napojów izotonicznych i energetycznych. *Biol. Trace Elem. Res*. 170(2), 485–495, <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0471-8>
- Makała H., 2018. Znaczenie żywności funkcjonalnej w turystyce. Wielowymiarowość żywienia i gastronomii w turystyce. 53–66.
- Marciniak G., Sapa A., Kobus-Cisowska J. i in., 2019. Rozwój rynku żywności funkcjonalnej na przykładzie produktów nabiałowych. *Intercathedra* 4(41), 357–367, <https://doi.org/10.17306/J.INTERCATHEDRA.2019.00089>
- Nogala-Kałużka M., Siger A., 2011. Tocochromanols-bioactive compounds of oilseeds. From biosynthesis to biomarkers. *Rośliny Oleiste* 32(1), 9–28.
- Olędzka R., 2007. Nutraceutyki, żywność funkcjonalna – rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromat. Chem. Toksykol*. 40, 1–8.
- Parus A., 2013. Przeciwułtleniacze i farmakologiczne właściwości kwasów fenolowych. *Post. Fitoter*. 1, 48–53.
- Pascal G., 2009. Safety impact – the risk/benefits of functional foods. *Eur. J. Nur*. 48.
- Połumackanycz M., Forenciewicz A., Wesołowski M. i in., 2020. Ashwagandha (*Withania somnifera* L.) – roślina o udokumentowanych właściwościach prozdrowotnych. *Farm. Pol*. 76(8), 442–447.

- Report of the scientific committee on food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen. (Adopted by the SCF on 22.06.2000, corrected by the SCF on 28.02.2001).
- Sawka M.N., Burke L.M., Eichner E.R. i in., 2007. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39(2), 377–390, <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
- Semba R.D., 2012. The discovery of the vitamins. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 82(5), 310–315, <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000124>
- Sirtori C.R., Anderson J.W., Sirtori E. i in., 2009. Functional food for dyslipidemia and cardiovascular system risk prevention. *Nutr. Res. Rev.* 22, 244–261.
- Sozen E., Demirel T., Ozer N.K., 2019. Vitamin E: regulatory role in the cardiovascular system. *IUBMB Life.* 71(4), 507–515, <https://doi.org/10.1002/iub.2020>.
- Stankiewicz J., Steinka I., Grajewska M., 2009. Wpływ dodatków pochodzenia roślinnego na wybraną cechę sensoryczną serków twarogowych. *Nauka Przyr. Technol.* 3(4), 1–11.
- Stasiuk E., Przybyłowski P., 2015. Elektrochemiczne wskaźniki jakości w ocenie napojów izotonicznych. *Probl. Hig. Epidemiol.* 96(4), 827–829.
- Szymaderska-Buszka K., Górecka D., 2009. Częstotliwość spożywania wybranych napojów mlecznych. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 42(3), 688–692.
- Świdorski F., Kolanowski W., 2003. Żywność funkcjonalna i dietetyczna. W: F. Świdorski (red.), *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*. Warszawa, 27–29.
- Tomczyk M., Olesiuk J., Dżugan M., 2019. Ocena jakości napojów izotonicznych przygotowanych samodzielnie na bazie naturalnych składników. *Pol. J. Sports Med.* 3(4), 169–177, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.5823>
- Tungmunnithum D., Thongboonyou A., Pholboon A. i in., 2018. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: an overview. *Medicines (Basel)* 5(3), 93. <https://doi.org/10.3390/medicines5030093>
- Velderrain-Rodríguez G.R., Palafox-Carlos H., Wall-Medrano A. i in., 2014. Phenolic compounds: their journey after intake. *Food Funct.* 5(2), 189–197, <https://doi.org/10.1039/c3fo60361j>
- Waszkiewicz-Robak B., Chełmiński T., 2005. Charakterystyka ciśnienia osmotycznego różnych napojów rynkowych. *Bromatol. Chemia Toksykol.* 38(3), 307–311.
- Znamirowska A., Buniowska M., Szajnar K., 2019. Zastosowanie koncentratu i izolatu białek serwatkowych do produkcji mleka fermentowanego przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* BB-12. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 4(121), 77–88, <https://doi.org/10.15193/zntj/2019/121/314>
- Żukiewicz-Sobczak W., Sobczak P., Siłuch M. i in., 2018. Analiza składu chemicznego napojów energetycznych w zakresie związków pobudzających i wypełniających. *Przem. Chem.* 4(97), 560–564, <https://doi.org/10.15199/62.2018.4.9>

## **Porównanie właściwości fizykochemicznych nasion słonecznika i sezamu oraz otrzymanego z nich oleju tłoczonego na zimno**

Comparison of physicochemical properties of sunflower and sesame seeds and cold pressed oil received from them

### **Wstęp**

Rosnąca świadomość szkodliwości związków syntetycznych, obecnych także w produktach spożywczych, skłania ludzi do wprowadzania zmian w codziennej diecie. Szczególną uwagę konsumenci kierują na walory zdrowotne żywności, ponieważ dieta jest jednym z czynników warunkujących zdrowie i wpływających na jakość życia człowieka. Z tego też powodu wzrosła tendencja do spożycia olejów jadalnych tłoczonych na zimno [Celenk i in. 2018]. Jak podaje Codex Alimentarius tłoczenie na zimno to proces, który do pozyskania oleju nie wykorzystuje temperatury ani rozpuszczalników organicznych, a oczyszczanie oleju odbywa się poprzez sedymentację, filtrację lub odwirowanie [Codex Alimentarius Commission].

Oleje tłoczone na zimno w porównaniu z rafinowanymi są bogate w antyoksydanty, wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy n-3 i n-6 oraz sterole [Kiralán i in. 2018]. Świeżo tłoczony i nieoczyszczony olej roślinny odznacza się delikatnym smakiem i aromatem, typowym dla nasion, z których został wytłoczony. Nie powinien posiadać nieprzyjemnego gorzkiego smaku, ponieważ może to świadczyć o tym, że jest nieświeży. W tej sytuacji widać, jak ważna jest jakość spożywanych olejów, często zróżnicowana i zależna od wielu czynników. W dużym stopniu determinują ją właściwości surowca, ale także warunki procesu tłoczenia oraz przechowywania produktu [Maniak i in. 2012]. Do otrzymania wysokiej klasy oleju tłoczonego na zimno wymagane jest użycie dojrzałego, nieuszkodzonego, czystego i prawidłowo przechowywanego surowca. Wpływ mają również warunki i parametry tłoczenia, głównie temperatura, właściwa filtracja oraz warunki, w jakich jest przechowywany olej. Przestrzegając restrykcji, w procesie otrzymujemy zdrowy tłuszcz roślinny, który charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą i jakością [Wroniak i in. 2006].

Tłuszcze pełnią kluczową rolę w organizmie człowieka, m.in: wspierają właściwe działanie układu nerwowego i krwionośnego oraz obniżają poziom złego cholesterolu we krwi. Stanowią najbogatsze źródło energii metabolicznej, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach. Oleje roślinne to

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Studenckie Koło Naukowe Food Design, marta.krajewska@up.lublin.pl

tłuszcze wyjątkowo zdrowe, gdyż posiadają grupę wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, będących niezbędnym elementem diety człowieka, gdyż nie są syntezowane przez nasze organizmy (mogą je syntezować jedynie rośliny i niektóre zwierzęta, np. ryby) [Zielińska i Nowak 2014].

Obserwując rynek olejarski w Polsce widzimy wypieranie tłuszczy zwierzęcych przez tłuszcze roślinne. W Polsce najpopularniejszymi olejami jadalnymi są oleje: rzepakowy i słonecznikowy, również wśród olejów tłoczonych na zimno. Coraz częściej jednak można spotkać oleje z różnych innych surowców roślinnych, w tym m.in. z sezamu [Zychnowska i in. 2013].

Słonecznik (*Helianthus annuus* L.) jest jedną z czterech najważniejszych roślin oleistych na świecie, a jakość odżywcza jego oleju jadalnego plasuje się wśród najlepszych olejów roślinnych w uprawie. Zazwyczaj do 90% kwasów tłuszczowych w konwencjonalnym oleju słonecznikowym to kwasy nienasycone [Škorić i in. 2008]. Dzięki dobrej stabilności oksydacyjnej, zwykły olej słonecznikowy znajduje wiele zastosowań na rynku spożywczym. W przemyśle wykorzystywany jest również do smażenia (ze względu na niską zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych) oraz do produkcji majonezów i dressingów. Uwodorniony olej słonecznikowy może być stosowany do produkcji tłuszczów piekarskich i margaryn [Salas i in. 2015].

Sezam (*Sesamum indicum* L.) to najstarsza uprawiana roślina oleista znana z konsumpcji jako produkt spożywczy, zapewniająca różne korzyści zdrowotne. Większość nasion sezamu jest wykorzystywana do ekstrakcji oleju o łagodnym zapachu i przyjemnym smaku. W swoim składzie zawiera niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe oraz związki bioaktywne, takie jak tokoferole, fitosterole i lignany [Bopitiya i Madhujith 2013]. Olej sezamowy bardzo często jest wykorzystywany w kuchni. Oprócz tego znajduje również zastosowanie jako tłuszcz piekarski i margaryna, mydło tłuszczowe, farmaceutyk oraz synergetyk insektycydów [Abou-Gharbia i in. 2000].

Opisywane oleje oprócz walorów smakowych pozytywnie wpływają na organizm człowieka, pomagając dodatkowo w zwalczaniu niektórych chorób cywilizacyjnych. Dlatego też celem pracy była analiza wybranych właściwości fizykochemicznych nasion sezamu i słonecznika oraz określenie jakości uzyskanych z nich olejów poprzez zastosowanie metody tłoczenia na zimno.

## Material i metody

Materiał do badań stanowiły nasiona dwóch roślin, tj. sezamu (*Sesamum* L.) i słonecznika łuskanego (*Helianthus* L.), oraz wytłoczony z nich olej. Użyte partie nasion pochodziły z przedsiębiorstwa F.H. „Awiko” ze zbiorów w 2022 roku. Nasiona przed badaniem i wykorzystaniem w procesie tłoczenia przechowywano w szklanych słojach z odkrytymi wieczkami, w temperaturze otoczenia ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ), przez okres 14 dni w celu wyrównania ich wilgotności.

Podjęte w ramach pracy badania zostały podzielone na 2 etapy, zgodnie z wytycznymi celami. W pierwszym etapie określono wybrane właściwości fizykochemiczne nasion, takie jak: wilgotność, zawartość tłuszczu oraz wytrzymałość na ściskanie. W drugiej fazie badań przeprowadzono proces tłoczenia oleju z analizowanych nasion, przy użyciu

prasy ślimakowej. Następnie obliczono wydajność tłoczenia każdego z olejów i dokonano analizy ich jakości poprzez określenie liczby kwasowej (LK), liczby nadtlenkowej (LN) oraz stabilności oksydatywnej.

Wilgotność nasion oznaczono metodą suszarkową według normy PN-EN ISO 665:2020-09. Analizę zawartości tłuszczu przeprowadzono na aparacie Soxtec TM 8000 za pomocą zautomatyzowanej ekstrakcji według metody Soxhleta, w oparciu o aplikacje ASN 310.

Odporność nasion na ściskanie określono, używając maszyny wytrzymałościowej Zwick Roell BT1-FRO.5TN.D14 z prędkością przemieszczenia głowicy 10 mm/min. Test wytrzymałości pojedynczych nasion wykonano, stosując głowicę o max. sile nacisku  $F = 500 \text{ N}$ .

Pomiar odporności na ściskanie polegał na umieszczaniu pojedynczych nasion (wybranych losowo) między płytkami roboczymi głowicy pomiarowej, uruchomieniu urządzenia i zarejestrowaniu maksymalnej wartości siły, przy której próbka uległa zniszczeniu.

Partię nasion o masie 1,5–2 kg poddano procesowi tłoczenia, w temperaturze  $45 \pm 10^\circ\text{C}$ , w prasie Sana EUJ-707 marki Omega o mocy silnika 200 W, 70–80 obr./min. Po tłoczeniu oleje odstawiono do naturalnej sedimentacji osadu przez 1 dzień w warunkach chłodniczych, a następnie poddano dekantacji. Próbkę oleju przechowywano w ciemnych, szklanych butelkach, w chłodziarce ( $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

Wydajność tłoczenia oleju obliczano na podstawie masy uzyskanego oleju, masy próbki nasion i oznaczonej procentowej zawartości oleju w nasionach. Do obliczenia wydajności tłoczenia „W” zastosowano wzór według Mińkowskiego i in. [2014]:

$$W = \frac{m_{ol} \cdot 100 \cdot 100}{Z_{ol} \cdot m_n} [\%]$$

gdzie:

$m_{ol}$  – masa uzyskanego oleju, kg,

$m_n$  – masa przerobionych nasion, kg,

$Z_{ol}$  – zawartość oleju w nasionach, %.

Badanie liczby kwasowej wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 660:2010. Metoda ta pozwala na oznaczenie ilości wolnych kwasów tłuszczowych, które powstają podczas hydrolizy wiązań estrowych. Do kolby stożkowej odważono 2 g oleju, następnie dodano 50 cm<sup>3</sup> mieszaniny eteru i alkoholu etylowego (1:1) oraz kilka kropli fenoloftaleiny. Całość miareczkowano, przy użyciu automatycznego titratora Titalab AT1000 firmy Hach, roztworem KOH do momentu uzyskania różowego zabarwienia utrzymującego się co najmniej 30 sekund.

Oznaczenie liczby nadtlenkowej wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 3960:2012. Badanie to pozwala na oznaczenie zawartości wydzielonego jodu z jodku potasu w wyniku działania nadtlenu zawartych w próbce oleju. Do kolby stożkowej odważono 2 g oleju. Następnie dodano 10 cm<sup>3</sup> chloroformu, 15 cm<sup>3</sup> lodowatego kwasu octowego oraz 1 cm<sup>3</sup> roztworu jodku potasu. Zawartość kolby mieszano przez 1 min., po czym odstawiono na 5 minut z dala od światła. Po tym czasie dodano 75 ml wody destylowanej i miareczkowano, za pomocą automatycznego titratora Titalab AT1000 firmy



Hach, 0,002 N roztworem tiosiarczanu sodu w obecności kilku kropli skrobi jako wskaźnika. Równoległe z oznaczaniem wykonano próbę ślepą.

Stabilność oksydacyjną olejów określono, wykorzystując test przyspieszonego utleniania Rancimat, który mierzy czas indukcji utleniania (ang. *oxidation induction time*, OTI) przez wykrywanie lotnych kwasów utworzonych w czasie utleniania oleju. Test przeprowadzono w aparacie 893 Professional Biodiesel Rancimat firmy Metrohm, według normy PN-ISO 6886:2009. Próbki olejów ( $2,50 \pm 0,01$  g) odważono do naczynia pomiarowego i poddano działaniu powietrza o przepływie 20 l/h, w temperaturze 120°C. Wyniki wyrażono jako czas indukcji, który został automatycznie określony na podstawie punktu przegięcia krzywej z użyciem oprogramowania StabNet1.0, dostarczonego przez firmę.

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach, tylko wytrzymałość nasion na ściskanie powtórzono ośmiokrotnie. Następnie wyliczono średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe ( $\pm$ SD), wykorzystując aplikację Excel pakietu Microsoft Office 2013.

## Wyniki i dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono wyniki wybranych właściwości fizykochemicznych analizowanych nasion oraz wpływu tych parametrów na wydajność tłoczenia z nich oleju. Zawartość tłuszczu w surowcach była nieco zróżnicowana i mieściła się w przedziale od 27,76% dla nasion sezamu do 32,88% dla nasion słonecznika. Otrzymany wynik zawartości tłuszczu w nasionach słonecznika odbiegał od cytowanych w literaturze przez innych autorów [Płuciennik i in. 2010, Janda i in. 2014]. Znacznie wyższe wartości otrzymali Płuciennik i in. [2010] oraz Janda i Markowska-Szczupak [2014], wynosiły odpowiednio 47,9% oraz 56,16%.

Tabela 1. Średnie wartości właściwości badanych nasion oraz wydajność tłoczenia z nich oleju

Rodzaj surowca	Wilgotność ( $\pm$ SD) [%]	Zawartość tłuszczu ( $\pm$ SD) [%]	Siła ścisająca ( $\pm$ SD) [N]	Wydajność tłoczenia oleju [%]
Nasiona sezamu	$4,34 \pm 0,10$	$27,76 \pm 0,59$	$7,76 \pm 2,96$	48,38
Nasiona słonecznika	$3,81 \pm 0,10$	$32,88 \pm 0,64$	$90,79 \pm 4,79$	52,32

Wilgotność nasion słonecznika wynosiła 3,81%. Wartość ta była nieco niższa od uzyskanych przez Janda i Markowska-Szczupak [2014] (4,28%) oraz Hadanich i in. [2008] (4,5%). Z kolei z badań opublikowanych przez Płuciennik i in. [2010] wynika, że zawartość wody w nasionach jest prawie dwa razy większa (7,01%), przyczyną czego mogą być odmienne warunki uprawy lub przechowywania surowca. Objęte badaniami nasiona sezamu charakteryzowały się wilgotnością wynoszącą 4,34%.

Przedstawione wyniki pomiaru wytrzymałości nasion na ściskanie (tab. 1) wykazały duże zróżnicowanie. Siła ścisakająca potrzebna do zniszczenia struktury nasion słonecznika wynosiła 90,79 N, była znacznie wyższa od wartości otrzymanej dla nasion sezamu (7,76 N). Krajewska i in. [2016] w swoich badaniach uzyskali wyższe siły niszczące strukturę nasion sezamu i słonecznika, wynosiły odpowiednio 10,1 i 124,1 N. Obserwowane różnice pomiędzy surowcem wynikają przede wszystkim ze znacznego zróżnicowania wymiarów i kształtu nasion, budowy anatomicznej i składu chemicznego, w tym zawartości tłuszczu i wody [Stępniewski i in. 2003, Szot 2008].

Wydajności tłoczenia olejów z analizowanych nasion wykazały zróżnicowanie (tab. 1). Nieco wyższą wydajność uzyskano dla nasion słonecznika (52,32%), natomiast dla nasion sezamu 48,38%. Dla porównania, Mińkowski i in. [2014], tłocząc olej z nasion lnu, uzyskali wydajność tłoczenia równą 77,1 i 77,6%, przy wilgotności nasion odpowiednio 7,7 i 8,6%. Z kolei Wroniak i in. [2013] podczas tłoczenia oleju z nasion rzepaku o wilgotności 4,6% oraz 7,1% otrzymali wydajności bardziej zbliżone do naszych, wynosiły odpowiednio 50% i 53%. Oleje w cytowanej literaturze tłoczono w prasie ślimakowej, z wykorzystaniem dyszy o średnicy 6 mm. Przyczyną niższych wartości mogła być większa średnica dyszy w prasie ślimakowej, niższa wilgotność nasion bądź niższa temperatura procesu tłoczenia. Naukowcy twierdzą, że uzyskanie większej wydajności tłoczenia, wynoszącej nawet około 90%, jest możliwe przy tłoczeniu oleju w prasach ślimakowych w warunkach przemysłowych, natomiast na niedużych urządzeniach i w małej skali wynosi ona zazwyczaj 60–65%, rzadko przekracza 80%. Wartość tej cechy zależy w głównym stopniu od wyjściowej zawartości tłuszczu w nasionach. Badania naukowe dowodzą, że w celu zwiększenia wydajności procesu tłoczenia oleju należy analizowany surowiec poddać procesowi rozdrabniania lub podgrzewania [Górecka i in. 2003].

Tabela 2. Średnie wartości liczby kwasowej (LK), nadtlenkowej (LN) oraz czasu indukcji badanych olejów

Rodzaj oleju	LK ( $\pm$ SD) [mg KOH/g]	LN ( $\pm$ SD) [mmol O <sub>2</sub> /kg]	Czas indukcji ( $\pm$ SD) [h]
Z nasion sezamu	2,07 $\pm$ 0,06	5,23 $\pm$ 0,01	2,51 $\pm$ 0,10
Z nasion słonecznika	3,22 $\pm$ 0,02	6,70 $\pm$ 0,02	1,96 $\pm$ 0,08

W tabeli 2 przedstawiono wyniki wybranych oznaczeń chemicznych będących wskaźnikami jakości uzyskanych olejów. Liczba kwasowa w oleju z nasion słonecznika była równa 3,22 mg KOH/g, zaś w oleju z nasion sezamu wartość ta była niższa i wynosiła 2,07 5

Test Rancimat (tab. 2) wykazał stosunkowo niskie wartości analizowanych olejów, przy czym olej z nasion sezamu charakteryzował się dłuższym czasem indukcji (2,51 h) w porównaniu z olejem z nasion słonecznika (1,96 h). Badania przeprowadzone przez Wroniak i Łukasik [2007] oraz Wroniak i in. [2006] wykazały znacznie wyższe wartości stabilności oksydatywnej olejów, które wynosiły odpowiednio 3,9 h i 4,7 h (dla oleju

sezamowego) oraz 2,2 h i 3,1 h (dla oleju słonecznikowego). Z kolei zbliżony czas indukcji dla oleju słonecznikowego otrzymali w swoich badaniach Wroniak i Łubian [2008] (1,71 h) oraz Krygier i in. [1998] (1,85 h). Czynnikiem decydującym o trwałości badanych olejów może być tutaj duża ilość barwników chlorofilowych w oleju słonecznikowym, różny skład kwasów tłuszczowych (dużo kwasów wielonienasyconych), ale przede wszystkim wyższa zawartość nadtlenków [Krygier i in. 1998].

### Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań sformułowano następujące wnioski:

1. Zawartość tłuszczu w badanych surowcach jest nieco zróżnicowana. W nasionach sezamu wynosi 27,76%, natomiast w nasionach słonecznika 32,88%.
2. Pomiary wilgotności badanych nasion są do siebie zbliżone. Nasiona słonecznika charakteryzują się wilgotnością równą 3,81%, zaś sezamu 4,34%.
3. Wydajność tłoczenia oleju z nasion objętych badaniami jest zróżnicowana, wynosi 48,38% dla nasion sezamu i 52,32% dla nasion słonecznika.
4. Oleje uzyskane z nasion sezamu i słonecznika spełniają normy jakościowe pod względem wartości liczby kwasowej ( $LK \leq 4 \text{ mg KOH/g}$ ) i nadtlenkowej ( $LN \leq 15 \text{ mmol O}_2/\text{kg}$ ).
5. Spośród analizowanych olejów wyższą stabilność wykazuje olej sezamowy. Czas indukcji tego oleju wynosi 2,51 h, podczas gdy oleju słonecznikowego 1,96 h.

### Bibliografia

- Abou-Gharbia H.A., Shehata A.A.Y., Shahidi F., 2000. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Res. Int.* 33(5), 331–340, [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00052-1)
- Bopitiya D., Madhujith T., 2013. Antioxidant activity and total phenolic content of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil. *Tropic. Agric. Res.* 24(3), 296–302.
- Celenk V.U., Gumus Z.P., Argon Z.U. i in., 2018. Analysis of chemical compositions of 15 different cold-pressed oils produced in Turkey: a case study of tocopherol and fatty acid analysis. *J. Turkish Chem. Soc., A, Chem.* 5(1), 1–18, <https://doi.org/10.18596/jotcsa.335012>
- Codex Alimentarius Commission: Fats, oils & related products by codex alimentarius commission-codex standard for edible fats and oils not covered by individual standards (CODEX STAN 19-1981, Rev. 2-999).
- Górecka A., Wroniak M., Krygier K., 2003. Wpływ ogrzewania nasion rzepaku na jakość wyłoczonego oleju. *Rośl. Oleiste* 24(2), 567–576.
- Hadanich D., Juhasz-Roman M., Nagy B., 2008. The effect of microorganisms deteriorating quality in storing sunflower seed. *Acta Aliment.* 37(1), 77–86, <https://doi.org/10.1556/aa-lim.37.2008.1.7>
- Janda K., Markowska-Szczupak A., 2014. Correlation between some qualitative features of sunflower seeds and occurrence of fungi. *Folia Pomeran. Univ. Technol. Stetin., Agric. Aliment. Pisc. Zootech.* 309(29), 59–66.

- Kiralan M., Çalik G., Kiralan S. i in., 2018. Monitoring stability and volatile oxidation compounds of cold-pressed flax seed, grape seed, and black cumin seed oils upon photo-oxidation. *J. Food Measur. Character.* 12, 616–621, <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9674-3>
- Krajewska M., Ślaska-Grzywna B., Andrejko D., 2016. Physical properties of seeds of the selected oil plants. *Agric. Eng.* 20(1), 69–77, <https://doi.org/10.1515/agriceng-2016-0007>
- Krygier K., Wroniak M., Dobczyński K. i in., 1998. Charakterystyka wybranych rynkowych olejów roślinnych tłoczonych na zimno. *Rośl. Oleiste* 19(2), 573–582.
- Maniak B., Zdybel B., Bogdanowicz M. i in., 2012. Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych olejów roślinnych produkowanych na ziemi lubelskiej. *Inż. Rol.* 16(3), 101–107.
- Mińkowski K., Kalinowski A., Krupska A., 2014. Wpływ sposobu przygotowania nasion oraz dławienia masy nasiennej w prasie ślimakowej na parametry procesu tłoczenia i cechy jakościowe oleju lnianego. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 4(95), 75–87, <https://doi.org/10.15193/ZNTJ/2014/95/075-087>
- Pluciennik E., Kita A., Figiel A., 2010. Wpływ temperatury prażenia na właściwości nasion słonecznika. *Rośl. Oleiste* 31(1), 133–144.
- PN-EN ISO 3960:2012, Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego.
- PN-EN ISO 660:2010, Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- PN-ISO 6886:2009, Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie stabilności oksydacyjnej (Test przyspieszonego utleniania).
- Salas J.J., Bootello M.A., Garcés, R., 2015. Food uses of sunflower oils. W: E. Martínez-Force, N.T. Dunford, J.J. Salas (eds), *Sunflower*. AOCS Press, 441–464, <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50020-9>
- Škorić D., Jocić S., Sakač Z. i in., 2008. Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Canadian J. Physiol. Pharmacol.* 86(4), 215–221, <https://doi.org/10.1139/Y08-008>
- Stępniewski A., Szot B., Sosnowski S., 2003. Uszkodzenia nasion rzepaku w pozbiorowym procesie obróbki. *Acta Agrophysica* 2(1), 195–203.
- Szot B., 2008. Ocena podstawowych właściwości fizycznych nasion rzepaku jarego. *Acta Agrophys.* 12(1), 191–205.
- Wirkowska M., Bryś J., Ratusz K. i in., 2006. Stabilność przeciwutleniająca lipidów kukurydzy. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 2(13), 358–364.
- Wroniak M., Kwiatkowska M., Krygier K., 2006. Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 13(2), 46–58.
- Wroniak M., Łubian M., 2008. Ocena stabilności oksydacyjnej olejów rzepakowego i słonecznikowego tłoczonych na zimno z dodatkiem ekstraktu z oregano w teście Rancimat i termostatowym. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 15(4), 80–89.
- Wroniak M., Łukasik D., 2007. Ocena stabilności oksydacyjnej wybranych olejów spożywczych tłoczonych na zimno. *Rośl. Oleiste* 28(2), 303–317.
- Wroniak M., Ptaszek A., Ratusz K., 2013. Ocena wpływu warunków tłoczenia w prasie ślimakowej na jakość i skład chemiczny olejów rzepakowych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 20(1), 92–104.
- Zielińska A., Nowak I., 2014. Kwasy tłuszczowe w olejach roślinnych i ich znaczenie w kosmetyce. *Chemik* 68(2), 103–110.
- Zychnowska M., Pietrzak M., Krygier K., 2013. Porównanie jakości oleju rzepakowego tłoczonego na zimno i rafinowanego. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.* 575, 131–138.

## Krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.) jako lukratywny surowiec kosmetyczny i farmakologiczny

Yarrow (*Achillea millefolium* L.) as a lucrative cosmetic and pharmacological raw material

### Wstęp

Krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.) to wieloletnia roślina zielna należąca do rodziny astrowate (*Asteraceae* Dum.) [Pytko-Polończyk i Muszyńska 2016]. Gatunek ten powszechnie występuje w zbiorowiskach synantropijnych, na łąkach, przydrożach, ugorach, pastwiskach [Bączek i in. 2013]. *Achillea millefolium* stosowany był w medycynie ludowej, najczęściej jako środek pomocny w gojeniu ran. Wykorzystywano go między innymi w Pakistanie, Iranie, Turcji, Chinach oraz krajach europejskich [Strzępek-Gomółka i in. 2021].

Wśród substancji aktywnych zawartych w ziele krwawnika występują duże ilości olejków eterycznych i nasyconych kwasów tłuszczowych. Olejek eteryczny zawiera w swoim składzie między innymi chamazulen, bisabolol, limonen czy kamforę [Bączek i in. 2013]. Alkoholowe oraz wodno-alkoholowe ekstrakty z krwawnika działają na skórę rozjaśniająco, przeciwzapalne i odmładzająco, są silnymi przeciwutleniaczami i ułatwiają gojenie ran. [Gawel-Bęben i in. 2020]. *Achillea millefolium* wykorzystywany jest w przypadku nadmiernej tworzenia się zaskórników oraz przebarwień potrądzikowych. Stosowanie krwawnika pospolitego chroni przed uszkodzeniami oksydacyjnymi wywołanymi przez H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> w ludzkich erytrocytach i leukocytach [Ijaz i in. 2020].

Celem niniejszej pracy była analiza literatury na temat zastosowania krwawnika pospolitego w kosmologii oraz farmakologii. Przedstawiono także aspekt historyczny. Scharakteryzowano poszczególne składniki, a także sposoby ich pozyskiwania.

### Aspekt historyczny wykorzystania *Achillea millefolium*

Jak podaje Bernath i Nemeth [2008], nazwa rodzajowa *Achillea* związana jest prawdopodobnie z legendarnym herosem greckim o imieniu Achilles. Bohater wojny trojańskiej stosował ziele krwawnika w celu leczenia okaleczeń doznawanych podczas bitew. Natomiast gatunkowa nazwa *millefolium* jest określeniem motywowanym specyficzną

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologów, Sekcja Biokosmologii, elizawargala@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin

budową blaszki liściowej, która charakteryzuje się wielosiecznymi wcięciami. Polska nazwa rodzajowa, według Waniakowej [2012], odnosi się do właściwości leczniczych krwawnika. Już przed wiekami wiadano, że bylina potrafi pomóc w zatamowaniu krwotoku, a także problemach menstruacyjnych. Istnieją również inne nazwy nawiązujące do tej właściwości, czego przykładem może być nazewnictwo pochodzenia niemieckiego: krwawe ziele, krwawy korzeń.

Dane etnobotaniczne wskazują, że krwawnik pospolity od wieków znajdował zastosowanie w różnych dziedzinach życia (np. lecznictwie, kulinariach, jako ziele magiczne, religijne) na całym świecie. Świeże lub suszone ziele oraz świeżo wyciśnięty sok z liści tej rośliny były stosowane w tradycyjnej medycynie europejskiej do zatrzymywania krwawienia i wspomagania gojenia drobnych ran i owrzodzeń. Macerat oleju *A. millefolium* przygotowywany poprzez 3-godziną macerację świeżego lub suszonego ziele w oleju roślinnym zalecany był do leczenia stanów zapalnych skóry lub jako ochrona przed poparzeniami słonecznymi. Suszone nadziemne części krwawnika pospolitego wykorzystywane były jako surowiec do sporządzania wodnych i alkoholowych ekstraktów stosowanych zewnętrznie w postaci okładów lub kąpeli do leczenia stanów zapalnych skóry i błon śluzowych [Strzępek-Gomółka i in. 2021]. W medycynie europejskiej stosowano także wodne i alkoholowe wyciągi z tej rośliny. Rozdrobnione liście *A. millefolium* używane były do leczenia siniaków, wrzodów i ran. Kąpiele z naparami ziołowymi zalecano jako lekarstwo na reumatyzm i wyczerpanie psychiczne [Nowak i in. 2010].

Krwawnik pospolity wykorzystywany był w medycynie ludowej w Pakistanie oraz Iranie jako środek wspomagający gojenie ran. Podobne zastosowanie znalazł we Włoszech i w Turcji. W tradycyjnej medycynie Indii znalazł zastosowanie w postaci balsamów i maści w leczeniu stanów zapalnych i bólu ran, skaleczeniach czy otarciach. Tradycyjna medycyna chińska wykorzystuje *A. millefolium* jako środek przeciwkrwotoczny, gojący rany oraz jako skuteczny środek kosmetyczny łagodzący odparzenia, choroby skóry, ukąszenia węży i żyłaki [Strzępek-Gomółka i in. 2021]. W Szwecji młode liście były używane jako zamiennik chmielu lub tytoniu. Benedyktyni z Andechs zalecali stosowanie liści krwawnika pospolitego jako dodatku do sałatek, zup, sosów, twarogów i masel ziołowych. Ziele to było również wykorzystywane w gospodarstwach domowych jako pokarm dla bydła oraz drobiu [Nowak i in. 2010]. Został on opisany w XVIII-wiecznym polskim podręczniku medycznym „Compendium medicum auctum” jako naturalny środek leczniczy pomagający na choroby skóry [Drobnik i Bacler 2009]. Istnieje wiele dowodów na to, że krwawnik pospolity był uznawany za świętą roślinę w czasach prehistorycznych [Ijaz i in. 2020].

### **Charakterystyka krwawnika pospolitego**

Krwawnik pospolity to gatunek powszechnie występujący na otwartej przestrzeni oraz uprawny, między innymi na terenach Polski [Dajdok i Dostatny 2020]. Spotkać go można w różnych siedliskach, najczęściej suchych łąkach, skrajach dróg, ugorach, pastwiskach oraz w pobliżu lasów [Alberski i in. 2009, Dąbkowska 2013]. Roślina ta pochodzi z Europy i Azji Zachodniej, jednakże rozprzestrzeniona została na większości terenów klimatu umiarkowanego, np. w Ameryce Północnej [Ali i in. 2017]. Krwawnik

pospolity najlepiej plonuje na glebach urodzajnych, nieznacznie wilgotnych, piaszczysto-gliniastych i gliniastych [Dajdok i Dostatny 2020]. Korzenie, które mogą sięgać aż do 20 cm w głąb, umożliwiają mu przetrwanie na suchej i mało żyznej glebie. Optymalny zakres pH dla wzrostu tej byliny mieści się między 4,7 a 8,0. Optimum kiełkowania wynosi od 18°C do 24°C [Ijaz i in. 2020]. *Achillea millefolium* charakteryzuje się wysokim polimorfizmem i obejmuje wiele podgatunków różniących się pod względem składu chemicznego, budowy morfologicznej i poziomu ploidalności [Benedek i Kopp 2007]. Charakterystyczna dla tej rośliny jest gorzka i swoista woń [Bączek i in. 2017]. *Achillea millefolium* sięga do około 50 cm wysokości i tworzy liczne rozłogi oraz korzenie. Różnie owłosione i pierzaste liście rozwijają się do długości 5–20 cm. Okalają esowato łodygę, głównie na środku i w jej dolnej części [Ali i in. 2017]. Kwiaty *A. millefolium* przyjmują najczęściej barwę białą, jednak spotykana jest także różowa oraz jasnofioletowa. Kwiatostany – koszyczki zebrane są na szczytach pędów w baldachogrono. Koszyczki mają średnicę od 3 do 5 cm i składają się z brzeźnie usytuowanych 3–5 kwiatów języczkowatych oraz kilkunastu kwiatów rurkowatych położonych w części środkowej. Owocami tego gatunku są wydłużone, spłaszczone, błyszczące niełupki, bez puchu kielichowego, o wielkości 2 mm [Ali i in. 2017, Ijaz i in. 2020]. Kwitnienie krwawnika pospolitego zazwyczaj rozpoczyna się w czerwcu i trwa do października. Niezdrewniałe, ulistnione części pędów oraz kwiatostany są ścinane od razu po rozkwitnięciu, w miejscach z odpowiednim dostępem do słońca [Nowak i in. 2010].

Ziele oraz kwiatostan krwawnika są cennymi surowcami, które znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach. Kompozycja jakościowa i ilościowa, zwłaszcza zawartość związków fenolowych w surowcu, stanowią o jego jakości oraz właściwościach. Należy jednak podkreślić, że cechy jakościowe surowca są zmienne i zależne od jego pochodzenia [Bączek i in. 2013]. W przypadku kwiatostanów na wartość surowca bardzo istotny wpływ ma termin zbioru. W fazie przekwitania surowiec jest bezużyteczny. Poleca się do zbioru używanie odpowiednich narzędzi, by uszkodzenia surowca były jak najmniejsze, a korzenie pozostały w glebie. Wówczas z odrostów można dokonać ponownego zbioru ziela. Wydajność stanowisk dla tego gatunku wynosi około 0,3–1,0 kg s.m./10 m<sup>2</sup> [Bączek i in. 2017]. Zbioru najlepiej dokonywać w słoneczne dni, kiedy nie ma deszczu. Istotne są warunki suszenia i przechowywania zebranych materiałów. Suszenie surowca powinno odbywać się w miejscach przewiewnych, zacienionych, ponieważ działanie promieni słonecznych obniża jego jakość [Ijaz i in. 2020].

### **Substancje biologicznie czynne**

Surowce krwawnika pospolitego są źródłem wielu związków biologicznie czynnych. Wśród nich znajdują się olejki eteryczne o zielonkawej lub ciemnoniebieskiej barwie oraz ostrej woni. Pigmentacja spowodowana jest obecnością azulenu. Olejek z krwawnika pospolitego jest korzystniejszym cenowo zamiennikiem olejku rumiankowego. Rozpuszcza się w 90-procentowym etanolu (stosunek objętościowy 1:1) [Nowak i in. 2010]. Analizy chemiczne wykazały, że w składzie olejku eterycznego znajduje się między innymi chamazulen, bisabolol, limonen, 1,8-cyneol, β-pinen, borneol, sabinen, nerolidol i kamfora [Bączek i in. 2015, Bączek i in. 2017]. Zawartość tych substancji jest

zmienna i wykazuje duże różnice w proporcjach, co związane jest z dużym zróżnicowaniem fenotypowym. Osobniki o białych kwiatach charakteryzują się dwukrotnie wyższą zawartością olejków eterycznych w porównaniu do roślin wytwarzających kwiaty różowe. Zawartość flawonoidów wykazuje natomiast wyższe stężenie w odmianach o kwiatach różowych [Ijaz i in. 2020, Bimbiraite i in. 2009].

Olejki eteryczne pozyskuje się z roślin poprzez destylację z parą wodną, głównie z kwiatostanów. Zawartość oleju w świeżych kwiatach wynosi około 0,25%, a w wysuszonych do 0,6%. Ponadto zbadano różnicę ilości oleju w ziele roślin uprawianych w różnych państwach. Hodowane w Austrii charakteryzują się zawartością oleju do 5,88%, w Niemczech do 5,65%, natomiast w Polsce wynosi ona ok. 2% [Nowak i in. 2010].

Ziele i kwiatostany są bogate w związki fenolowe, wśród których wyróżnia się garbniki, flawonoidy i kwasy fenolowe. Dominujące pośród flawonoidów są pochodne luteoliny i apigeniny. Wśród kwasów fenolowych wyróżnia się m.in. kwasy dikawoilochinowe i kwas chlorogenowy. W ziele znajdują się również laktony seskwiterpenowe. Przykładami takich laktonów są: germakranolidy, eudesmanolidy, gwajanolidy i pochodne longpinenu [Bączek i in. 2015]. Ponieważ *A. millefolium* zawiera duże ilości olejków i nasyconych kwasów tłuszczowych, jego kaloryczność jest dość wysoka. Ponadto ziele jest doskonałym źródłem witamin, szczególnie witaminy C, oraz minerałów, wśród których można wymienić miedź, potas, kobalt, aluminium i sole wapnia. Krwawnik rosnący spontanicznie zawiera więcej węglowodanów, nienasyconych kwasów tłuszczowych i związków fenolowych niż pochodzący z uprawy. Charakterystycznymi związkami dla *A. millefolium* są także kwas izowalerianowy, kwas salicylowy, asparagina, sterole [Ijaz i in. 2020]. Bernath i Nemeth [2008] stwierdzili obecność między innymi alkamidów oraz poliacylenów, głównie w podziemnych częściach rośliny.

### Wykorzystanie krwawnika pospolitego w przemyśle kosmetycznym

Ekstrakt ziołowy oraz olej z krwawnika są częstymi składnikami receptur kosmetyków. Cynk, jako jeden z mikroelementów obecnych w krwawniku, odgrywa kluczową rolę w leczeniu stanów zapalnych skóry, takich jak liszaje czy trądzik. Ziele krwawnika może być również stosowane w emulsjach i kremach do cery tłustej i mieszanej oraz w szamponach do włosów przetłuszczających się i przeciw wypadaniu włosów. Maseczka do twarzy wykonana z ziela krwawnika działa zmiękczająco, oczyszczająco, wybielająco, przeciwzapalnie oraz matująco na cerę [Nowak i in. 2010]. Stosowanie ekstraktów z tej rośliny zalecane jest dla cery wrażliwej z objawami czuciowymi, takimi jak pieczenie, kłucie, mrowienie pod wpływem różnych czynników zewnętrznych, m.in. zimna, ciepła, wody, wiatru, zanieczyszczeń, promieniowania UV czy stosowania nieodpowiednich kosmetyków. Niekiedy tym subiektywnym objawom towarzyszy także rumień. Kosmetyki zawierające krwawnik pospolity stosowane są w celu łagodzenia podrażnień. Ekstrakt z kwiatów *A. millefolium* jest humektantem i antyoksydantem [Strzępek-Gomółka i in. 2021]. Ostatnie badania wykazały, że alkoholowe oraz wodno-



-alkoholowe ekstrakty z krwawnika posiadają silne właściwości przeciwutleniające, rozjaśniające skórę, przeciwzapalne i odmładzające, ułatwiają gojenie ran [Gawel-Bęben i in. 2020].

*Achillea millefolium* stosowany jest przy nadmiernym tworzeniu się zaskórników oraz w przebarwieniach potrądzikowych. Roślina ta wykazuje działanie zwężające rozszerzone pory. Wykorzystuje się ją do przygotowywania gorących kompresów oraz kąpieli [Ijaz i in. 2020]. Ekstrakty z krwawnika pospolitego działają silnie przeciwdrobnoustrojowo, hamują rozwój patogenów odpowiedzialnych za wywoływanie infekcji skóry, w tym *Staphylococcus aureus* (gronkowiec złocisty), a także *Pseudomonas aeruginosa* (pałeczka ropy błękitnej), który jest odporny na działanie większości ekstraktów roślinnych. Ta potencjalna właściwość ekstraktów z krwawnika pospolitego powinna być szerzej wykorzystywana w formułacjach kosmetyków o działaniu przeciwbakteryjnym, a także jako naturalnego konserwantu preparatów kosmetycznych [Strzępek-Gomółka i in. 2021]. Dodatkowo Guz i in. [2019] wykazali znaczną aktywność przeciwbakteryjną ekstraktów z krwawnika przeciwko *Babesia canis* wywołującemu chorobę pasożytniczą – babeszjozę. Kliniczne zastosowania tych ekstraktów wymaga jednak dalszych badań.

Pierwotne zastosowanie preparatów zawierających w składzie krwawnik pospolity powinno być poprzedzone próbą alergiczną, szczególnie u osób wrażliwych, ponieważ rośliny z rodziny *Asteraceae* wykazują duży potencjał alergizujący [Denisow-Pietrzyk i in. 2019].

### Wykorzystanie krwawnika pospolitego w przemyśle farmakologicznym

Krwawnik pospolity jest rośliną leczniczą o wielu zastosowaniach farmaceutycznych. Od wieków jest wykorzystywany w leczeniu różnych chorób, w tym malarii, zapalenia wątroby i żółtaczk [Akram 2013]. Ze względu na swoje właściwości ziele krwawnika pospolitego jest często wykorzystywane w łagodzeniu dolegliwości ze strony układu pokarmowego. Wykazano, że działa przeciwzapalnie i przeciwskurczowo, przyspiesza gojenie się ran i owrzodzeń. Roślina ta jest także przydatna w leczeniu zespołu jelita nadwrażliwego [Gałęcka 2020]. Polecana jest również przy takich objawach jak brak apetytu, niestrawność, wzdęcia, kurczowe bóle żołądka i jelit oraz w celu zwiększenia wydzielania i produkcji żółci [Lamer-Zarawska i Niedworok 2013]. Wykorzystanie w medycynie alternatywnej krwawnika pospolitego związane jest z udowodnionymi zdolnościami hamowania drobnych krwawień z uszkodzonych naczyń włosowatych błony śluzowej żołądka. Ponadto roślina ta wykazuje zdolność rozluźniania mięśni gładkich jelit oraz usprawnia wydzielanie soku żołądkowego, co wspomaga trawienie. U pacjentów wrażliwych na czynniki alergiczne poprawia tolerancję pokarmu [Nowak i in. 2010]. *Achillea millefolium* wykazał działanie ochronne przed uszkodzeniami oksydacyjnymi wywołanymi przez H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> w ludzkich erytrocytach i leukocytach, przeciwbakteryjne i przeciwprzewodniakowe [Guz i in. 2019]. *Achillea millefolium* jest powszechnie przepisywany w leczeniu chorób wątroby jako środek przeciwzapalny i działający ochronnie na wątrobę [Akram 2013]. W ginekologii krwawnik pospolity stosowany jest przede wszystkim w zaburzeniach miesiączkowania, takich jak np. stany skurczowe narządów w obrębie

miednicy mniejszej oraz bolesnej menstruacji. Wyciągi z surowca można stosować zewnętrznie w przypadku stanów zapalnych skóry i błon śluzowych [Lamer-Zarawska i Niedworok 2013]. *Achillea millefolium* jest także polecany osobom cierpiącym na artretyzm oraz reumatyzm ze względu na to, że odgrywa istotną rolę w usprawnianiu krążenia krwi. Poprawia on działanie obwodowego układu krążenia poprzez rozszerzanie naczyń krwionośnych. Wymieniany jest wśród ziół o dużym potencjale przeciwgorączkowym, ponieważ powoduje wytworzenie potu chłodzącego ciało [Ijaz i in. 2020].

Bogaty skład chemiczny surowców z krwawnika pospolitego sprawia, że polecany jest w leczeniu objawowym różnych jednostek chorobowych, np. przy hemoroidach, bólach głowy, stłuczeniach, kaszlu, grypie, zapaleniu płuc, wysokim ciśnieniu krwi, gorączce, reumatoidalnym zapaleniu stawów, dnie moczanowej, chorobie zwyrodnieniowej stawów, zaburzeniach krwotocznych czy zapaleniu pęcherza moczowego [Akram 2013]. Badania *in vivo* z udziałem myszy wykazały przeciwcukrzycowe działanie ekstraktu wodno-alkoholowego z krwawnika. Charakteryzuje się on wielokierunkowym działaniem, między innymi przeciwhiperglukemicznym, potencjalnie uwrażliwiającym na insulinę oraz hipoglikemicznym [Chávez-Silva i in. 2017]. W innym badaniu *in vivo* z udziałem szczurów stwierdzono znaczny spadek masy ciała zwierząt chorych na cukrzycę po podaniu tego typu ekstraktu z *Achillea millefolium* [Rezaei i in. 2020].

Krwawnik pospolity stanowi częsty składnik różnego rodzaju mieszanek ziołowych i preparatów. Jest on obecny na przykład w mieszance Sklerosan (Herbapol Łódź) czy płynie doustnym Artecholin (Phytopharm Kłęka). Na polskim rynku można dokonać zakupu ziela oraz kwiatu krwawnika od różnych producentów m.in. Planteon [Lamer-Zarawska i Niedworok 2013].

## Podsumowanie

Krwawnik pospolity, roślina o bogatej historii etnobotanicznej, aktualnie znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle kosmetycznym i farmakologicznym. Udowodniono, że substancje biologicznie czynne zawarte w ziele i kwiatostanach poprawiają stan skóry oraz włosów. Krwawnik pospolity jest uniwersalnym surowcem leczniczym, stosowanym zarówno zewnętrznie, jak i wewnętrznie. Wykorzystywany jest w leczeniu chorób układu pokarmowego czy rozrodczego. Stosowany jest także jako środek na gojenie się ran. *Achillea millefolium* wykazał działanie ochronne przed uszkodzeniami oksydacyjnymi wywołanymi przez  $H_2O_2$  w ludzkich erytrocytach i leukocytach, przeciwbakteryjne i przeciwpierwotniakowe. Kwiaty i liście mogą być stosowane w leczeniu ran, owrzodzeń, biegunek, urazów skóry, zaburzeń żołądkowo-jelitowych, grypy, gorączki i infekcji dróg moczowych. Ekstrakty z krwawnika hamują również rozwój patogenów (np. gronkowca złocistego). Wiele efektów leczniczych rośliny nie zostało jeszcze naukowo udowodnionych. Istnieje zatem konieczność prowadzenia dalszych badań w celu wyjaśnienia dokładnych mechanizmów leżących u podstaw niektórych z właściwości farmakologicznych.

## Bibliografia

- Akram M., 2013. Minireview on *Achillea millefolium* Linn. J. Membrane Biol. 246(9), 661–663, <https://doi.org/10.1007/s00232-013-9588-x>
- Alberski J., Grzegorzczak S., Kozikowski A., Olszewska M., 2009. Habitat Occurrence and Nutrition Value of *Achillea millefolium* L. in Grasslands. J. Elem. 14(3), 429–436.
- Ali S. I., Gopalakrishnan B., Venkatesalu V., 2017. Pharmacognosy, phytochemistry and pharmacological properties of *Achillea millefolium* L.: A review. Phytother. Res. 31(8), 1140–1161, <https://doi.org/10.1002/ptr.5840>
- Bączek K., Ejdyssi M., Kosakowska O. i in., 2015. Intraspecific variability of yarrow (*Achillea millefolium* L. s.l.) in respect of developmental and chemical traits. Herba Pol. 61(3), 37–52, <https://doi.org/10.1515/hepo-2015-0021>
- Bączek K., Kosakowska O., Kuczerenko A. i in., 2013. Zróżnicowanie chemiczne dziko rosnących populacji krwawnika pospolitego (*Achillea millefolium* L.). Pol. J. Agron. 15, 89–94.
- Bączek K., Kosakowska O., Pióro-Jabruka E. i in., 2017. Warzywnictwo, w tym uprawa ziół, metodami ekologicznymi – badania w zakresie określenia źródeł oraz przyczyn niezamierzonego występowania w produktach ekologicznych środków niedopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Określenie dobrych praktyk, standardów postępowania, opracowanie przewodnika oraz wytycznych w zakresie przeciwdziałania takim przypadkom. SGGW, Warszawa, 164–220.
- Benedek B., Kopp B., 2007. *Achillea millefolium* L. s.l. revisited: recent findings confirm the traditional use. Wien. Med. Wochenschr. 157(13–14), <https://doi.org/10.1007/s10354-007-0431-9>
- Bernath J., Nemeth E., 2008. Biological activities of yarrow species (*Achillea* spp.). Curr. Pharm. Des. 14(29), 3151–3167, <https://doi.org/10.2174/138161208786404281>
- Bimbiraite K., Kornysova O., Maruska A. i in., 2009. Comparison of the chemical composition of four yarrow (*Achillea millefolium* L.) morphotypes. Biologija 54(3), 208–212, <https://doi.org/10.2478/v10054-008-0046-0>
- Chávez-Silva F., Cerón-Romero L., Arias-Durán L. i in., 2017. Antidiabetic effect of *Achillea millefolium* through multitarget interactions:  $\alpha$ -glucosidases inhibition, insulin sensitization and insulin secretagogue activities. JEP11059. 5–23, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.10.005>
- Dajdok Z., Dostatny D.F., 2020. Dzikie gatunki pokrewne roślinom uprawnym występujące w Polsce. Lista, zasoby i zagrożenia. W: F. Denise, Z. Dajdok (red.), Wyd. Kontekst, Radzików-Poznań, 258–259.
- Dąbkowska T., 2013. Charakterystyka wybranych gatunków ziół i chwastów użytków zielonych. Trwale Użytki Zielone w Gospodarstwie Ekologicznym. UWM, Olsztyn, 85–114.
- Denisow-Pietrzyk M., Pietrzyk Ł., Denisow B., 2019. Asteraceae species as potential environmental factors of allergy. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 26(7), 6290–6300, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04146-w>
- Drobnik J., Bacler B., 2009. Medicinal plants in an 18th-century polish medical guide compendium medicum auctum. Part 2. Ann. Acad. Med. Siles. 63, 51–65.
- Gałęcka M., 2020. Zespół jelita nadwrażliwego. W: M. Gałęcka (red.), PZWL, Warszawa, 116–117.
- Gawel-Bęben K., Strzepak-Gomółka M., Czop M. i in., 2020. *Achillea millefolium* L. and *Achillea biebersteinii* Afan. Hydroglycolic extracts – bioactive ingredients for cosmetic use. Molecules 25(20), 3368, 1–18, <https://doi.org/10.3390/molecules25153368>
- Guz L., Adaszek L., Wawrzykowski J. i in., 2019. *In vitro* antioxidant and antibabesial activities of the extracts of *Achillea millefolium*. Pol. J. Vet. Sci. 22(2), 369–376, <https://doi.org/10.24425/pjvs.2019.129230>
- Ijaz F., Nawaz H., Hanif M. A. i in., 2020. Yarrow. Medicinal plants of South Asia. Elsevier. 685–697, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102659-5.00050-1>

- Lamer-Zarawska E., Kowal-Gierczak B., Niedworok J., 2013. Fitoterapia i leki roślinne. W: B. Kowal-Gier, E. Lamer-Zarawska (red.), PZWL, Warszawa, 299–300.
- Nowak K., Ogonowski J., Szulc K., 2010. Application and characteristics of *Achillea millefolium* and its oil. *Chemik* 64(2), 103–110.
- Pytko-Polończyk J., Muszyńska B., 2016. Natural Products in Dentistry. *Med. Int. Rev.* 107(27), 71.
- Rezaei S., Ashkar F., Koohpeyma F. i in., 2020. Hydroalcoholic Extract of *Achillea millefolium* improved blood glucose, liver enzymes and lipid profile compared to metformin in streptozotocin-induced diabetic rats. *Lipids. Health. Dis.* 19(81), 2–6, <https://doi.org/10.1186/s12944-020-01228-4>
- Strzępek-Gomółka M., Gawel-Bęben K., Kukula-Koch W., 2021. *Achillea* species as sources of active phytochemicals for dermatological and cosmetic applications. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2021, 1–11, <https://doi.org/10.1155/2021/6643827>
- Waniakowa J., 2012. Polskie gwarowe nazwy dziko rosnących roślin zielnych na tle słowiańskim. W: J. Siatkowski, J. Reichan (red.), WUJ, Kraków, 177–204.

## Hodowla *in vitro* mięsa – szanse i zagrożenia

*In vitro* meat breeding – achievements and threats

### Wstęp

Termin „mięso hodowlane”, znany jest również w literaturze pod nazwą „mięso *in vitro*”, „mięso z probówki” lub „mięso hodowane w laboratorium”. Definicje te odnoszą się do mięsa wyprodukowanego bez udziału zwierząt technologią inżynierii tkankowej [Stephens i in. 2018, Tiberius i in. 2019]. Innowacyjność tego podejścia polega na produkcji mięsa poprzez hodowlę tkanek mięśniowych zwierząt *in vitro* jako alternatywy do hodowli całych zwierząt w celu uzyskania surowca (mięsa) zwierzęcego do spożycia. Proces hodowli komórek (lub tkanek) można przeprowadzić do produkcji jadalnych mięśni zwierzęcych, wykorzystując do tego celu niewielkie ilości komórek zdolnych do proliferacji aż do otrzymania dużej masy komórek mięśniowych lub tkanki. W teorii otrzymany produkt powinien spełniać te same cechy funkcjonalne, odżywcze oraz organoleptyczne jak konwencjonalne mięso. Jednak nadal pozostaje pytanie, czy w sposób ekonomiczny oraz bezpieczny (dla zdrowia konsumentów, ale i środowiska) uda się przenieść produkcję w skali laboratoryjnej do skali przemysłowej. W przemyśle biotechnologicznym (realizującym zagadnienia inżynierii tkankowych) powszechnie uznaje się, że im bardziej niszowy produkt, tym jego cena jest wyższa. Na dzień dzisiejszy większość produktów pochodzących z kultur komórek ssaków to produkty o wysokiej wartości i niewielkich ilościach, np. środki lecznicze i farmaceutyczne. Z drugiej strony bioreaktorowa produkcja środków opartych na fermentacji mikrobiologicznej, takich jak dodatki do żywności, jest dość powszechna i znalazły one swoje uzasadnienie ekonomiczne. Niestety, aby hodowane *in vitro* mięso – jako towar dostępny na dużą skalę – mógł skutecznie konkurować z konwencjonalnym źródłem surowca mięsnego musi sprostać wielu wyzwaniom prawnym, inżynieryjnym, etycznym czy kulturowym. Stanowią one niewątpliwie istotny czynnik hamujący rozwój tej nowej gałęzi przemysłu. Celem niniejszego przeglądu jest przybliżenie strategii otrzymywania mięsa *in vitro*. W pracy skupiono się na charakterystyce hodowli *in vitro* mięsa i podsumowano obecne wyzwania technologiczne związane z produkcją „mięsa z probówki”.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności, paulina.keska@up.lublin.pl

## Przegląd literatury

Mięso konsumpcyjne tradycyjnie pozyskiwane jest ze zwierząt hodowanych, podawanych ubojowi celem pozyskania elementów kulinarnych. Jednak ograniczone zasoby ziemi i negatywne postrzeganie uboju zwierząt zachęcają naukowców do opracowywania innowacyjnych technik produkcji mięsa bez chowu zwierząt. Rozwiązaniem proponowanym przez naukowców jest technologia hodowli tkankowych zwierząt. W świecie nauki jest to dobrze znana metoda, zaś początek jej rozwoju datowany jest na lata 90. XX wieku [Ebeling 1914]. Kiedyś metoda ta była wykorzystywana głównie do badania proliferacji i metabolizmu komórek. Obecnie badania inżynierii tkanek zwierzęcych znajdują zastosowanie w naukach biologicznych i medycznych, np. w medycynie regeneracyjnej do wspomagania procesów gojenia ran, w opracowywaniu leków i w badaniach toksykologicznych. Współcześnie hodowane *in vitro* mięso stało się propozycją także dla przemysłu mięsnego jako technologia przełomowa. W świecie nauki uznano ją za potencjalne rozwiązanie negatywnych efektów konwencjonalnej hodowli zwierząt rzeźnych, w tym złagodzenia problemów związanych ze zmianami klimatycznymi, zanieczyszczeniem środowiska oraz postępującym rozwojem gospodarczym i związanym z nim konsumpcjonizmem. Istotne obiekcje pod tym względem rodzi sektor przemysłowej hodowli zwierząt rzeźnych. Organizacja Narodów Zjednoczonych uznaje produkcję mięsa i produktów odzwierzęcych jako jedno z największych źródeł zużycia wody oraz emisji gazów cieplarnianych. Z drugiej strony przemysłowa hodowla zwierząt budzi wątpliwości o charakterze etycznym, związanych między innymi ze złym dobrostanem zwierząt, jak i z samym ich wykorzystywaniem na cele konsumpcyjne. Rozwiązaniem mogłoby być pozyskiwanie mięsa od zwierząt dzikich, jednak istnieją pewne ograniczenia co do poziomu bezpieczeństwa takiego surowca, szczególnie w kontekście epidemiologicznym. Systemy produkcji mięsa „w laboratorium” są obiecującą alternatywą, dającą możliwość dostarczania mięsa/białka *in vitro* w celu zaspokojenia globalnego zapotrzebowania na wartościową żywność, co ograniczyłoby ubój milionów zwierząt rzeźnych, a także powierzchnię gospodarstw hodowlanych – a co za tym idzie zużycie energii, emisji gazów cieplarnianych i odpadów. Teza ta wynika z faktu, że teoretycznie każda komórka rodzicielska zaangażowana w hodowlę *in vitro* mięsa może namnażać się wiele razy. Liczba zwierząt wymaganych do pobrania próbek tkanek jest zatem mniejsza niż w przypadku konwencjonalnej produkcji mięsa o rzędy wielkości, co może stanowić obiecujące podejście do złagodzenia cierpienia zwierząt i innych negatywnych skutków środowiskowych [Arshad i in. 2017, Bhat i in. 2015, Kelland 2012, Post 2012].

Produkcja mięsa poza ustrojem zwierzęcia była opisywana w literaturze przedmiotu. Jak donoszą Benjaminson, Gilchrist i Lorenz [2002], pierwsze próby hodowli mięsa miały na celu wyprodukowanie hodowanych białek mięśniowych dla uczestników lotów kosmicznych i mieszkańców stacji kosmicznych. NASA wyhodowała tkankę mięśniową (uzyskaną ze złotej rybki *Carassius auratus*) o długości 3–10 cm, na szalkach Petriego [Benjaminson i in. 2002]. Znany jest również prototyp burgera mięsnego *in vitro*. Został on opracowany w 2013 roku przez farmakologa dr. Marka Posta i wyglądał podobnie do konwencjonalnego mięsa. W tamtym czasie wyhodowanie pięciouncjowego (ok. 141 g) kotleta mięsnego w laboratorium zajęło jednak około trzech miesięcy i kosztowało ponad 330 000 dolarów. Wprawdzie wydarzenie to wzbudziło społeczne oczekiwania wobec hodowanego mięsa jako substytutu mięsa, jednak koszty produkcji burgera

hodowanego *in vitro* był ogromny [O’Riordan i in. 2017, Post 2014]. Czynnikiem ten, razem z nieefektywnymi technologiami, stanowi nadal ogromne wyzwanie w komercjalizacji tego „produktu” [Post 2012, Stephens i in. 2018]. Mimo to w 2020 r. Singapurska Agencja Żywności dopuściła na rynek pierwszy produkt tego typu – mięso drobiowe w formie tzw. nuggetsów, produkowane przez firmę Eat Just [Helliwell i Burton 2021].

W ogólnym ujęciu pierwsza technika produkcji mięsa *in vitro* obejmowała uzyskiwanie komórek odzwierzęcych i hodowanie tkanek mięśniowych w odpowiednim podłożu oraz ich zbieranie [Benjaminson i in. 2002]. Wraz z postępem technologii mięsa *in vitro* inżynierowie tkankowi byli zaangażowani w prowadzenie hodowli w bioreaktorach bądź w proces selekcji i umieszczania dorosłych komórek na rusztowaniu [Bhat i in. 2017, Catts i Zurr 2002]. Inne inicjatywy miały na celu wykorzystanie rozmnażania komórek macierzystych poprzez umieszczanie ich jedna na drugiej [Kelland 2012] oraz stosowanie techniki natryskiwania materiału komórkowego na arkusze lub inne struktury (Bioprinting) [Bhat i Bhat 2011]. Bioprinting jest relatywnie nową i zaawansowaną techniką inżynierii tkankowej. Polega na wykorzystaniu zawiesiny komórkowej z hydrożelem jako biotuszu i odpowiednim rozmieszczeniu go w formie kolejnych warstw, do uzyskania pożądanej struktury 3D [Hippmann, Rzymiski 2021]. Niezależnie od sposobu prowadzenia hodowli *in vitro* mięsa można rozróżnić następujące ogólne etapy: a) ekstrakcję komórek od zwierzęcia hodowlanego; b) przeniesienie ich do odpowiedniego nośnika, który zawiera składniki odżywcze, źródła energii, czynniki wzrostu itp.; c) różnicowanie komórek macierzystych w dojrzałe komórki mięśniowe. Materiałem źródłowym do produkcji hodowanego mięsa mogą być biopsje żywych zwierząt lub embriony zwierzęce, które można zaszczerpić odpowiednimi pożywkami do proliferacji i hodować oddzielnie od zwierzęcia. Podczas pierwszego etapu – fazy proliferacji – komórki jedynie multiplikują do czasu osiągnięcia pożądanej konfluencji. Kolejny krok rozpoczyna się wraz ze różnicowaniem komórek w miocyty. Na tym etapie kultura komórkowa wymaga stymulacji elektrycznej i mechanicznej, aby wzmocnić produkcję białek, poprawić strukturę i przygotować do budowania większych elementów mięsa. Stosowanie bodźców elektrycznych podczas hodowli mięsa *in vitro* jest ważne dla rozwoju dojrzałych włókien mięśniowych [Bach i in. 2004]. Aktywność skurczowa zwiększa różnicowanie miotub do różnych izoform łańcucha miozyny w celu rozwoju sarkomeru [Fujita i in. 2007, Naumann i Pette 1994]. Po różnicowaniu – jeśli odpowiednie warunki hodowli są zapewnione – formowane są miotuby oraz tkanka mięśniowa szkieletowa [Zabielski i Zarzyńska 2020]. Głównym wyzwaniem w hodowli tkankowej mięsa jest uzyskanie wystarczająco dużej liczby jednorodnych komórek starterowych do przeprowadzenia skutecznej proliferacji i różnicowania. Do pozyskania mięsa *in vitro* i produktów na bazie mięsa wymagane są różne rodzaje komórek macierzystych (komórki tkanki mięśniowej bądź embrionalne, indukowane pluripotencjne komórki macierzyste, mezenchymalne komórki macierzyste). Wśród nich największy udział w badaniach nad hodowlą *in vitro* mają mioblasty lub komórki satelitarne [Mauro 1961]. Komórki satelitarne łatwo różnicują się między innymi w dojrzałe miofibryle, gdy hodowane komórki osiągają maksymalną liczbę, dlatego jest to preferowane źródło komórek do inżynierii tkanki mięśni szkieletowych. Podzbiory komórek satelitarnych mają również lepszą zdolność regeneracji [Collins i in. 2005]. Z kolei embrionalne komórki macierzyste (ang. embryonic stem cells, ESCs), izolowane z blastocysty po zapłodnieniu, dzięki swojej zdolności do różnicowania mogą być źródłem komórek mięśniowych w hodowlach *in vitro*. Charakteryzują się one wieloma

cechami, takimi jak zdolność do utrzymania stanu aktywnej proliferacji, zachowanie niezmienionego genotypu i wysoka ekspresja białka telomerazy, co odpowiada za utrzymanie odpowiedniej długości telomerów, dlatego mogą stanowić alternatywę dla komórek satelitarnych. Jednak jak podaje Hippmann i Rzymski (2021), dotychczas nie wyizolowano stabilnej linii ESCs ze zwierząt hodowlanych. Innym przykładem komórek starterych w hodowli *in vitro* są indukowane pluripotentne komórki macierzyste (ang. induced pluripotent stem cells, iPSC). Technologia z ich wykorzystaniem polega na przekształceniu zróżnicowanej już komórki, na przykład komórki skóry, w pluripotentną komórkę macierzystą poprzez uruchomienie ekspresji embrionalnych genów za pomocą specyficznych czynników transkrypcyjnych (tzw. czynników Yamanaki), wprowadzonych na drodze transdukcji za pomocą wirusowych wektorów integrujących bądź transfekcji plazmidu [Takahashi 2006]. Z kolei mezenchymalne komórki macierzyste (ang. mesenchymal stem cells, MSCs) to multipotencjalne komórki, które mogą różnicować się w miocyty, a następnie w miotuby, dzięki ekspresji wybranych czynników transkrypcyjnych [Hippmann i Rzymski 2021]. Mogą być one wyizolowane z płynu owodniowego, krwi pępowinowej, galarety Whartona i dojrzałych narządów, takich jak szpik kostny, miazga zębowa, płuca i wątroba.

Kolejnym wyzwaniem hodowli *in vitro* mięsa jest fakt, że do powodzenia wymagana jest duża liczba zróżnicowanych komórek mięśniowych do tworzenia tkanek, w związku z czym powinny być one utrzymywane w warunkach zapewniających utrzymanie wykładniczego wzrostu komórek [Masters i Stacey 2007]. Osiągnąć to można poprzez systematyczne dostarczanie świeżych składników odżywczych, pasażowanie lub podział komórek. Jednak większość komórek ma ograniczoną zdolność do podziału, znaną jako limit Hayflicka (maksymalna liczba podziałów komórkowych, po jej przekroczeniu komórki ulegają apoptozie), która ogranicza hodowlę tkanki mięśniowej na dużą skalę w laboratorium. Istnieje jeszcze jeden skuteczny sposób na zwiększenie proliferacji poprzez zwiększenie potencjału regeneracyjnego komórek macierzystych. Na przykład limit Hayflicka jest określony przez długość telomeru, który jest powtarzającą się sekwencją bogatą w guaninę na końcu chromosomów [Shay i Wright 2000]. Telomery skracają się z każdą rundą replikacji, wpływając na zdolność komórki do proliferacji. Telomeraza, rybozym, który wydłuża telomery, znajduje się w przeciwstarzeniowych liniach komórkowych. Dlatego regulacja ekspresji lub egzogenne dodanie telomerazy może skutecznie poprawić potencjał regeneracji komórek, co sprzyja stabilnej i szybkiej proliferacji komórek zwierzęcych na dużą skalę [Wright i Shay 2000]. Rozwiązaniem tego problemu może być także np. rutynowe uzupełnianie hodowli immortalizowanymi komórkami, co skutkuje zwiększeniem potencjału proliferacyjnego [Mouty i in. 2005, Hippmann i Rzymski 2021]. Jak wspomniano, warunkiem ograniczającym skuteczność hodowli *in vitro* mięsa jest żywność. Dobrze opracowana powinna zapewniać wysoką aktywność pobudzającą wzrost szeregu linii komórkowych ssaków [Takahashi i in. 2014]. Powinna być zasobna w mikroelementy, pierwiastki śladowe, czynniki wzrostu, hormony i elementy ochronne, które sprzyjają szybkiemu wzrostowi komórek. Z drugiej strony nie można wykluczyć ryzyka kontaminacji wirusami lub prionami. Zatem produkcja mięsa *in vitro* wymaga użycia wody oraz innych składników pożywek o bardzo wysokiej czystości biologicznej i chemicznej – co jest typowe dla hodowli *in vitro*. Jak zauważyli Zabielski i Zarzyńska [2020], wytworzenie takiej żywności dla hodowli komórkowych przysparza wiele więcej problemów niż wyprodukowanie dobrej jakości zielonki



czy paszy treściwej, co sprzyja głosom przeciw produkcji mięsa metodą *in vitro*. Kolejnym ograniczeniem w masowej produkcji mięsa *in vitro* są rozwiązania techniczne takie jak dostosowanie wielkości bioreaktora do skali produkcji. Generalnie bioreaktory są zwykle używane do hodowli komórek prokariotycznych i eukariotycznych (drożdży, bakterii lub komórek zwierzęcych) w kontrolowanych warunkach (pH, temperatura, zawartość tlenu). Służą do produkcji farmaceutyków, szczepionek czy przeciwciał na skalę przemysłową. Komórki ssaków są hodowane na syntetycznym podłożu w kontrolowanych warunkach, z gradientem tlenu, aby zapewnić odpowiednią dostępność tlenu [Radisic i in. 2008]. W przemyśle farmaceutycznym tkanki zwierzęce są zazwyczaj hodowane w reaktorach o objętości od 1 do 20 m<sup>3</sup>. Wielkości te są zbyt małe, aby móc rozważać masową produkcję. Wprawdzie możliwe jest skonstruowanie bioreaktorów o większych objętościach (co de facto stanowiłoby jednorazowy koszt), istnieje zwiększone ryzyko kontaminacji hodowli z uwagi na większą skalę produkcji (konieczność przygotowania i uzupełniania pożywką), jak również z powodu trudniejszej optymalizacji warunków prowadzonego procesu hodowli.

Kolejną ważną kwestią jest akceptacja przez społeczeństwo mięsa hodowlanego. Niektóre raporty pokazują, że chociaż ludzie rozumieją potrzebę opracowania zrównoważonych alternatyw dla mięsa, pozostają pesymistami, jeśli chodzi o wyzwania związane ze zwiększeniem produkcji, kosztami, a przede wszystkim bezpieczeństwem żywności, które wciąż wymagają odpowiednich regulacji prawnych [Tiberius i in. 2019]. W tym kontekście należy zaznaczyć przede wszystkim, że określenie „mięso” rozumiane jako pozyskane metodami *in vitro* z kultur tkankowych jest niezgodne z definicją Rozporządzenia (WE) 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady, zgodnie z którym mięso to jadalne części zwierząt wraz z krwią. Ponadto dyrektywa 2001/101/WE odnosząca się do etykietowania, prezentacji i reklamy środków spożywczych definiuje mięso jako „mięśnie szkieletowe ssaków i ptaków uznane za odpowiednie do spożycia przez ludzi, o naturalnie zwartej lub przynależnej tkance, gdzie całkowita zawartość tłuszczu i tkanki łącznej nie przekracza maksymalnych limitów dla poszczególnych gatunków zwierząt”. Ponadto mięso hodowane *in vitro*, w sytuacji zaistnienia na rynku jako żywność, podlegałoby wymaganiom prawa żywnościowego (rozporządzenie WE 178/2002; odpowiedzialność producenta, identyfikowalność produktu) oraz rozporządzenia UE 1169/2011 (w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności) [za: Zabielski i Zarzycka 2020]. Z drugiej strony tego typu żywność (tj. składająca się, izolowana lub wytwarzana z kultury komórkowej lub kultury tkankowej pochodzącej od zwierząt, roślin, mikroorganizmów, grzybów lub alg) wpisuje się w zakres Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 dotyczącego nowej żywności (ang. novel food). W związku z tym, aby zaistnieć na rynku spożywczym, taka żywność musiałaby uzyskać zezwolenia, zaś producent musiałby spełnić szereg wymagań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa produktu (z wyjątkiem sytuacji, gdy zastosowana technika powinna być objęta zakresem rozporządzenia (WE) 1829/2003 w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i pasz).

### Podsumowanie

Problem rosnącego zapotrzebowania na mięso jest dużym wyzwaniem ze względu na coraz poważniejsze ograniczenia dotyczące zasobów i środowiska. Chociaż mięso hodowlane jest uważane za obiecującą alternatywę dla mięsa konwencjonalnego, wciąż

znajduje się na wczesnym etapie produkcji i brakuje mu solidnych podstaw technicznych, technologicznych i prawnych (głównie w kwestii bezpieczeństwa żywności), by rozwiązanie to zastąpiło mięso konwencjonalne.

## Bibliografia

- Arshad M.S., Javed M., Sohaib M. i in., 2017. Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: A mini review. *Cogent Food Agric.* 3(1). e1320814, <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1320814>
- Bach A.D., Beier J.P., Stern-Staeter J. i in., 2004. Skeletal muscle tissue engineering. *J. Cell. Mol. Med.* 8(4), 413–422, <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2004.tb00466.x>
- Benjaminson M.A., Gilchrist J.A., Lorenz M., 2002. In vitro edible muscle protein production system (MPPS): stage 1, fish. *Acta Astronautica* 51(12), 879–889, [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00033-4)
- Bhat Z.F., Bhat H., 2011. Tissue engineered meat – future meat. *J. Stored Prod. Postharvest Res.* 2(1), 1–10, <https://doi.org/10.5897/JSPPR.9000047>
- Bhat Z.F., Kumar S., Bhat H.F., 2017. In vitro meat: A future animal-free harvest. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57(4), 782–789, <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.924899>
- Bhat Z.F., Kumar S., Fayaz H., 2015. In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *J. Integr. Agric.* 14(2), 241–248, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X)
- Catts O., Zurr I., 2002. Growing semi-living sculptures: the tissue culture art project. *Leonardo* 35(4), 365–370, <https://doi.org/10.1162/002409402760181123>
- Collins C.A., Olsen I., Zammit P.S. i in., 2005. Stem cell function, self-renewal, and behavioral heterogeneity of cells from the adult muscle satellite cell niche. *Cell* 122(2), 289–301, <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.05.010>
- Dyrektywa Komisji 2001/101/WE z dnia 26 listopada 2001 r. zmieniająca dyrektywę 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do etykiowania, prezentacji i reklamy środków spożywczych <https://www.prawo.pl/akty/dz-u-ue-l-2001-310-19,67427764.html>
- Ebeling A.H., 1914. The effect of the variation in the osmotic tension and of the dilution of culture media on the cell proliferation of connective tissue. *J. Exp. Med.* 20(2), 130–139, <https://doi.org/10.1084/jem.20.2.130>
- Fujita H., Nedachi T., Kanzaki M., 2007. Accelerated de novo sarcomere assembly by electric pulse stimulation in C2C12 myotubes. *Exp. Cell Res.* 313(9), 1853–1865, <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2007.03.002>
- Helliwell R., Burton R.J.F., 2021. The promised land? Exploring the future visions and narrative silences of cellular agriculture in news and industry media. *J. Rural Stud.* 84, 180–191, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.04.002>
- Hippmann N., Rzymiski P., 2021. Komórki macierzyste i inżynieria tkankowa w technologii pozaustrojowej produkcji mięsa. *Postępy Biologii Komórki* 48(2), 83–106.
- Kelland K., 2012. Petri dish to dinner plate, in-vitro meat coming soon, <https://www.reuters.com/article/us-science-meat-f-idUSTRE7AA30020111111> [dostęp: 1.04.2023].
- Mauro A., 1961. Satellite cell of skeletal muscle fibers. *J. Biophys. Biochem. Cyt.* 9(2), 493–495, <https://doi.org/10.1083/jcb.9.2.493>
- Masters J.R., Stacey G.N., 2007. Changing medium and passaging cell lines. *Nat. Protoc.* 2, 2276–2284, <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.319>

- Naumann K., Pette D., 1994. Effects of chronic stimulation with different impulse patterns on the expression of myosin isoforms in rat myotube cultures. *Differentiation* 55(3), 203–211. <https://doi.org/10.1046/j.1432-0436.1994.5530203.x>
- O’Riordan K., Fotopoulou A., Stephens N., 2017. The first bite: Imaginaries, promotional publics and the laboratory grown burger. *Public Underst. Sci.* 26(2), 148–163, <https://doi.org/10.1177/0963662516639001>
- Post M.J., 2012. Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Science* 92(3), 297–301, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.008>
- Post M.J., 2014. Cultured beef: medical technology to produce food. *J. Sci. Food Agric.* 94(6), 1039–1041, <https://doi.org/10.1002/jsfa.6474>
- Radisic M., Marsano A., Muidhof R. i in., 2008. Cardiac tissue engineering using perfusion bioreactor systems. *Nat. Protoc.* 3, 719–738, <https://doi.org/10.1038/nprot.2008.40>
- Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego (Dz.U. L 139).
- Shay J.W., Wright W.E., 2000. Hayflick, his limit, and cellular ageing. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 1, 72–76, <https://doi.org/10.1038/35036093>
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001. Tekst mający znaczenie dla EOG (Dz.Urz. L 327/1).
- Rozporządzenie (WE) nr 1829/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy (Dz.Urz. L 268).
- Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I. i in., 2018. Bringing cultured meat to market: technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends Food Sci. Technol.* 78, 155–166, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>
- Takahashi Kyamanaka S., 2006. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell* 126(4), 663–676. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.07.024>
- Takahashi M., Makino S., Kikkawa T. i in., 2014. Preparation of rat serum suitable for mammalian whole embryo culture, *JoVE* 90, <https://doi.org/10.3791/51969>
- Tiberius V., Borning J., Seeler S., 2019. Setting the table for meat consumers: an international Delphi study on in vitro meat. *NPJ Sci. Food* 3, 10. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0041-0>
- Wright W.E., Shay J.W., 2000. Telomere dynamics in cancer progression and prevention: fundamental differences in human and mouse telomere biology. *Nat. Med.* 6, 849–851, <https://doi.org/10.1038/78592>
- Zabielski R., Zarzyńska J., 2020. Wyzwania związane z produkcją „sztucznego mięsa”. *Życie Wet.* 95(2), 74–80.

## **Ocena możliwości zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego do produkcji ciastek owsianych**

Assessment of the possibility of using byproducts of the fruit and vegetable industry for the production of oat cookies

### **Wstęp**

Z roku na rok problem marnowania żywności osiąga coraz większą skalę. Na chwile obecną ma on już charakter międzynarodowy. Gospodarowanie odpadami w produkcji żywności ma swoje początki już na etapie planowania produkcji i trwa poprzez dystrybucję aż do momentu konsumpcji [Dąbrowska i Janoś-Kresło 2013]. Rocznie na całym świecie marnuje się 1,3 miliarda ton żywności, z tego 53% to żywność zmarnowana przez konsumentów, a 19% przez producentów żywności. Problem marnowania żywności jest też zauważalny w Polsce, w której rocznie marnuje się 9 ton odpadów [Wielicka-Regulska i Mitmańska 2018]. Problem nie jest prosty do rozwiązania, gdyż w produkcji żywności nieodzownym elementem jest powstawanie produktów ubocznych. Warto zaznaczyć, że niektóre odpady mają wartość zdrowotną, dobrym przykładem będzie skórka z jabłek, gdyż jest świetnym źródłem pozyskiwania błonnika, a zagospodarowanie skórek znakomicie wpisuje się w podejście zero waste, które w XXI wieku jest coraz szerzej rozpowszechniane [Kaszuba i Pycia 2022].

Dążenie do realizacji założeń koncepcji zero waste skłania branżę spożywczą do poszukiwania nowych wyrobów, wytworzonych z dodatkiem produktów ubocznych. Wraz z rozwojem branży gastronomicznej i przemysłowej powstaje coraz więcej odpadów. Jednak koncepcja zero waste, czyli zero odpadów, skłania obie branże do działań w kierunku niwelowania ich ilości, które powstają przy produkcji potraw i surowców. Jednym z kierunków działań są chociażby próby zagospodarowania pozostałości przemysłu owocowo-warzywnego, m.in. wytlóków. Wytłoki przez długi czas były niedocenianym surowcem, gdyż stanowiły masę odpadową [Zegartowska i in. 2018].

W ostatnim czasie wraz ze wzrostem świadomości żywieniowej konsumentów zaobserwowano wzrost spożycia owoców i warzyw, zarówno w formie nieprzetworzonej, jak i w przetworzonej: soki, przeciery, smoothie, dżemy, konfitury [Kawecka i Galus 2021]. Podczas produkcji wyrobów owocowo-warzywnych powstaje 10–35% odpadów. Największą ilość wytwarzanych odpadów stanowią wytłoki. Wysoki udział wody w tego

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz, pastusiakmagda@gmail.com

typu odpadach stanowi źródło zagrożenia mikrobiologicznego dla konsumenta, więc producenci muszą je szybko wykorzystać w przemyśle przetwórczym lub utwalić poprzez np. suszenie [Kumider 1996]. Wytłoki owocowo-warzywne powinny być traktowane jako wartościowy półprodukt, gdyż stanowią źródło białek, sacharydów, błonnika witamin, związków mineralnych, lipidów, aldehydów, pektyn, alkoholi i substancji barwnych [Tarko i in. 2012]. Żywnościowym atutem pozostałości owoców oraz warzyw jest wysoka zawartość błonnika pokarmowego [Nawirska 2007]. Definiuje się go jako mieszaninę sacharydów o stopniu polimeryzacji większej niż trzy, które nie są trawione ani wchłaniane w jelicie cienkim człowieka.

Błonnik pokarmowy, inaczej włókno pokarmowe, wykazuje pozytywny wpływ na zdrowie człowieka, zmniejsza ryzyko zachorowania na nowotwór jelita grubego. Wykazuje dobre właściwości na perystaltykę jelit i wydłuża uczucie sytości, dzięki czemu jest istotnym składnikiem pożywienia u osób będących na diecie, sprzyja w walce z nadwagą i otyłością [Glodek i in. 2011]. Błonnik pokarmowy poprzez swoje właściwości fizyczne i chemiczne wywołuje ogólnoustrojowe i miejscowe reakcje organizmu. Wiązanie kwasów tłuszczowych, zdolności reagowania z jonami metali, wiązanie wody, zdolność do ulegania procesom fermentacji oraz lepkość to niektóre poznane skutki działania błonnika. Z lepkością włókna pokarmowego związana jest obecność substancji rozpuszczalnych w wodzie. Czas przebywania pokarmu w żołądku wydłuża się, co wpływa na poprawę efektywności wchłaniania i trawienia [Bienkiewicz i in. 2015].

Wytłoki są produktem ubocznym w produkcji żywności i mogą zostać wykorzystane do różnorodnych celów. Wytłoki owocowo-warzywne mogą zostać użyte w produkcji popularnych ciastek owsianych jako wzbogacenie smaku i wartości odżywczej ciastek. Innymi sposobami wykorzystania wytłoków owocowo-warzwywnych jest wydobycie i produkcja barwników oraz zastosowanie ich jako dodatku do produkcji pektyn [Tarko i in. 2012].

Poza wartością odżywczą żywności dla konsumenta ważne pozostają także właściwości sensoryczne wyrobu. Cechy mechaniczne i akustyczne produktów spożywczych, zwłaszcza kruchych, np. przekąsek, są bardzo ważne z punktu widzenia oceny jakości. Produkt niecharakteryzujący się tymi cechami oznacza brak sensorycznej akceptacji przez konsumenta [Marzec i in. 2005]. Badania kruchości pomagają zarówno w doborze opakowań, jak i w doborze warunków transportu. Produkty kruche przy swoim pękaniu wytwarzają charakterystyczny dźwięk. Łamiąc ciastka kruche, możemy spodziewać się pojedynczego, jak również całkowitego pęknięcia [Jakubczyk i Marzec 2006].

Do produktów kruchych zaliczyć możemy ciastka owsiane, które cieszą się dużą popularnością. Coraz więcej osób w dzisiejszych czasach zwraca uwagę na zdrowsze odżywianie, a tym samym zamienia zwykle ciastka na ciastka zrobione z mąki owsianej. Owies siewny, nazywany również zwyczajnym (*Avenasativa* L.), należy do rodziny trawy (*Poaceae*), jest rośliną jednoroczną. Występuje w dwóch formach: ozimej i jarej. W Polsce uprawiany jest tylko owies jary. Dzieje się tak dlatego, że ozimy charakteryzuje się małą mrozoodpornością. Ziarno owsa charakteryzuje się odpowiednim zestawieniem składników odżywczych i decyduje o wartościach żywieniowych, dietetycznych, leczniczych jak również o wszechstronnym wykorzystaniu w przetwórstwie. Owies w swoim składzie zawiera najmniejszą ilość węglowodanów w porównaniu do innych zbóż [Zarzecka i in. 2018].

Mąka owsiana nie zawiera glutenu, dlatego jest dobrym zamiennikiem mąki pszennej dla osób, które chorują na celiakię [Ziobro i in. 2015]. Mąka ta zawiera witaminy z grupy B, nienasycone kwasy tłuszczowe oraz dużą ilość błonnika.

Przetwory owsiane mają pozytywny wpływ na układ pokarmowy człowieka. Dieta, w której dodatkiem są przetwory owsiane, zapobiega zaparciom, ogranicza procesy gnilne w jelicie grubym oraz skraca pasaż treści jelitowej. Owies uznawany jest za dobre źródło witaminy E, tiaminy oraz kwasu pantotenowego. Zboże to przewyższa również inne zboża pod względem składników mineralnych takich jak: potas, magnez, żelazo, cynk, fosfor i mangan [Piątkowska i in. 2013].

Celem pracy była ocena możliwości zagospodarowania wyłoków z jabłek i z marchwi do produkcji ciastek owsianych. Dla zrealizowania tak sformułowanego celu wykonano ciastka owsiane z dodatkiem wyłoków z jabłek oraz z marchwi, następnie oceniono wybrane właściwości produktu. Przeprowadzono ocenę sensoryczną, uwzględniając także ogólną ocenę i akceptację produktów, oznaczono odporność ciastek na łamanie, określono wymiary otrzymanych produktów oraz zbadano wilgotność ciastek i wyłoków.

## Material i metody

Materiał badawczy stanowiły ciastka z dodatkiem wyłoków z marchwi i jabłka po procesie tłoczenia soków. Aby otrzymać wyłoki, jabłka i marchew poddano tłoczeniu przy wykorzystaniu prasy wolnoobrotowej (Sana Juicer by Omega EUJ-707). Uzyskane w ten sposób odpady (ryc. 1 i 2) wysuszone konwekcyjnie w temperaturze 60°C przy użyciu suszarki laboratoryjnej POL-EKO SLN 15 i rozdrobniono przy użyciu młynka laboratoryjnego Chemland, FW100. Kontrolna receptura ciastek składała się z: płatków owsianych, które zostały zmielone; masła, cukru, jajek, proszku do pieczenia i mąki pszennej. Pierwszym etapem produkcji ciastek było roztopienie masła i wystudzenie go. Następnie wymieszano składniki suche oraz jaja. Po dokładnym wymieszaniu do masy należało dodać wcześniej przygotowane masło. Gotowe ciasto schłodzono. W poszczególnych próbach mąka z płatków owsianych częściowo zastępowana była wyłokami z marchwi lub jabłek (w ilości po 5% i 10%). Poszczególne próby (ryc. 3) oznaczono: PK – próba kontrolna, M5, M10 – ciastka z dodatkiem kolejno 5% i 10% wyłoków z marchwi, J5, J10 – ciastka z dodatkiem kolejno 5% i 10% wyłoków z jabłek. Przygotowane i uformowane porcje ciasta o średnicy 50 mm i grubości około 5 mm pieczono 20 minut w temperaturze 180°C. Do przeprowadzenia procesu obróbki cieplnej zastosowano piec konwekcyjno-parowy (Houno, DK 8940 Ronders).

Część materiału badawczego poddano analizie sensorycznej. Przygotowane ciastka zostały ocenione przez dziesięcioosobowy zespół, w skład którego wchodziłi przeszkoleni studenci i pracownicy Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Analiza ciastek odbywała się na Wydziale Inżynierii Produkcji. W ramach analizy oceniono wyróżniki jakości, takie jak: barwa, zapach, konsystencja oraz smakowość (przy użyciu 5-punktowej skali oceny sensorycznej). Ponadto określano ogólną akceptowalność badanego materiału poprzez opisanie poszczególnych produktów właściwymi określeniami (od „ogromnie lubię” przez „bardzo lubię” aż do sformułowań negatywnych „bardzo nie lubię” czy „wybitnie nie lubię”).



Ryc. 1. Wytłoki z jabłka; fot.: M. Pastusiak



Ryc. 2. Wytłoki z marchwi; fot.: M. Pastusiak

Również wytłoki warzyw i owoców, w tym przypadku marchwi i jabłek, poddano analizie wilgotności. Oznaczanie wilgotności było przeprowadzone metodą wagową na wadze analitycznej AS 310.R2 PLUS (Radwag). Próbki materiału o masie około 1 g suszono do momentu stwierdzenia braku ubytku masy. Proces przeprowadzono w tempera-

turze 130°C przy użyciu suszarki laboratoryjnej (POL-EKO, SLN 15 STD). Analizie wilgotności poddano także wypieczone ciastka. Proces przebiegał analogicznie jak w przypadku wyłoków. Po wysuszeniu zarówno próbki wyłoków owocowo-warzywnych, jak i ciastek gotowe produkty trafiły do eksykatora w celu ochrony przed ponownym zwilżeniem. Ostudzone naczynka wagowe wraz z wysuszonym materiałem ponownie zważono. Wilgotność obliczono ze wzoru:

$$W = \frac{b - c}{b - a} * 100$$

gdzie:

$W$  – wilgotność wyrażona w procentach [%],

$a$  – masa naczynka [g],

$b$  – masa naczynka z produktem przed suszeniem [g],

$c$  – masa naczynka z produktem po suszeniu [g].

W taki sam sposób policzona została wilgotność ciastek.

Oznaczenie właściwości teksturalnych ciastek badano w maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roel, Z0.5. Badane ciastka były podparte klinowymi podporami stałymi rozstawionymi w odległości 40 mm między jedną a drugą podporą. Test łamania prowadzono do całkowitego zniszczenia materiału, czyli spadku maksymalnej siły rejestrowanej podczas badania o 40%. Testy wykonano w 10 powtórzeniach dla każdego rodzaju materiału. Podczas testu TPA produkt był dwukrotnie ściskany do 50% swojej pierwotnej wysokości.



Ryc. 3. Zdjęcia ciastek z dodatkiem wyłoków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wyłoków z jabłek, J10 – 10% wyłoków z jabłek, M5 – 5% wyłoków z marchwi, M10 – 10% wyłoków z marchwi; fot.: M. Pastusiak

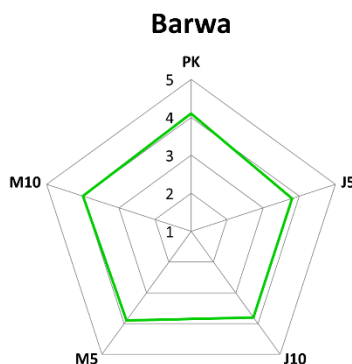
Ciastka owsiane z dodatkiem produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego zważono i zmierzono. Do ważenia produktów z wyłokami użyta została waga analityczna (RADWAG AS 310.R2). Zbadano w ten sposób, czy ciastka z dodatkiem wyłoków z owoców i warzyw zmieniają swoją wielkość i masę po upieczeniu w porównaniu z próbą kontrolną.



## Wyniki i dyskusja

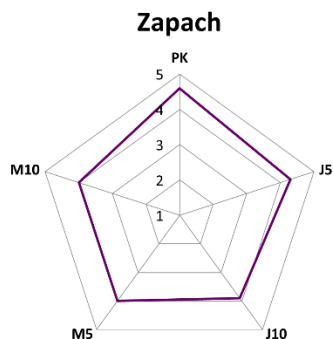
Podczas oceny organoleptycznej określano barwę (ryc. 4.), zapach (ryc. 5.), konsystencję (ryc. 6.) i smakowość (ryc. 7.), a także przedstawiono ocenę ogólną ciastek owsianych z różną ilością wyłoków z marchwi i jabłek. Wyniki analizy sensorycznej wykazały, że najlepiej zostały ocenione ciastka, w których nie zmodyfikowano receptury, gdyż średnie wartości barwy, zapachu, konsystencji i smakowości próby kontrolnej wynoszą powyżej 4,1. Zaobserwowano także zmiany barwy ciastek, w których została zmodyfikowana receptura, za najkorzystniejszą uznano barwę ciastek z próby kontrolnej. Na zmianę barwy oprócz dodatku wyłoków wpływ mogą mieć inne parametry, takie jak: czas i temperatura pieczenia, grubość ciastek [Kidoń i in. 2016].

Wysoko oceniono konsystencję ciastek z próby J5, czyli z 5-procentowym dodatkiem wyłoków z jabłek oraz J10 – z 10-procentowym dodatkiem surowca. Jednak to ciastka z próby kontrolnej zostały najlepiej ocenione, także pod względem konsystencji – wartość oceny wynosiła 4,9 punktu (ryc. 6).

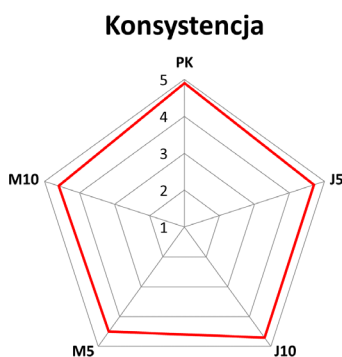


Ryc. 4. Wyniki oceny barwy ciastek z dodatkiem wyłoków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wyłoków z jabłek, J10 – 10% wyłoków z jabłek, M5 – 5% wyłoków z marchwi, M10 – 10% wyłoków z marchwi

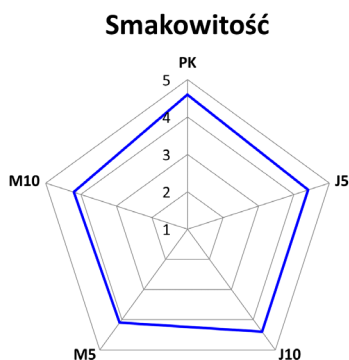
Ocenę ogólną ciastek owsianych przedstawiono na rycinie 8. Osoby degustujące w większości odniosły się pozytywnie do ocenianych produktów. Należy zaznaczyć, że ponad 60% ankietowanych uznała, że „ogromnie”, „bardzo” lub „dość lubi” produkty J5, J10 i M5. Negatywnych stwierdzeń „trochę nie lubię” oraz „ani lubię, ani nie lubię” użyło 20% oceniających. W pracy nie stwierdzono negatywnych zmian oceny organoleptycznej, więc wyłoki z jabłek można traktować jako właściwy dodatek do ciastek, analogiczne wnioski sformułowano na podstawie wyników uzyskanych po dodaniu wyłoków z jabłek do wafli [Kidoń in. 2016]. Właściwości teksturalne tych produktów również nie zmieniły się istotnie po dodaniu wyłoków jabłkowych, podobnie jak w badanych przez nas ciastkach.



Ryc. 5. Wyniki oceny zapachu ciastek z dodatkiem wycieków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wycieków z jabłek, J10 – 10% wycieków z jabłek, M5 – 5% wycieków z marchwi, M10 – 10% wycieków z marchwi

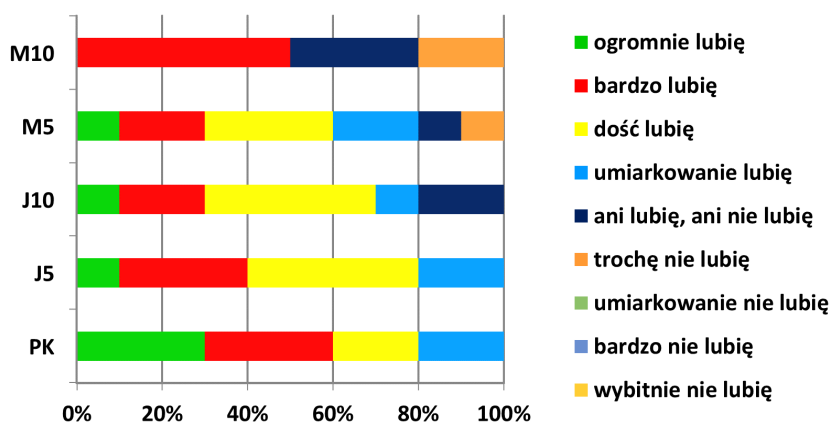


Ryc. 6. Wyniki oceny konsystencji ciastek z dodatkiem wycieków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wycieków z jabłek, J10 – 10% wycieków z jabłek, M5 – 5% wycieków z marchwi, M10 – 10% wycieków z marchwi



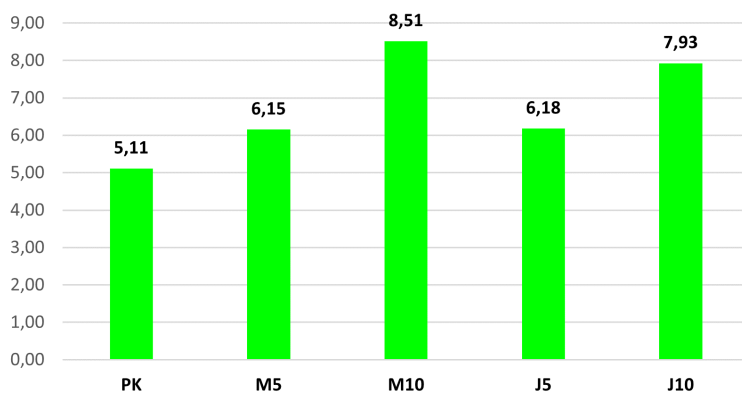
Ryc. 7. Wyniki oceny smakowości ciastek z dodatkiem wycieków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wycieków z jabłek, J10 – 10% wycieków z jabłek, M5 – 5% wycieków z marchwi, M10 – 10% wycieków z marchwi

## Ocena ogólna



Ryc. 8. Wyniki oceny ogólnej ciastek z dodatkiem wyłoków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wyłoków z jabłek, J10 – 10% wyłoków z jabłek, M5 – 5% wyłoków z marchwi, M10 – 10% wyłoków z marchwi

## Wytrzymałość (N)

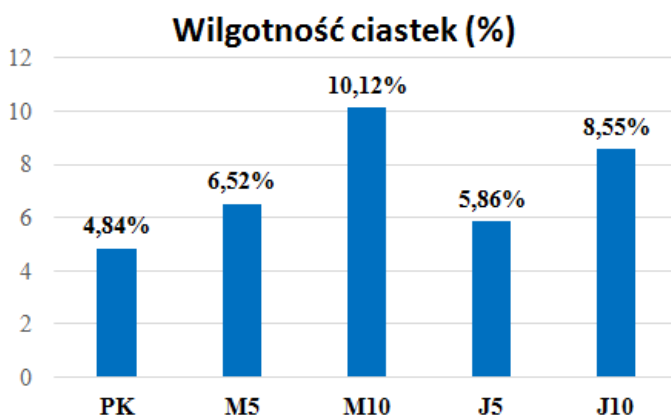


Ryc. 9. Wyniki wytrzymałości ciastek z dodatkiem wyłoków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wyłoków z jabłek, J10 – 10% wyłoków z jabłek, M5 – 5% wyłoków z marchwi, M10 – 10% wyłoków z marchwi

Przedstawione na rycinie 9 wyniki odporności na łamanie ciastek odnoszą się przede wszystkim do wytrzymałości produktu w czasie transportu czy przechowywania i świadczą o możliwości wprowadzenia ciastek na rynek. Najwyższą wytrzymałością charakteryzują się ciastka owsiane, do których dodano 10% wyłoków z marchwi (M10) – wytrzymałość wynosi 8,51 N, co oznacza, że przyłożenie takiego nacisku zniszczy

ciastko. Można zauważyć, że ciastka owsiane zawierające więcej (10%) wytlóków z marchwi i jabłek były odporniejsze na łamanie w porównaniu z próbą kontrolną czy produktami z 5-procentowym udziałem dodatku. Najniższą odpornością na łamanie charakteryzowały się produkty próby kontrolnej (PK) – 5,11 N.

Wilgotność wytlóków z jabłek wyniosła 11,67%, a marchwi była nieco wyższa i wyniosła 12,88%, co wpłynęło na poziom zawartości wody w gotowych produktach. Najwyższą wilgotnością charakteryzowały się ciastka z dodatkiem 10% wytlóków z marchwi (M10). Najmniej wody miały w sobie ciastka będące próbą kontrolną (PK) – 4,84%. Dodatek 5% pozostałości owocowo-warzywnych nie powodował istotnych zmian badanego parametru. Średnie wartości wilgotności ciastek przedstawiono poniżej na rycinie 10.



Ryc. 10. Wyniki wilgotności ciastek z dodatkiem wytlóków: PK – próba kontrolna, J5 – 5% wytlóków z jabłek, J10 – 10% wytlóków z jabłek, M5 – 5% wytlóków z marchwi, M10 – 10% wytlóków z marchwi

Ciasta były zróżnicowane pod względem grubości, stąd różnice w gramaturze ciastek, której średnie wartości przedstawiono poniżej w tabeli 1. Średnie wymiary ciastek przedstawiono w tabeli 2. Średnica ciastek z dodatkiem produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego różniła się nieco od produktów próby kontrolnej, jednak wartości te prawdopodobnie nie będą widoczne dla konsumentów.

Tabela 1. Gramatura ciastek z dodatkiem wytlóków (w gramach, g): PK – próba kontrolna, J5 – 5% wytlóków z jabłek, J10 – 10% wytlóków z jabłek, M5 – 5% wytlóków z marchwi, M10 – 10% wytlóków z marchwi

PK	M5	M10	J5	J10
9,44 ±0,25	7,72 ±1,46	10,07 ±1,47	8,20 ±1,17	9,05 ±0,58

Tabela 2. Wymiary pomiarów ciastek z dodatkiem wyłoków (w milimetrach, mm): PK – próba kontrolna, J5 – 5% wyłoków z jabłek, J10 – 10% wyłoków z jabłek, M5 – 5% wyłoków z marchwi, M10 – 10% wyłoków z marchwi

PK	M5	M10	J5	J10
52,28 ±1,18	52,04 ±0,99	53,48 ±0,83	51,94 ±1,69	52,89 ±0,79

### Podsumowanie

Uzyskane wyniki świadczą o możliwości zastosowania wyłoków owocowo-warzywnych w ciastkach i wprowadzenia ich na rynek. Ciastka zawierające pozostałości warzyw i owoców, charakteryzują się odmienną barwą i walorami sensorycznymi w porównaniu z produktem tradycyjnym. Warto jednak zauważyć, że ciastka modyfikowane poprzez dodatek wyłoków owocowo-warzywnych tylko w niewielkim stopniu różnią się od próby kontrolnej. Produkty z dodatkami są nieco gorzej oceniane pod względem zapachu, konsystencji i smakowitości, ale są nadal akceptowalne przy jednoczesnej poprawie ich właściwości odżywczych. Wprowadzenie wyłoków z jabłek i marchwi zwiększyło także wytrzymałość badanych produktów. Ponadto wykorzystanie pozostałości owoców i warzyw do tego typu wyrobów pozwala zmniejszyć ilość marnowanej żywności.

### Bibliografia

- Bienkiewicz M., Bator E., Bronkowska M., 2015. Błonnik pokarmowy i jego znaczenie w profilaktyce zdrowotnej. *Probl. Hig. Epidemiol.* 96(1), 57–63.
- Dąbrowska A., Janoś-Kresło, M. (2013). Marnowanie żywności jako problem społeczny. *Handel Wew.* 4 (345), 14–26.
- Głodek E., Gil M., Rudy M. i in., 2011. Ocena częstotliwości spożycia przez studentów wybranych źródeł błonnika pokarmowego. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 62(4), 409–412.
- Górecka D., Pacholek B., Napierała K. i in., 2011. Ocena możliwości wykorzystania wysokobłonnikowych odpadów przemysłu owocowego i zbożowego w produkcji wyrobów ciastkarskich o cechach prozdrowotnych. *Zesz. Nauk. Uniw. Ekonom. Pozn.* 205, 140–148.
- Jakubczyk E., Marzec A., 2006. Właściwości mechaniczne chrupkich/kruchych ciastek. *Inż. Roln.* 10, 31–38.
- Kaszuba J., Pycia K., 2022. Zagospodarowanie produktów ubocznych przemysłu spożywczego w produkcji żywności o potencjale prozdrowotnym. *Przem. Spoż.* 76, 30–37.
- Kawecka, L., Galus, S., 2021. Wyłoki owocowe – charakterystyka i możliwości zagospodarowania. *Postępy Tech. Przetw. Spoż.*, 156–167.
- Kidoń M., Fogiel J., Walkowiak-Tomczak D. i in., 2016. Zastosowanie suszonych wyłoków jabłkowych jako dodatku do produkcji wafli. W: D. Górecka, E. Pospiech (red.), *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, Wyd. PTTŻ Oddz. Wielkop., Uniw. Przyr. Pozn., 47–55.
- Kumider J., 1996. Utylizacja odpadów przemysłu rolno-spożywczego. *Aspekty towaroznawcze i ekologiczne*. Wyd. Akad. Ekonom. Pozn., 56–65.

- Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., 2005. Właściwości mechaniczne i akustyczne suchych produktów zbożowych. *Inżynieria Rolnicza* 9(9), 207–214.
- Nawirska A., 2007. Zagospodarowanie odpadów z przemysłu owocowo-warzywnego. *Przem. Ferment. Owoc.-Warz.* 10(51), 44–46.
- Piątkowska E., Kopec A., Kidacka A. i in., 2013. Zawartość składników odżywczych i właściwości antyoksydacyjne różnych frakcji ziarna wybranych odmian i rodzajów owsa. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 20(6), 91–105.
- Tarko T., Duda-Chodak A., Bebak A., 2012. Aktywność biologiczna wybranych wytlóków owocowych oraz warzywnych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 19(4), 55–65.
- Wielicka-Regulska A., Mitmańska Ż., Kiss M., 2018. Rola i aktywność banków żywności w ograniczaniu strat żywności i niedożywienia w Polsce. *Handel Wew.* 3 (374), 395–405.
- Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I. i in, 2018. Odżywcze i prozdrowotne właściwości ziarna owsa i przetworów owsianych. *Kosmos* 67(2), 409–414.
- Zegartowska P., Korus A., Skoczeń-Słupska R., 2014. Wartość odżywcza i prozdrowotna wtlóków z owoców i warzyw. W: J. Słupski, T. Tarko, I. Drożdż (red.), *Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych*, Wyd. Oddz. Małop. Pol. Tow. Technol. Żywn., Kraków, 79–88.
- Ziobro R., Litwinek D., Mickowska B., 2015. Porównanie składu chemicznego i właściwości teksturalnych muffin z mieszanki bezglutenowej i mąk owsianych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 22, 1(98), 131–142.

Mateusz Piejak<sup>1</sup>, Klaudia Kanak<sup>1</sup>, Dorota Muzyczka<sup>1</sup>, Julia Górską<sup>1</sup>, Martyna Motyl<sup>1</sup>,  
Justyna Bohacz<sup>2</sup>

## **Badania nad aktywnością enzymów amylolitycznych grzybów z rodzaju *Aspergillus*, *Byssochlamys* i *Penicillium* inkubowanych w różnych temperaturach hodowli**

Studies on the activity of amylolytic enzymes of *Aspergillus*, *Byssochlamys* and *Penicillium* fungi incubated at different temperatures

### **Wstęp**

Grzyby saprotroficzne odgrywają istotną rolę w środowisku naturalnym, rozkładając materię organiczną, która stanowi dla nich m.in. źródło węgla i energii a tym samym przyczyniają się do obiegu podstawowych pierwiastków w przyrodzie [Piejak i Bohacz 2022]. Organizmy te rozwijają się w glebie, wodzie, na materiałach pochodzenia roślinnego oraz zwierzęcego, na powierzchniach syntetycznych, a ich zarodniki obecne są również w powietrzu [Jarzynka i in. 2010]. Grzyby pleśniowe zbudowane są ze strzępek, które tworzą rozgałęzioną grzybnię wnikającą w podłoże, za pomocą której się odżywiają. Ściana komórkowa grzybów zbudowana z chityny, glukanów, białka i lipidów i chroni grzyby przed niekorzystnym oddziaływaniem enzymów litycznych i innych czynników fizyko-chemicznych [Gutarowska 2010]. Grzyby strzępkowe zaliczane są do organizmów mezofilnych, tlenowych, preferujących kwaśne środowiska (pH 5–6) [Libudzisz i in. 2007]. Niektóre gatunki z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium* powodują biodegradację surowców i produktów żywnościowych, wytwarzając enzymy powodujące obniżenie jakości i cech organoleptycznych oraz mogą być przyczyną zatruc pokarmowych spowodowanych wytwarzaniem mykotoksyn [Kun i in. 2021]. Grzyby charakteryzują się dużą zdolnością do wytwarzania enzymów, w tym enzymów amylolitycznych, co wykorzystywane jest w przemyśle do pozyskiwania cennych kwasów organicznych, metabolitów i enzymów będących składnikiem preparatów enzymatycznych [Dinu i in. 2007]. Grzyby strzępkowe wytwarzają enzymy amylolityczne, do których należą m.in.  $\alpha$ -amylaza, glukoamylaza i  $\alpha$ -glukozydaza, stanowiące jedną z najważniejszych grup enzymów mających znaczenie w biotechnologii, przemyśle spożywczym i medycynie [Shafique i in. 2010, Chen i in. 2012]. Enzymy hydrolityczne rozkładające skrobię stanowią 30% światowego zużycia enzymów [Balkan i in. 2012]. Przedstawiciele rodzaju *Aspergillus* znani są ze zdolności do syntezy amylazy, enzymu, który stosowany jest w przemyśle

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Mikrobiologów „Mikrobios”

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Katedra Mikrobiologii Środowiskowej, justyna.bohacz@up.lublin.pl

przetwórstwa spożywczego [Ilczuk i Fiedurek 1983]. *Byssochlamys spectabilis* i *Penicillium citrinum* wykazują także uzdolnienia do wytwarzania enzymów amylolitycznych w temperaturze 28°C [Łopatniuk i in. 2020]. Gatunki z rodzaju *Byssochlamys* charakteryzują się agresywną strategią kolonizacji różnych środowisk i wytwarzają patulinę, tj. mykotoksynę, zwłaszcza gdy rosną na owocach i w sokach owocowych. Jak podają Strąk i Balcerk [2016], *Penicillium citrinum* jest obiecującym źródłem enzymów do zastosowań biotechnologicznych. Grzyby pleśniowe z rodzaju *Penicillium* odgrywają także ważną rolę w medycynie, gdyż są źródłem m.in. antybiotyków [Jarzynka i in. 2010].

Celem badań było porównanie aktywności amylolitycznej grzybów strzępkowych *Aspergillus niger*, *Byssochlamys spectabilis* i *Penicillium citrinum* w różnych temperaturach hodowli oraz określenie optymalnej temperatury hodowli do produkcji enzymów amylolitycznych przez badane grzyby.

## Materiały i metody

Do oznaczania aktywności amylolitycznej wybrano trzy gatunki pleśni wyizolowane z przypraw dostępnych na rynku krajowym, tj. *Aspergillus niger* Tiegh (aktualnie *Aspergillus brasiliensis* Varga, Frisvad & Samson), *Byssochlamys spectabilis* (Udagawa & Shoji Suzuki) Houbraken & Samson (aktualnie *Paecilomyces variotii* Bainier) oraz *Penicillium citrinum* Thom.

Identyfikację gatunkową tych grzybów prowadzono w oparciu o tradycyjne metody identyfikacji gatunkowej, tj. na podstawie cech makro- i mikromorfologicznych przy wykorzystaniu opracowań systematycznych [Domsch i in. 2007, Watanabe i in. 2010], co obszerniej opisano w poprzedniej pracy dotyczącej liczebności mikroorganizmów na przyprawach i aktywności enzymatycznej wyizolowanych grzybów [Łopatniuk i in. 2020]. Wybrane dwa gatunki najliczniej występujące na przyprawach identyfikowano także za pomocą metod molekularnych z wykorzystaniem łańcuchowej reakcji polimerazy (ang. polymerase chain reaction, PCR) i sekwencjonowania [Łopatniuk i in. 2020]. Uzyskane sekwencje umieszczono w GenBanku pod numerami akcesyjnymi OQ804776 (*Byssochlamys spectabilis*) oraz OQ804778 (*Penicillium citrinum*). Aktualne nazwy gatunkowe grzybów zweryfikowano według Index Fungorum.

Hodowle stacjonarne grzybów prowadzono w kolbach Erlenmayera o pojemności 300 cm<sup>3</sup> w pożywce płynnej zawierającej 0,3-procentowy ekstrakt drożdżowy i 2-procentową skrobię jako jedyne źródło węgla i energii. Pożywkę szczepiono 7-dniową grzybnią w postaci krążka. Założone hodowle inkubowano w termostacie w temperaturze 20°C i 37°C przez 28 dni. Okresowo, tj. po 7, 14, 21 oraz 28 dniach od założenia doświadczenia, oznaczano aktywność zewnątrzkomórkowych enzymów amylolitycznych w płynach pohodowlanych według metody podanej w opracowaniu Gniwosz i Lipińskiej [2013], stężenie białek metodą Lowry'ego [1950], pH płynów pohodowlanych metodą potencjometryczną za pomocą pH-metru. Wyrosłą grzybnię oddzielono od płynu pohodowlanego poprzez sączenie na sączku karbowanym, a następnie otrzymany supernatant wirowano w wirówce z chłodzeniem w temperaturze 4°C przez 10 min przy 5000 obr./min [Gniwosz i Lipińska 2013]. Ostateczne wyniki aktywności amylolitycznej przedstawiono jako aktywność właściwą (U/mg białka).

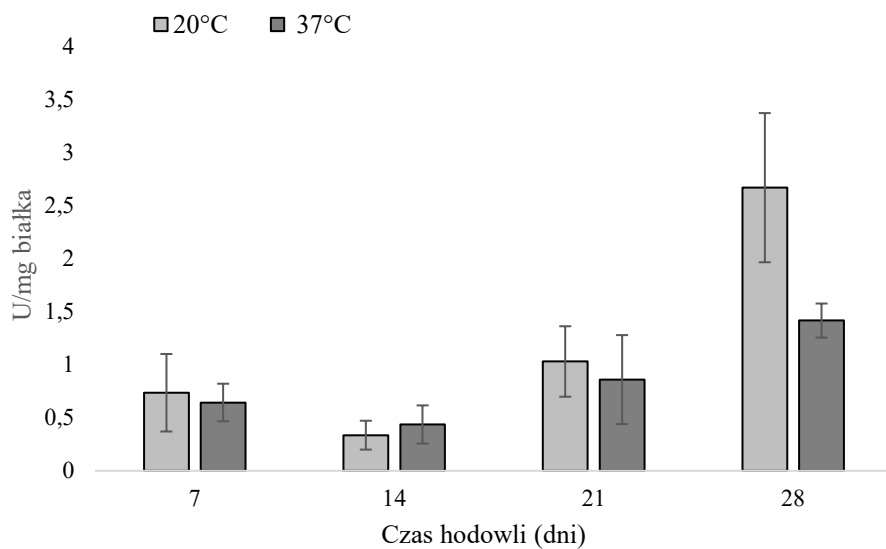


W celu wykazania istotnych różnic pomiędzy szczepami w odniesieniu do aktywności amylolitycznej w różnych temperaturach hodowli wykonano wieloczynnikową analizę wariancji (ANOVA), po której zastosowano test Tukeya (HSD) na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . W celu wykazania zależności pomiędzy pH a aktywnością enzymów amylolitycznych wykonano analizę korelacji r-Pearsona na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu Statistika v. 12.

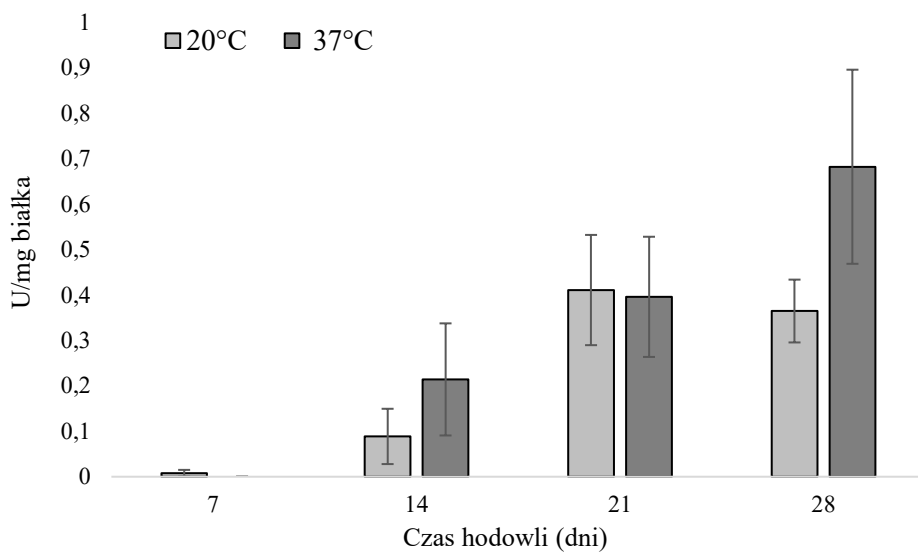
## Wyniki i dyskusja

W trakcie 28-dniowej hodowli aktywność enzymów amylolitycznych wytwarzanych przez *Aspergillus niger* w temperaturze zarówno 20°C, jak i 37°C miała tendencję wzrostową z wyjątkiem 14 dnia hodowli, kiedy to nastąpił spadek aktywności tych enzymów (ryc. 1). Po tym czasie aktywność enzymów amylolitycznych rosła w obu temperaturach i na ogół była niższa w hodowlach *A. niger* inkubowanych w temperaturze 37°C (ryc.1). Najwyższą aktywność tych enzymów zanotowano w 28. dniu hodowli w porównaniu do poprzednich terminów analiz w obu temperaturach. Badany szczep *A. niger* charakteryzował się odmienną aktywnością enzymów amylolitycznych w porównaniu do aktywności tych enzymów w hodowlach różnych szczepów grzybów, co przedstawiono w pracach innych autorów. Przykładowo Mitidieri i in. [2006] wykazali, że szczep *Aspergillus niger* L119 (3,9 U mg<sup>-1</sup>), *Aspergillus awamori* L107 (4,1 U mg<sup>-1</sup>) i *Aspergillus niger* GMSA (2 U mg<sup>-1</sup>) charakteryzują się wyższą aktywnością amylolityczną niż badany w niniejszej pracy szczep *A. niger* hodowany w temperaturze 37°C (1,4 U mg<sup>-1</sup>), ale podobną w temperaturze 20°C (2,7 U mg<sup>-1</sup>). Uguru i in. [1997] wykazali również wyższą aktywność amylolityczną szczepu *A. niger* hodowanego w 20°C (16 U mg<sup>-1</sup>) wyizolowanego z kompostu, w porównaniu do najwyższej aktywności enzymów amylolitycznych w hodowlach badanego w niniejszej pracy szczepu inkubowanego w temperaturze 20°C (2,7 U mg<sup>-1</sup>). Jyotsna i in. [2020] wykazali, że *Aspergillus oryzae* charakteryzuje się wydzielaniem enzymów amylolitycznych o wyższej aktywności w różnych temperaturach hodowli (15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C) w porównaniu ze szczepem *Penicillium chrysogenum*. Spostrzeżenia te są zbieżne z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy, ponieważ wyższą aktywność enzymów amylolitycznych w hodowli *A. niger* uzyskano w temperaturze 20°C. W temperaturze 37°C wyższą aktywność zanotowano w hodowli *P. citrinum* niż w hodowli *A. niger*. Z danych przedstawionych przez Jyotsna i in. [2020] wynika, że w 40°C aktywność enzymów amylolitycznych była jednakowa w hodowlach szczepów *P. chrysogenum* i *A. oryzae*.

W hodowli szczepu *Byssochlamys spectabilis* zanotowano również wzrost aktywności enzymów amylolitycznych w czasie 28 dni trwania doświadczenia zwłaszcza w hodowlach inkubowanych w 37°C (ryc.2) Najwyższą aktywność enzymów amylolitycznych stwierdzono w 28. dniu trwania doświadczenia w temperaturze 37°C oraz w 14. dniu w temperaturze 20°C. Jak podają Morais i in. [2018], *B. spectabilis* jest pleśnią należącą do termofili, stąd można tłumaczyć wyższą aktywność enzymów amylolitycznych w hodowli badanego szczepu *B. spectabilis* inkubowanego w temperaturze 37°C. Gonçaves i in. [2017] podają natomiast, że *B. spectabilis* należy do grzybów termotolerancyjnych, dlatego można przypuszczać, że aktywność enzymów amylolitycznych była wyższa w temperaturze 20°C niż w 37°C w 7. i 21. dniu hodowli. W ogólnym ujęciu



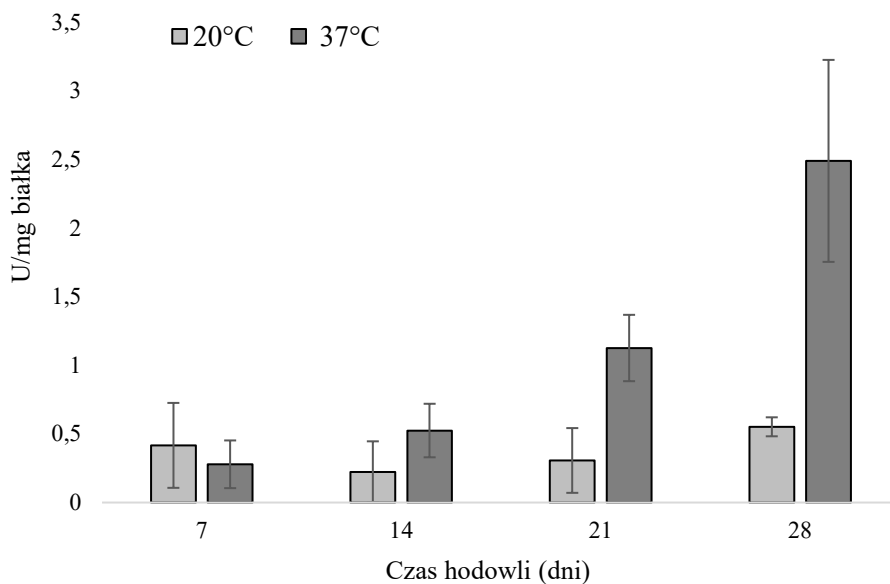
Ryc. 1. Dynamika zmian aktywności enzymów amylolytycznych wydzielanych przez *Aspergillus niger* w temperaturze 20°C i 37°C



Ryc. 2. Dynamika zmian aktywności enzymów amylolytycznych wydzielanych przez *Byssochlamys spectabilis* w temperaturze 20°C i 37°C

grzyb *B. spectabilis* charakteryzował się prawie dwukrotnie niższą aktywnością enzymów amylolitycznych w porównaniu ze szczepem *A. niger*.

Dynamika zmian aktywności enzymów amylolitycznych *P. citrinum* zależy od czasu i temperatury hodowli grzyba (ryc.3) W temperaturze 20°C aktywność tych enzymów przez cały okres doświadczenia utrzymywała się na zbliżonym poziomie, z niewielkim spadkiem w drugim tygodniu hodowli grzyba. W tej temperaturze aktywność enzymów amylolitycznych była znacząco niższa w porównaniu do aktywności enzymów wydzielanych w hodowlach inkubowanych w 37°C . Zarówno w temperaturze 20°C , jak i 37°C aktywność enzymów amylolitycznych była najwyższa po 28 dniach inkubacji (ryc. 3). Przeciwnie wyniki uzyskali Jyotsna i in. [2020], którzy wykazali niewielką różnicę w aktywności amylolitycznej *P. chrysogenum* w 20°C i 35°C . Najwyższą aktywność enzymów amylolitycznych autorzy ci wykazali w temperaturze 30°C i była to aktywność równa 8,5 U mg<sup>-1</sup> . Aktywność amylolityczna w hodowlach szczepu *P. chrysogenum* w 20°C wyniosła 6 U mg<sup>-1</sup> i była to znacząco wyższa aktywność w porównaniu z aktywnością badanego szczepu *P. citrinum* (0,5 U mg<sup>-1</sup>). Jyotsna i in. [2020] wykazali również, że *P. chrysogenum* wykazuje niższą aktywność amylolityczną niż szczep *A. oryzae*. Spostrzeżenia te są zbieżne z uzyskanymi w niniejszej pracy wynikami, ale tylko w odniesieniu do hodowli grzybów inkubowanych w temperaturze 20°C.



Ryc. 3. Dynamika zmian aktywności enzymów amylolitycznych wydzielanych przez *Penicillium citrinum* w temperaturze 20°C i 37°C

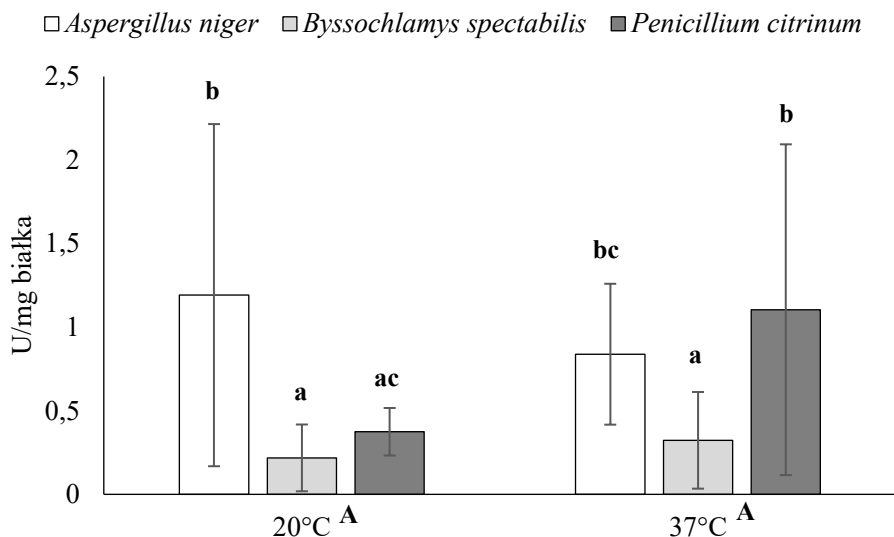
Wartości pH podłoża hodowlanego *A. niger* w trakcie trwania doświadczenia nieznacznie wzrosły z wyjątkiem drugiego tygodnia, kiedy to zanotowano spadek pH zarówno w temperaturze 20°C, jak i 37°C (tab. 1) Mieściły się z zakresie 3,11–3,34 oraz 3,23–3,53 odpowiednio w temperaturze 20°C i 37°C. W hodowli szczepu *B. spectabilis* zanotowano, że w temperaturze 20°C odczyn w trakcie trwania doświadczenia nieznacznie się zmienił i mieścił się w zakresie 2,86–3,01. Natomiast w temperaturze 37°C przez pierwsze dwa tygodnie trwania doświadczenia, pH utrzymywało się na zbliżonym poziomie (pH = 2,86–2,93), po czym zanotowano gwałtowny wzrost utrzymujący się do końca trwania doświadczenia (pH = 6,69–7,08). W hodowlach szczepu *P. citrinum* inkubowanego w temperaturze 20°C i 37°C zanotowano obniżenie wartości pH podłoża. Wartości pH mieściły się z zakresie 2,71–2,85 (20°C) oraz 2,52–2,82 (37°C) (tab. 1).

Przeprowadzona analiza korelacji wskazała, że w temperaturze 20°C, tylko w hodowli *A. niger* aktywność enzymów amylolitycznych była istotnie uzależniona od pH (0,683\*). Natomiast w temperaturze 37°C aktywność enzymów amylolitycznych wydzielanych przez wszystkie badane szczepy grzybów była istotnie skorelowana z pH podłoża hodowlanego. Analiza wykazała istotnie dodatnią korelację w hodowli szczepu *A. niger* (0,883\*) i *B. spectabilis* (0,582\*). W hodowli szczepu *P. citrinum* wykazano, że spadek pH sprzyjał wzrostowi aktywności enzymów amylolitycznych, o czym świadczyła ujemna korelacja (–0,583\*).

Tabela 1. Zmiany pH płynu hodowlanego w trakcie trwania hodowli

Szczep	Temperatura hodowli (°C)	Dzień hodowli			
		7	14	21	28
<i>Aspergillus niger</i>	20	3,24	3,11	3,25	3,34
	37	3,27	3,23	3,40	3,53
<i>Byssochlamys spectabilis</i>	20	2,93	2,86	2,86	3,01
	37	3,65	3,63	6,69	7,08
<i>Penicillium citrinum</i>	20	2,85	2,77	2,69	2,71
	37	2,82	2,77	2,52	2,61

Jak wykazała analiza wariancji w temperaturze 20°C, istotnie wyższą aktywnością enzymów amylolitycznych charakteryzował się szczep *A. niger* w porównaniu do pozostałych dwóch szczepów grzybów. Temperatura hodowli 37°C najbardziej sprzyjała aktywności enzymatycznej *P. citrinum*. Szczep ten różnił się istotnie jedynie od szczepu *B. spectabilis* w uwalnianiu aktywnych enzymów amylolitycznych. Ponadto aktywność enzymów amylolitycznych w hodowli szczepu *P. citrinum* inkubowanego w temperaturze 20°C była istotnie niższa od aktywności tych enzymów, w hodowli inkubowanej w temperaturze 37°C. Pozostałe szczepy grzybów nie różniły się istotnie aktywnością enzymów amylolitycznych w badanych temperaturach (ryc. 4).



Objaśnienia: Litery a, b, c oraz A oznaczają średnie tworzące grupy jednorodnie (test post-hoc HSD-Tukey dla ANOVA wieloczynnikowej). Gdy dwóm porównywanym wartościom przypisano tę samą literę (np.: a, a lub A, A), to nie różniły się one istotnie (przy  $\alpha = 0,05$ ); jeśli porównywane wartości oznaczono różnymi literami (np.: a i b lub ab i cd), to różnią się one od siebie istotnie (przy  $\alpha = 0,05$ ).

Ryc. 4. Wpływ temperatury hodowli na aktywność enzymów amylolitycznych grzybów strzępkowych

### Stwierdzenia i wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że szczepy grzybów *A. niger*, *B. spectabilis* oraz *P. citrinum* wydzielają enzymy amylolityczne.
2. Aktywność zewnątrzkomórkowych enzymów amylolitycznych wydzielanych przez badane szczepy grzybów zależy od temperatury, czasu hodowli i od pH.
3. Najwyższą aktywność enzymów amylolitycznych zanotowano w hodowli grzyba *A. niger* w temperaturze hodowli 20°C, natomiast w temperaturze 37°C w hodowli szczepu *P. citrinum*.
4. Szczep *B. spectabilis* cechował się najniższą aktywnością enzymów amylolitycznych.
5. W hodowlach badanych szczepów grzybów aktywność enzymów amylolitycznych rosła wraz z czasem trwania doświadczenia.
6. Aktywność amylolityczna *A. niger* w temperaturze 20°C i 37°C istotnie wzrosła wraz ze wzrostem pH podłoża, natomiast w hodowli grzyba *B. spectabilis* taką zależność zanotowano tylko w temperaturze 37°C. W hodowli *P. citrinum* w temperaturze 37°C, wzrost pH podłoża hodowlanego istotnie obniżał aktywność enzymów amylolitycznych.

7. Biorąc pod uwagę względy ekonomiczne (niższa temperatura, niższe koszty), w celu pozyskania z mikroorganizmów aktywnych enzymów amylolitycznych mogących być składnikiem preparatów enzymatycznych, preferowane są szczepy wykazujące wysoką aktywność w niższej temperaturze. Dlatego na podstawie uzyskanych wyników badań proponowany jest do tego celu szczep *A. niger* wykazujący wyższą aktywność enzymów amylolitycznych w temperaturze 20°C.

8. Szczep *P. citrinum* wykazujący wysoką aktywność amylolityczną w temperaturze 37°C może mieć zastosowanie w procesach technologicznych, w których wysoka temperatura jest jednym z podstawowych elementów produkcji.

## Bibliografia

- Balkan B., Aydogdu H., Balkan S. i in., 2012. Amylolytic activities of fungi species on the screening medium adjusted to different pH. *Erzincan University J. Sci. Tech.* 5(1), 1–12.
- Chen W., Xie T., Shao Y. i in., 2012. Phylogenomic relationships between amylolytic enzymes from 85 strains of fungi. *PloS One* 7(11), 49679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049679>
- Dinu D., Nechifor M.T., Stoian G. i in., 2007. Enzymes with new biochemical properties in the pectinolytic complex produced by *Aspergillus niger* MIUG 16. *J. Biotech.* 131(2), 128–137, <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2007.06.005>
- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H., 2007. *Compendium of soil Fungi*. IHW-Verlag Eching, München.
- Gonçalves V.N., Oliveira F.S., Carvalho C.R. i in., 2017. Antarctic rocks from continental Antarctica as source of potential human opportunistic fungi. *Extremophiles* 21, 851–860, <https://doi.org/10.1007/s00792-017-0947-x>
- Gniewosz M., Lipińska E. (red.), 2013. *Zastosowanie wybranych drobnoustrojów w biotechnologii żywności*. PWN, Warszawa, 113–119, 260–264.
- Gutarowska B., 2010. *Grzyby strzępkowe zasiedlające materiały budowlane. Wzrost oraz produkcja mikotoksyn i alergenów*. Zesz. Nauk. Polit. Łódź 1074.
- Ilczuk Z., Fiedurek J., 1983. Selekcja i mutagenizacja grzybów niższych w kierunku zwiększonej aktywności amylolitycznej. *Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska C, Biologia* 38.
- Jarzynka S., Dąbkowska M., Netsvyetayeva I. i in., 2010. Mycotoxins – dangerous metabolites of moulds. *Med. Rodz.* 4, 113–119.
- Jyotsna K., Kumari P., Kumar M., 2020. Production of  $\alpha$ -amylase by *Aspergillus oryzae*, *Penicillium chrysogenum* and *Rhizopus stolonifer* causing spoilage of slice breads. *J. Biotech. Biochem.* 6(6), 38–47, <https://doi.org/10.9790/264X-0606023847>
- Kun R.S., Garrigues S., Di Falco M. i in., 2021. Blocking utilization of major plant biomass polysaccharides leads *Aspergillus niger* towards utilization of minor components. *Microb. Biotech.* 14(4), <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13835>
- Libudzisz Z., Kowal K., Żakowska Z., 2007. *Mikrobiologia techniczna, t. 1. Mikroorganizmy i środowiska ich występowania*. Wyd. Nauk. PWN.
- Lowry W.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. i in., 1973. Protein measurement with the Folin reagent. *J. Biol.Chem.* 258, 5696–5701.
- Łopatiuk O., Krakowiak D., Laszczka D. i in., 2020. Liczebność mikroorganizmów oraz aktywność enzymów hydrolitycznych pleśni wyizolowanych z wybranych przypraw dostępnych na rynku krajowym. W: M. Babicz, K. Kropiwiiec-Domańska (red.), *Wybrane zagadnienia z zakresu przemysłu spożywczego oraz zarządzania i inżynierii produkcji*. Wyd. Uniw. Przyr. Lublin, 32–42.

- Mitidieri S., Martinelli A.H., Schrank A. i in., 2006. Enzymatic detergent formulation containing amylase from *Aspergillus niger*: A comparative study with commercial detergent formulations. *Biores. Technol.* 97(10), 1217–1224, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.05.022>
- Morais T.P., de Barbosa P.M., Garcia N.F. i in., 2018. Catalytic and thermodynamic properties of  $\beta$ -glucosidases produced by *Lichtheimia corymbifera* and *Byssoschlamys spectabilis*. *Prep. Biochem. Biotech.* 48(9), 777–786, <https://doi.org/10.1080/10826068.2018.1509083>
- Piejak M., Bohacz J., 2022. Grzyby saprotroficzne w gospodarce odpadami. W: M. Maciąg, A. Danielewska (red.), VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Problem odpadów i ich zagospodarowania”. Abstrakty. Wyd. Tygiel, Lublin, 19–20.
- Shafique S., Bajwa R., Shafique S., 2010. Mutagenesis and genetic characterisation of amylolytic *Aspergillus niger*. *Natural Prod. Res.* 24(12), 1104–1114. <https://doi.org/10.1080/14786410802617474>
- Strąk E., Balcerek M., 2016. Słody jako źródło enzymów amylolitycznych w procesie enzymatycznej hydrolizy skrobi. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 6(109), 41–54.
- Uguru G.C., Akinyanju J.A., Sani A., 1997. The use of yam peel for growth of locally isolated *Aspergillus niger* and amylase production. *Enzyme Microb. Technol.* 21(1), 48–51, [https://doi.org/10.1016/s0141-0229\(96\)00225-6](https://doi.org/10.1016/s0141-0229(96)00225-6)
- Watanabe T., 2010. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species. CRP Press, Boca Raton.

## Zielona herbata – właściwości prozdrowotne oraz wykorzystanie w kosmetologii

Green tea – health-promoting properties and use in cosmetology

### Wstęp

Zielona herbata to jeden z najpopularniejszych napojów. Tradycja jego spożywania została zapoczątkowana około 5000 lat temu w Chinach oraz Indiach i jest praktykowana do dziś [Chacko i in. 2010]. Niepowtarzalny smak i aromat, a także prozdrowotne właściwości tego napoju są wysoko cenione wśród wielu społeczności, a on sam zaliczany jest do superżywności (tzw. superfoods) ze względu na udokumentowane działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne, immunoregulujące, przeciwcukrzycowe, hepatoprotekcyjne, przeciwnowotworowe, wspomagające pracę układu krążenia oraz walkę z otyłością. Niektórzy utożsamiają regularne spożywanie naparów z zielonej herbaty z długowiecznością i ochroną przed chorobami neurodegeneracyjnymi, takimi jak choroba Alzheimera i choroba Parkinsona [Zhao i in. 2022]. Wykorzystanie potencjału *Camellia sinensis* (L.) Kuntze opiera się na zastosowaniu nie tylko wewnętrznym, ale również zewnętrznym. Producenci produktów kosmetycznych coraz chętniej wykorzystują wyciągi lub ekstrakty z tej rośliny w produktach ze względu na działanie przeciwzapalne, przeciwutleniające, nawilżające, przeciwstarzeniowe, wybielające, odkażające i fotoprotekcyjne [Engler-Jastrzębska i in. 2019, Ratnani i in. 2022, Jia i in. 2023].

Drzewa herbaciane to wiecznie zielone krzewy, które mogą dorastać nawet do 15–30 m wysokości, jednak najczęściej spotykane są okazy sięgające od 1 do 6 m. Uprawa tej rośliny potrzebuje gleby o lekko kwaśnym pH oraz ciepłego i wilgotnego klimatu, dlatego subtropikalne południowe Chiny stanowią doskonały teren [Pan i in. 2022, Arct i in. 2016]. Herbata jest produkowana także w Indiach, Keni i na Sri Lance [Zhang i in. 2019]. Zielona herbata pozyskiwana jest ze świeżych liści i pąków rośliny *C. sinensis*, z której produkowana jest również herbata czarna oraz oolong. W przypadku wytwarzania herbaty zielonej pomijany jest etap fermentacji [Chacko i in. 2010], dzięki temu po zaparzeniu przyjmuje ona barwę od zielono-żółtej do intensywnie zielonej i charakteryzuje się słabym zapachem z lekko gorzkim i cierpkim smakiem [Pan i in. 2022].

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Koło Naukowe „Herba Medica”, dominika.pietrasik01@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Architektury Krajobrazu i Ogrodnictwa, Katedra Warzywnictwa i Zielaństwa



Celem niniejszej pracy było zebranie i przedstawienie informacji dotyczących właściwości leczniczych i kosmetycznych oraz możliwości wykorzystania zielonej herbaty, ze szczególnym uwzględnieniem ekstraktu pozyskiwanego z tej rośliny.

### **Skład chemiczny zielonej herbaty**

W zielonej herbacie znajduje się blisko 4000 związków bioaktywnych, wśród których polifenole stanowią najliczniejszą grupę, a ich zawartość w suchej masie wynosi od 25% do 37% [Bienia i in. 2019]. W tej grupie związków największy udział mają katechiny (15–35% suchej masy), następnie flawonole (do 5%) i kwasy fenolowe (0,5–5%) [Maslov i in. 2022]. Wśród pochodnych katechin do najbardziej aktywnych związków należą: epikatechyna, epigallokatechyna, galusan epikatechiny oraz galusan epigallokatechiny (ang. epigallocatechin gallate, EGCG), który stanowi około 59% wszystkich polifenoli w suchych liściach i powszechnie jest uważany za główny składnik zielonej herbaty [Reygaert 2018, Ratnani i in. 2022]. Ponadto w surowcu występują aminokwasy, kofeina (1,5–3,5%), węglowodany oraz białka [Maslov i in. 2022]. Charakterystyczny cierpki smak zielonej herbaty z delikatnym posmakiem palonego karmelu jest spowodowany wysoką zawartością katechin, a także obecnością aminokwasu niebiałkowego – L-teaniny [Bienia i in. 2019]. Katechiny obecne w tej roślinie po spożyciu przez człowieka umożliwiają regenerację i hamują oksydację niskocząsteczkowych antyoksydantów, takich jak glutation,  $\beta$ -karoten, witaminy C i E, dzięki czemu ich działanie przeciwutleniające jest silniejsze i trwalsze [Donejko i in. 2013]. Ponadto w zielonej herbacie występują witaminy, głównie B<sub>2</sub>, C i E oraz kwas foliowy, a także enzymy glukozydazy i lipoksydazy [Zhao i in. 2022]. Spośród pierwiastków mineralnych w największej ilości występują potas, wapń, żelazo, fosfor i magnez, a także niewielkie ilości pierwiastków śladowych, takich jak mangan, cynk, selen, fluor i miedź [Prasanth i in. 2019, Ratnani i in. 2022].

### **Właściwości prozdrowotne zielonej herbaty**

#### **Działanie przeciwnowotworowe**

Właściwości przeciwnowotworowe zielonej herbaty są związane z wysoką zawartością związków polifenolowych. Substancje te hamują podział komórek nowotworowych, a także indukują enzymy antyoksydacyjne, w tym dysmutazę ponadtlenkową, S-transferazę glutationu, peroksydazę glutationu i reduktazę glutationu [Farhan 2022]. Liczne badania naukowe wskazują, że katechiny zawarte w zielonej herbacie wykazują skuteczność w leczeniu raka prostaty, piersi, skóry, jamy ustnej, przełyku, żołądka, jelita, pęcherza moczowego, trzustki i okrężnicy [Donejko i in. 2013, Musial i in. 2020, Farhan 2022]. Do mechanizmów odpowiadających za potencjał antykancerogeny należy między innymi zdolność do neutralizacji cytokin prozapalnych, które odgrywają kluczową rolę we wczesnych etapach rozwoju nowotworu [Prasanth i in. 2019], hamujący wpływ na ekspresję białka TNF- $\alpha$ , czyli czynnika martwicy nowotworów [Ohishi i in. 2016], oraz redukcja wzrostu komórek oraz indukcja apoptozy [Shirakami i Shimizu 2018].

Katechiny obecne w zielonej herbacie posiadają zdolność do niszczenia komórek nowotworowych, nie naruszając otaczających ich zdrowych tkanek, co wykazano w różnych modelach nowotworów [Farhan 2022]. Badanie przeprowadzone przez Zhanga i in. [2020] wykazało, że picie 5 lub większej liczby filiżanek zielonej herbaty w ciągu tygodnia zmniejsza o około 15% ryzyko wystąpienia nowotworu piersi u kobiet. Analizy *in vitro* udowodniły, że EGCG może redukować uszkodzenia na poziomie molekularnym wywołane działaniem wolnych rodników i zmniejszać ryzyko rozwoju raka [Zhang i in. 2020]. W badaniach przeprowadzonych przez Hong i in. [2017] wykazano, że EGCG indukuje apoptozę komórek guza piersi i hamuje nowotworzenie poprzez inaktywację szlaku sygnałowego  $\beta$ -kateniny, który jest kluczowy w kilku etapach wzrostu i różnicowania gruczołu sutkowego. Ten system sygnalizacyjny ma kluczowe znaczenie w procesach związanych z rozwojem i patogenezą raka piersi, a dzięki jego modulacji zmniejsza ryzyko wystąpienia tego rodzaju nowotworu [Hong i in. 2017]. Ponadto w badaniach *in vitro* oraz *in vivo* wykazano, że katechiny działają prewencyjnie i obniżają ryzyko rozwoju raka skóry w przypadku nowotworów wywołanych nadmierną ekspozycją na promieniowanie ultrafioletowe (UV) [Donejko i in. 2013].

### **Działanie przeciwzapalne i przeciwutleniające**

Stan zapalny często towarzyszy różnym schorzeniom, w tym skóry. Charakteryzuje się uwalnianiem mediatorów zapalnych, które dodatkowo nasilają wytwarzanie reaktywnych form tlenu. Działanie przeciwzapalne zielonej herbaty opiera się na zmniejszeniu zdolności do migracji i tłumienia produkcji m.in. interleukiny 1 (IL-1), metaloproteinaz macierzy (ang. matrix metalloproteinases, MMPs), bradykininy i histaminy, dzięki czemu dochodzi do zahamowania sygnalizacji w procesie zapalnym [Ohishi i in. 2016]. W analizie przeprowadzonej przez zespół badaczy z Indii dowiedziono, że wodny ekstrakt z zielonej herbaty skutecznie hamował denaturację białek (albuminy) jaja. Denaturacja białek tkankowych jest jedną z dobrze udokumentowanych przyczyn chorób zapalnych i artretycznych, dlatego związki zawarte w zielonej herbacie mogą stanowić alternatywną drogę w terapii chorób o podłożu zapalnym [Bhattacharya i in. 2012]. Przeciwutleniające zdolności zielonej herbaty wiążą się też z ograniczeniem ilości wolnych rodników poprzez ich wiązanie oraz spotęgowanie produkcji enzymów antyoksydacyjnych [Reygaert 2018, Prasanth i in. 2019]. Zostało to potwierdzone w badaniach polegających na naprzemiennej ekstrakcji świeżych liści zielonej herbaty 96-procentowym, 60-procentowym, 40-procentowym i 20-procentowym etanolem i wodą. W doświadczeniu określono sumę zawartości katechin, związków fenolowych oraz flawonoidów, które wynosiły odpowiednio: 94,98 mg/ml, 87,58 mg/ml oraz 7,46 mg/ml. Badania wykazały, że najwyższą aktywnością przeciwutleniającą cechował się ekstrakt 96-procentowego etanolu ze względu na największą ilość substancji biologicznie czynnych [Maslov i in. 2022].

### **Zielona herbata jako składnik preparatów kosmetycznych**

Zielona herbata może być wykorzystywana także w preparatach nakładanych bezpośrednio na skórę. Miejscowa aplikacja wspomaga lepszą regenerację skóry poprzez stymulację keratynocytów do odnowy. Ponadto koi i łagodzi stany zapalne, a także

wspomaga leczenie łuszczycy czy różyczki [Hsu i in. 2003]. Zielona herbata pozytywnie wpływa na pielęgnację jamy ustnej, skutecznie zapobiega powstawaniu próchnicy, nadżerek oraz aft poprzez działanie bakteriostatyczne m.in. wobec *Escherichia coli*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus sorbinus* i *Streptococcus mutants* [Nowak i in. 2013]. Preparaty kosmetyczne z zieloną herbata są także przeznaczone dla osób zmagających się z trądzikiem, ponieważ obecne w *C. sinensis* polifenole regulują wydzielanie sebum, a dodatkowo działają przeciwbakteryjnie i przeciwzapalnie [Hoffmann i in. 2020]. W badaniach *in vitro* wykazano ponadto, że EGCG ogranicza lipogenezę w komórkach łojowych, przeciwdziała rozwojowi *Cutibacterium acnes* i zmniejsza wywołany przez nie stan zapalny, co przekłada się na łagodniejszy przebieg trądziku [Yoon i in. 2013].

Wysoka zawartość polifenoli w zielonej herbacie sprawia, że chroni ona skórę przed przedwczesnym starzeniem wywołanym promieniowaniem ultrafioletowym, obejmującym działanie przeciwnowotworowe, przeciwzmarszczkowe, przeciwutleniające i przeciwzapalne [Roh i in. 2017]. Właściwości przeciwstarzeniowe, przeciwzapalne i przeciwnowotworowe zielonej herbaty są ściśle związane z czterema pochodnymi katechin (epikatechiny, epigallokatechiny i 3-galusanu epikatechiny), z których wszystkie posiadają zdolność penetracji do głębszych warstw skóry. Badania *in vitro* wykazały, że związki te zwiększają proliferację i funkcję fibroblastów, a tym samym zwiększają poziom kolagenu i elastyny. Analiza histologiczna dowiodła, że preparat z dodatkiem zielonej herbaty znacząco pogrubiał żywe warstwy naskórka, co wskazuje na zwiększoną odnowę komórkową [Juhasz i in. 2018]. Działanie nawilżające związane z obecnością EGCG zostało potwierdzone poprzez pomiar ekspresji genów związanych z naturalnym czynnikiem nawilżającym (ang. natural moisturizing factors, NMF) – syntazy kwasu hialuronowego oraz hialuronidazy. Galusan epigallokatechiny zwiększał ekspresję wyżej wymienionych genów, co sugeruje, że może być stosowany jako składnik kosmetyczny zapewniający odpowiedni poziom nawilżenia skóry, zatrzymywanie wilgoci i zminimalizowanie tworzenia się zmarszczek [Kim i in. 2018].

W badaniu Shin i in. [2022] zostało wykazane działanie wybielające oraz antyoksydacyjne ekstraktu zielonej herbaty w połączeniu ze złotem koloidalnym. Testowany ekstrakt hamował syntezę melaniny, a także aktywność enzymu tyrozynazy. Dodatkowo przedstawiono, że ekstrakt cechowała wyższa aktywność antyoksydacyjna porównaniu z kwasem L-askorbinowym [Shin i in. 2022]. Podobne wyniki uzyskano w badaniu Chaikul i in. [2020], w którym zielona herbata stosowana była jako środek niwelujący przebarwienia i przeciwdziałający starzeniu się skóry. Zielona herbata wykazuje również działanie fotochronne, które jest ściśle związane z EGCG i jego aktywnością przeciwutleniającą oraz zdolnością do regulacji ekspresji genów odpowiedzialnych za procesy fotostarzenia. Udowodniono, że EGCG stymuluje fibroblasty do syntezy macierzy zewnątrzkomórkowej oraz hamuje aktywność telomerazy, proteaz i metaloproteinaz, a także ogranicza wytwarzanie reaktywnych form tlenu i wspomaga aktywność enzymów antyoksydacyjnych. W konsekwencji negatywne skutki oddziaływania promieniowania UV zostają złagodzone, a skóra utrzymuje młody i zdrowy wygląd [Jia i in. 2023]. Ponadto EGCG działa synergistycznie z kwasem hialuronowym, wykazując zarówno lepsze działanie przeciwutleniające, lepsze przenikanie, jak i osadzanie się na skórze. Dane literaturowe wykazały, że stosowanie tych związków powoduje zmniejszenie peroksydacji lipidów i ekspresji metaloproteinaz macierzy wewnątrzkomórkowych, co może być wykorzystane w produktach kosmetycznych w celu uzyskania lepszych efektów

przeciwutleniających i przeciwstarzeniowych [Avadhani i in. 2017]. Wysoki potencjał prozdrowotny EGCG znalazł zastosowanie także w terapii schorzeń, takich jak łuszczyca czy atopowe zapalenie skóry, gdyż może znacząco złagodzić objawy, np. rumień, łuszczenie się, świąd czy obrzęk [Frasheri i in. 2020]. Zewnętrzne stosowanie EGCG wpływa korzystnie na proces bliznowacenia i gojenia się ran ze względu na działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe i pobudzające angiogenezę [Xu i in. 2021].

## Podsumowanie

Wśród licznych właściwości prozdrowotnych zielonej herbaty można wyróżnić działanie przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwutleniające, odkażające, regenerujące, a także zapobiegające nadwadze i cukrzycy. Najważniejsze związki aktywne zielonej herbaty – do których zaliczymy składniki mineralne, kwasy fenolowe, witaminy oraz katechiny ze szczególnym uwzględnieniem EGCG – stanowią grupę naturalnych przeciwutleniaczy, które znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym i spożywczym. Regularne spożywanie naparów z zielonej herbaty może stanowić profilaktykę przed wieloma chorobami cywilizacyjnymi. Wyciągi oraz ekstrakty wykorzystywane są zarówno w preparatach do stosowania zewnętrznego (preparaty kosmetyczne), a także wewnętrznego (najczęściej w postaci suplementów diety oraz naparów).

Rynek kosmetyczny obfituje w produkty posiadające w składzie ekstrakty z zielonej herbaty. Popularne są produkty przeciwcellulitowe, rewitalizujące, niwelujące przebarwienia oraz anti-age, które mają za zadanie wyrównywać pierwsze oznaki starzenia, a także chronić przed ich powstawaniem. Wyroby kosmetyczne z zieloną herbatą przeznaczone są dla cer dojrzałych, naczyniowych i tłustych ze względu na działanie przeciwzapalne, przeciwutleniające i odkażające [Engler-Jastrzębska i in. 2019]. Szeroka gama produktów z wyciągami z zielonej herbaty obejmuje m.in. żele pod prysznic, sole do kąpieli, kremy do twarzy i pod oczy, toniki, preparaty do włosów i balsamy do ciała [Arct i in. 2016].

## Bibliografia

- Arct J., Tomaszewska K., Pytkowska K., 2016. Zielona herbata. *Pol. J. Cosmetol.* 19(2),
- Avadhani K.S., Manikkath J., Tiwari M. i in., 2017. Skin delivery of epigallocatechin-3-gallate (EGCG) and hyaluronic acid loaded nano-transfersomes for antioxidant and anti-aging effects in UV radiation induced skin damage. *Drug Deliv.* 24(1), 61–74, <https://doi.org/10.1080/10717544.2016.1228718>
- Bhattacharya S., Chandra S., Chatterjee P. i in, 2012. Evaluation of anti-inflammatory effects of green tea and black tea: A comparative in vitro study. *J. Adv. Pharm. Technol. Res.* 3(2), 136–139, <https://doi.org/10.4103/2231-4040.97298>
- Bienia B., Uram-Dudek A., Dykiel M. i in., 2019. Właściwości przeciwutleniające wybranych herbat zielonych. *Herbalism* 5(1), 32–40.
- Chacko S.M., Thambi P.T., Kuttan R. i in, 2010. Beneficial effect of green tea: a literature review. *Chinese. Med.* 5, 13, 1–9, <https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-13>

- Chaikul P., Sripisut T., Chanpirom S. i in., 2020. Anti-skin aging activities of green tea (*Camellia sinensis* (L) Kuntze) in B16F10 melanoma cells and human skin fibroblasts. *Eur. J. Integr. Med.* 40, 101212. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101212>
- Donejko M., Niczyporuk M., Galicka E. i in., 2013. Właściwości antynowotworowe galusanu epigallokatechiny zawartego w zielonej herbacie. *Post. Hig. Med. Dośw.* 67, 26–34, <http://dx.doi.org/10.5604/17322693.1029528>
- Engler-Jastrzębska M., Musiał C., Kamm A., 2019. Metody niwelowania hiperpigmentacji skóry w świetle nowych doniesień naukowych. *Kosmetol. Estet.* 8(5), 553–560.
- Farhan M., 2022. Green tea catechins: nature's way of preventing and treating cancer. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 10713, <https://doi.org/10.3390/ijms231810713>
- Frasheri L., Schielein M.C., Tizek L. i in., 2020. Great green tea ingredient? A narrative literature review on epigallocatechin gallate and its biophysical properties for topical use in dermatology. *Phytother. Res.* 34(9), 2170–2179, <https://doi.org/10.1002/ptr.6670>
- Hoffmann J., Gendrisch F., Schempp C.M. i in., 2020. New herbal biomedicines for the topical treatment of dermatological disorders. *Biomedicines* 8(2), 27, <https://doi.org/10.3390/biomedicines8020027>
- Hong O.Y., Noh E.M., Jang H.Y., 2017. Epigallocatechin gallate inhibits the growth of MDA-MB-231 breast cancer cells via inactivation of the beta-catenin signaling pathway. *Oncol. Lett.* 14(1), 441–446, <https://doi.org/10.3892/ol.2017.6108>
- Hsu S., Bollag W.B., Lewis J. i in., 2003. Green tea polyphenols induce differentiation and proliferation in epidermal keratinocytes. *J. Pharmacol. Exp.* 306(1), 29–34, <https://doi.org/10.1124/jpet.103.049734>
- Jia Y., Mao Q., Yang J. i in., 2023. (–)-Epigallocatechin-3-gallate protects human skin fibroblasts from ultraviolet a induced photoaging. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* 16, 149–159, <https://doi.org/10.2147/CCID.S398547>
- Juhász M.L., Levin M.K., Marmur E.S., 2018. The use of natural ingredients in innovative Korean cosmeceuticals. *J. Cosmet. Dermatol.* 17(3), 305–312, <https://doi.org/10.1111/jocd.12492>
- Kim E., Hwang K., Lee J. i in., 2018. Skin protective effect of epigallocatechin gallate. *Int. J. Mol. Sci.* 19(1), 173, <https://doi.org/10.3390/ijms19010173>
- Maslov O., Kolisnyk S., Komisarenko M. i in., 2022. Study of total antioxidant activity of green tea leaves (*Camellia sinensis* L.). *Herba Pol.* 68(1), 1–9, <https://doi.org/10.2478/hepo-2022-0003>
- Musiał C., Kuban-Jankowska A., Gorska-Ponikowska M., 2020. Beneficial properties of green tea catechins. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 1744, <https://doi.org/10.3390/ijms21051744>
- Nowak A., Klimowicz A., 2013. Zdrowotne oddziaływanie polifenoli zielonej herbaty (*Camellia sinensis* L.). *Kosmos* 62(1), 87–93.
- Ohishi T., Goto S., Monira P. i in. 2016. Anti-inflammatory action of green tea. *Antiinflamm. Antiallergy Agents Med. Chem.* 15(2), 74–90, <https://doi.org/10.2174/1871523015666160915154443>
- Pan S.Y., Nie Q., Tai H.C. i in., 2022. Tea and tea drinking: China's outstanding contributions to the mankind. *Chin. Med.* 17, 27, <https://doi.org/10.1186/s13020-022-00571-1>
- Prasanth M.I., Sivamaruthi B.S., Chaiyasut C. i in., 2019. A review of the role of green tea (*Camellia sinensis*) in antiphotaging, stress resistance, neuroprotection, and autophagy. *Nutrients* 11(2), 474, <https://doi.org/10.3390/nu11020474>
- Ratnani S., Malik S., 2022. Therapeutic properties of green tea: a review. *J. Multidiscip. Appl. Nat. Sci.* 2(2), 90–102, <https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.117>
- Reygaert W., 2018. Green tea catechins: their use in treating and preventing infectious diseases. *Biomed. Res. Int.* 1–9, <https://doi.org/10.1155/2018/9105261>
- Roh E., Kim J.E., Kwon J.Y. i in., 2017. Molecular mechanisms of green tea polyphenols with protective effects against skin photoaging. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57(8), 1631–1637, <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1003365>

- Shin S., Kim M., Song N. i in., 2022. Antioxidant and anti-melanogenesis effects of colloidal gold *Camellia sinensis* L. Extracts. *Molecules* 27, 5593, <https://doi.org/10.3390/molecules27175593>
- Shirakami Y., Shimizu M., 2018. Possible mechanisms of green tea and its constituents
- Xu F.W., Lv Y.L., Zhong Y.F. i in., 2021. Beneficial effects of green tea EGCG on skin wound healing: a comprehensive review. *Molecules* 26(20), 6123, <https://doi.org/10.3390/molecules26206123>
- Yoon J.Y., Kwon H.H., Min S.U. i in., 2013. Epigallocatechin-3-gallate improves acne in humans by modulating intracellular molecular targets and inhibiting *P. acnes*. *J. Invest. Dermatol.* 133(2), 429–440, <https://doi.org/10.1038/jid.2012.292>
- Zhang D., Nichols H.B., Troester M. i in., 2020. Tea consumption and breast cancer risk in a cohort of women with family history of breast cancer. *Int. J. Cancer* 147(3), 876–886, <https://doi.org/10.1002/ijc.32824>
- Zhang L., Ho C., Zhou J. i in., 2019. Chemistry and biological activities of processed *Camellia sinensis* teas: a comprehensive review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12479>
- Zhao T., Li C., Wang S., Song X., 2022. Green tea (*Camellia sinensis*): a review of its phytochemistry, pharmacology and toxicology. *Molecules* 27, 3909, <https://doi.org/10.3390/molecules27123909>

## **Rośliny jako źródło olejków eterycznych wykorzystywanych w medycynie i innych gałęziach przemysłu**

Plants as a source of essential oils used in medicine and other industries

### **Wstęp**

Rośliny stanowią bogate źródło substancji chemicznych o zróżnicowanej i często skomplikowanej strukturze. Związki te oraz ich mieszaniny, m.in. olejki eteryczne, posiadają właściwości korzystne zarówno dla roślin, jak i dla człowieka, a wielokierunkowość ich działania sprawia, że od wieków są często wykorzystywane w wielu dziedzinach życia. Olejki eteryczne to jednorodne mieszaniny od kilkudziesięciu do kilkuset związków chemicznych, głównie o charakterze terpenów (monoterpenów, seskwiterpenów, rzadziej diterpenów) lub pochodnych fenylopropanu (olejki nieterpenowe), o charakterystycznym, zwykle przyjemnym zapachu. Związki w nich zawarte mają charakter m.in. alkoholi, estrów, aldehydów, ketonów, fenoli i węglowodorów [Dzida i Jarosz 2006, Brud i Konopacka 2008, Król i in. 2013, Hać-Szymańczuk i in. 2014, Marwicka i in. 2015, Michalski i Zielińska 2015, Najda 2015, Nurzyńska-Wierdak 2015, Kaniewski i in. 2016, Kraśniewska i in. 2017, Józefczyk i Kowalska 2018, Gierek i in. 2020].

Celem pracy jest dokonanie przeglądu właściwości i zastosowań wybranych olejków eterycznych w różnych gałęziach przemysłu, w medycynie, farmacji, kosmetologii, branży spożywczej czy w oczyszczalniach ścieków na podstawie dostępnej literatury naukowej.

### **Rys historyczny stosowania olejków eterycznych**

Początkowo olejki eteryczne były wykorzystywane głównie w celach leczniczych i aromatyzujących. Najstarszym odkrytym dokumentem traktującym o leczniczych właściwościach zapachów pochodzenia roślinnego jest spisana pismem klinowym tabliczka pochodząca z krainy Sumerów, datowana na ok. 3000 r. p.n.e. Wzmianka o perfumiarzach i producentach trociczek (odpowiednik kadzideł) pojawia się w indyjskim eposie „Ramajana” z ok. 2000 r. p.n.e. Informacje o korzystaniu przez naszych przodków

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Biologii i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Fitochemików, wiolettarzad@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Biologii i Biotechnologii, Instytut Nauk Biologicznych, Katedra Fizjologii Roślin i Biofizyki

z wonnych roślin można też znaleźć w indyjskich księgach Ajurwedy z VI w. p.n.e., na malowidłach w indyjskiej świątyni Kanheri pochodzących z VI w. p.n.e. oraz w egipskiej świątyni Abu Simbel. W Biblii można znaleźć opis sposobu przygotowania kadzidła [Brud i Konopacka 2008, Kaniewska 2011, Marwicka i in. 2015].

Dzięki znajomości olejków o właściwościach antyseptycznych (np. cedrowego, cytrusowego i mirrowego) wykorzystywano je jako dodatki do materiałów budowlanych w celu dezynfekcji pomieszczeń. Poduszki wypychano szyszkami chmielu, bo wiadano, że związki w nich zawarte mają działanie uspokajające. Olejek różany wykorzystywany był przez ojca medycyny, Hipokratesa, przy dolegliwościach układu pokarmowego i rozrodczego. Olejki eteryczne były też używane podczas panowania zaraz i epidemii jako środki antyseptyczne i zmniejszające nieprzyjemny zapach [Brud i Konopacka 2008, Kaniewska 2011, Marwicka i in. 2015].

Podwaliny dla dzisiejszej aromaterapii stworzył w starożytności ojciec botaniki, Teofrast z Eresos (ok. 370–287 p.n.e.), opisując kilkaset gatunków roślin. Z kolei „Historia naturalna” Pliniusza Starszego (23–79 r. n.e.) zawierała ok. 80 receptur opartych w swoim składzie na roślinach olejkowych. Olejki były często wykorzystywane w obrzędach religijnych za czasów Imperium Rzymskiego. Istotnym etapem dla poprawy efektywności otrzymywania i jakości olejków eterycznych było opracowanie przez lekarza Avicennę (980–1037) metody służącej do destylacji olejków na zimno [Brud i Konopacka 2008, Kaniewska 2011, Marwicka i in. 2015].

Średniowiecze to okres, w którym na szerszą skalę zakonnicy produkowali olejki i używali ich do produkcji m.in. leczniczych nalewek. Zaczęto też stosować olejki jako preparaty odstrasżające owady. Pierwsze składniki olejków zaczęto wykrywać w XIX w., a w I połowie XX w. informacje na temat olejków, ich właściwości, składu oraz aromaterapii stały się powszechnie znane. Od tego czasu rozpoczęto szeroko zakrojone badania nad olejkami eterycznymi oraz ich wykorzystaniem w różnych branżach [Brud i Konopacka 2008, Kaniewska 2011, Marwicka i in. 2015].

### Ogólna charakterystyka olejków eterycznych

W temperaturze pokojowej olejki eteryczne są substancjami płynnymi, oleistymi. Mogą mieć różne barwy: granatową, brunatną, zieloną, lub mogą być bezbarwne. Dobrze rozpuszczają się w alkoholu etylowym i tłuszczach, ale prawie wcale nie rozpuszczają się w wodzie [Dzida i Jarosz 2006, Król i in. 2013, Hać-Szymańczuk i in. 2014, Marwicka i in. 2015, Michalski i Zielińska 2015, Najda 2015, Nurzyńska-Wierdak 2015, Kaniewski i in. 2016, Kraśniewska i in. 2017, Józefczyk i Kowalska 2018, Gierek i in. 2020].

Procentowa zawartość olejku eterycznego i jego szczegółowy skład zależą od różnych czynników, takich jak: rodzina, gatunek i odmiana rośliny; rodzaj gleby, na której rośla roślina; surowiec, z którego pozyskano olejek; wiek rośliny, czynniki genetyczne czy warunki klimatyczne. W wielu przypadkach w skład olejku wchodzi jeden dominujący składnik, który wpływa na jego zapach i właściwości. Do tej pory poznano ponad 2000 różnych substancji będących składnikami olejków. Za gatunek olejkodajny uznaje się taki, który w suchej masie rośliny zawiera więcej niż 0,01% olejku eterycznego. Obecnie znanych jest kilka tysięcy roślin olejkodajnych należących do różnych rodzin roślin naczyniowych [Dzida i Jarosz 2006, Brud i Konopacka 2008, Król i in. 2013, Hać-



-Szymańczuk i in. 2014, Marwicka i in. 2015, Michalski i Zielińska 2015, Najda 2015, Nurzyńska-Wierdak 2015, Kaniewski i in. 2016, Kraśniewska i in. 2017, Józefczyk i Kowalska 2018, Gierek i in. 2020].

Synteza i magazynowanie olejku może zachodzić we wszystkich organach roślin: korzeniach, kłączach, łodygach (rzadko), korze, liściach, kwiatach, owocach i nasionach. Pozyskanie olejków eterycznych z roślin może odbywać się przy wykorzystaniu kilku metod. Należą do nich: destylacja z parą wodną, ekstrakcja z użyciem rozpuszczalników lotnych, wytlaczanie oraz absorpcja w tłuszczach na zimno (technika enfleurage). Destylacja z parą wodną jest obecnie najczęściej stosowanym sposobem uzyskiwania olejków. Olejek uwalniany jest z rośliny dzięki działaniu pary wodnej, a po ochłodzeniu zmienia swój stan skupienia na ciekły i jest rozdzielany od wody. Druga metoda wymaga użycia odpowiednio lotnych rozpuszczalników (np. acetonu, alkoholi: metylowego i etylowego) niezanieczyszczających gotowego produktu oraz niewchodzących w reakcje chemiczne z materiałem roślinnym. Surowiec jest zanurzany w rozpuszczalniku, dzięki czemu olejek zostaje pochłonięty przez ten rozpuszczalnik. Następnie olejek jest rozdzielany od rozpuszczalnika. Metoda jest często stosowana do izolacji olejków z delikatnych materiałów typu kwiaty. Produkt końcowy może jednak zawierać śladowe ilości rozpuszczalnika, więc jest wykorzystywany głównie w branży perfumeryjnej [Marwicka 2015, Gierek i in. 2020].

### Działanie wybranych olejków eterycznych

Działanie olejków jest wielokierunkowe i znacząco uwarunkowane właściwościami składnika dominującego. Wykazują szerokie spektrum działań prozdrowotnych (tab. 1), np. wykrztuśne, spazmolityczne, moczopędne, żółciopędne, żółciotwórcze, przeciwoobra-cze, drażniące skórę, przeciwzapalne, przeciwbólowe, antyseptyczne i uspakajające.

Tabela 1. Zestawienie wybranych surowców oraz właściwości prozdrowotnych otrzymywanych z nich olejków eterycznych [Buchbauer 2000, Prączko i Góra 2000, Szumny i in. 2007, Fu i in. 2013, Michalski i Zielińska 2015, Najda 2015, Nurzyńska-Wierdak 2015, Józefczyk i Kowalska 2018, Kubica i in. 2018]

Olejek eteryczny i nazwa rośliny, z której pochodzi	Surowiec i zawartość olejku [%]	Główny składnik olejku	Działanie olejku
1	2	3	4
Anyżowy: biedrzyk anyż ( <i>Pimpinella anisum</i> L.)	owoc 1,5–3,0	anetol	sekretolityczne, spazmolityczne, przeciwgrzybi- cze
Kolendrowy: kolendra siewna ( <i>Coriandrum sativum</i> L.)	owoc 0,3–1,2	D (+)-linalol	antyseptyczne, spazmolityczne, uspokajające, nasenne
Lawendowy: lawenda wąskolistna ( <i>Lavandula angustifolia</i> L.)	kwiat 0,8–1,8	linalol, octan li- nalylu, $\alpha$ -terpi- neol	aseptyczne, obniżające ciśnienie krwi, regulujące retencję płynów i zaburzeń gastrycznych

1	2	3	4
Majerankowy: lebiodka majeranek ( <i>Origanum majorana</i> L.)	ziele 0,3–0,4	terpinen-1-ol, sabinen, $\alpha$ - i $\beta$ -pinen	uspokajające, przeciwbólowe, przeciwbakteryjne, owadobójcze
Miętowy: mięta ( <i>Mentha</i> L.)	liść 0,3–2,0	D(-)-mentol, karwon, pulegon, limonen	orzeźwiający, aseptyczny, przeciwbólowy, łagodzący dolegliwości gastryczne
Piołunowy: bylica piołun ( <i>Artemisia absinthium</i> L.)	ziele ok. 0,5	tujon, tujol	przeciw pasożytniczy, zwiększa wydzielanie soków trawiennych
Rozmarynowy: rozmaryn lekarski ( <i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	ziele 0,4–1,5	1,8-cyneol, borneol, $\alpha$ -i $\beta$ -pinen	pobudzający, wspomagający układ odpornościowy, regulujący pracę serca i ciśnienie krwi
Sandałowy: sandałowiec biały ( <i>Santalum album</i> L.)	drewno 1,0–4,0	$\alpha$ - i $\beta$ -santalol	przeciw nowotworowy, przeciwbakteryjny
Walerianowy: kozłek lekarski ( <i>Valeriana officinalis</i> L.)	korzeń 0,5–2,0	estry borneolu	uspokajający, przeciwbólowy
Z bylicy pospolitej: bylica pospolita ( <i>Artemisia vulgaris</i> L.)	ziele, korzeń ok. 0,2	tujon, spatulenol	przeciwutleniający, przeciwwzapalne, przeciw nowotworowy

### Aktywność biologiczna wybranych składników olejków eterycznych

Anetol stanowi główny składnik olejku anyżowego. Wykazuje właściwości przeciwbólowe i neuroochronne, dzięki czemu może być stosowany przeciwko bólowi neuropatycznemu. Wykazuje potencjał w leczeniu nadciśnienia i otyłości.

Linalol występuje w olejkach kolendrowym i lawendowym. Zaliczany jest do nienasyconych alkoholi monoterpenu. Wykazuje działanie przeciwpasożytnicze oraz hepatochronne. Ma właściwości przeciwutleniające i ograniczające poziom peroksydacji lipidów. Wykazuje korzystne działanie w stanach nadmiernego wydzielania śluzu oraz zapalenia dróg oddechowych. Badany jest pod kątem działania przeciw nowotworowego, gdyż wykazuje aktywność antyproliferacyjną wobec nowotworowych ludzkich komórek szyjki macicy, płuc, żołądka, skóry i kości.

Pulegon jest składnikiem olejku z mięty polnej. Zaliczany jest do aldehydów. Wykazuje działanie przeciwgrzybicze oraz łagodzi objawy atopowego zapalenia skóry.

Santalol występuje w olejku z drzewa sandałowego w formie  $\alpha$ - i  $\beta$ -santalolu. Należy do alkoholi seskwiterpenu. Większą aktywnością biologiczną charakteryzuje się  $\alpha$ -santalol. Hamuje on proliferację komórek grzybów i jest badany pod kątem działania przeciw nowotworowego, gdyż powoduje apoptozę komórek.

Spatulenol występuje w olejku eterycznym z bylicy pospolitej. Wykazuje działanie przeciwutleniające, przeciwwzapalne, a także antyproliferacyjne wobec komórek raka jajnika oraz immunoregulujące.

$\alpha$ -terpineol może być izolowany z lawendy. Zaliczany jest do alkoholi monoterpenu. Wykazuje wszechstronne działanie, zaczynając od obniżenia ciśnienia krwi

przez właściwości przeciwbiegunkowe, kończąc na efektach immunoregulujących i przeciwzapalnych [Antoniak i Bylka 2020].

### **Podstawy wybranych mechanizmów działania**

Podstawą działania przeciwbakteryjnego olejków jest koagulacja cytoplazmy czy też naruszanie (nadżeranie) struktury błony komórkowej bakterii. Prowadzi to do dejonizacji i zachwiania różnicy potencjałów elektrycznych występujących po obu stronach błony. To z kolei powoduje nieprawidłowe funkcjonowanie pomp protonowych, co skutkuje zmniejszeniem puli ATP (adenozynotrifosforanu) w komórce. Ostatecznie dochodzi do całkowitej degradacji komórki bakterii [Król i in. 2013, Walasek-Janusz i in. 2021].

Eugenol, główny składnik olejku goździkowego, działa przeciwzapalnie i przeciwbólowo. Hamuje aktywację kanałów wapniowych i sodowych bramkowanych napięciem, zaburzając prawidłowy przepływ tych jonów przez błonę komórkową. Hamuje także aktywność cyklooksygenazy, lipooksygenazy, syntazy tlenu azotu oraz interleukiny 1 $\beta$ , które są mediatorami prozapalnymi [Walters i in. 2021].

Zawarty w olejku sandałowym  $\alpha$ -santalol wykazuje działanie przeciwnowotworowe poprzez indukowanie autofagii, a następnie apoptozy. Związek ten powoduje hamowanie wzrostu i angiogenezy guza poprzez supresję szlaku kinazy serynowo-treoninowej regulującego procesy apoptozy i autofagii. Najnowsze badania wykazały jednak istotną niejednoznaczność takiego działania, gdyż indukowana autofagia nie zawsze doprowadza do śmierci komórki, a wręcz może wykazywać działanie cytoprotekcyjne. Znane metody leczenia nowotworów powinny wywoływać tylko autofagię, która powinna kończyć się śmiercią komórek nowotworowych [Walters i in. 2021].

Głównym składnikiem olejku z piołunu pospolitego, który ma działanie przeciwgrzybicze, jest  $\alpha$ -tujon. Oddziałuje on na komórki grzybów, wyzwalając stres oksydacyjny poprzez zmianę aktywności katalazy. Doprowadza też do zmniejszenia stabilności genomu i zmian epigenetycznych, co w konsekwencji prowadzi do apoptozy komórek grzyba [Tekler i in. 2021].

### **Zastosowanie olejków eterycznych w różnych gałęziach przemysłu**

Olejki eteryczne wykorzystywane są w aromaterapii. Stosuje się je do inhalacji, masaży, okładów leczniczych i kąpeli. Pomagają łagodzić infekcje i stany zapalne tkanek oraz wspomagają leczenie schorzeń układu pokarmowego (np. niestrawności, biegunki). W preparatach dermatologicznych i kosmetycznych olejki mogą stanowić składnik aktywny (leczniczy, np. w maściach, czy odstraszający w repelentach) lub pomocniczy (np. zapachowy, konserwujący, zapobiegający utlenianiu innych składników oraz rozwojowi drobnoustrojów). Często dodawane są do mydeł, szamponów, balsamów, kremów, płynów do płukania jamy ustnej itp. [Szumny i in. 2007, Adaszyńska i Swarczewicz 2012, Kozłowska i Ziarno 2012, Dreger i Wielgus 2013, Zdrojewicz i in. 2014, Kaniewski i in. 2016, Kwiatkowska i in. 2017, Sarkic i Stappen 2018, Guzmán i Lucia 2021, Sadgrove i in. 2021, Walasek-Janusz i in. 2021].

W przemyśle spożywczym olejki eteryczne są używane głównie do konserwacji mięsa (np. tymiankowy, oregano, majerankowy), przetworów mleczarskich (np. goździkowy, laurowy i cynamonowy), owoców i warzyw (np. rozmarynowy, miętowy, cytrynowy i z pestek winogron). Ich działanie polega głównie na eliminacji niepożądanych drobnoustrojów lub na opóźnieniu ich rozwoju [Kunicka-Styczyńska 2016, Sadgrove i in. 2021].

Olejki wspomagają również proces oczyszczania osadów ścieków. Badania wykazały, że olejki eteryczne, takie jak pomarańczowy, cytrynowy, grejpfrutowy i sosnowy, pozwoliły na zintensyfikowanie procesu odwadniania i znaczne zmniejszenie uciążliwości zapachowych [Szumny i in. 2007, Walkowiak i Krzyśko-Łupicka 2015, Kowalczyk i Piecuch 2016].

### **Podsumowanie**

Zebrane dane poświadczają, że olejki eteryczne dzięki swojemu bogatemu składowi i wielokierunkowemu działaniu są często wykorzystywane przez człowieka w różnych gałęziach przemysłu. Pełnią liczne istotne funkcje – od prozdrowotnych przez aromatyzujące i relaksujące do konserwujących. Średnie hurtowe ceny olejków eterycznych na świecie z początkiem 2023 r. wahają się w przedziale od 10 € do 13 500 € za kilogram olejków odpowiednio eukaliptusowego i jaśminowego (aromaterapia.pl 2023).

Stosowanie olejków eterycznych w badaniach klinicznych dowodzi ich dużego znaczenia dla medycyny. W ogólnodostępnej bazie badań klinicznych ClinicalTrials.gov [2023] w dniu 3 kwietnia 2023 r. znajdowało się 112 badań zawierających wyrażenie „essential oil” („olejek eteryczny”), przy czym najwięcej, bo 35 badań zanotowano na terenie USA, a nieco mniej, bo 27 – w Europie. Badania prowadzono dla różnych wskazań, m.in. chorób jamy ustnej i zębów, skóry, endokrynologicznych, układu oddechowego, pokarmowego oraz infekcji, w tym wirusowych (SARS-CoV-2), a także zaburzeń psychicznych, dolegliwości bólowych i stanów zapalnych.

Dzięki pogłębionej znajomości właściwości i zastosowań olejki eteryczne mają szansę stać się najczęściej używanymi, bezpiecznymi dla człowieka i środowiska naturalnego, dodatkami przy produkcji towarów w różnych sektorach gospodarki.

### **Źródło finansowania publikacji**

Finansowanie publikacji w ramach Konkursu Grantowego Władz Rektorskich Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej na 2023 rok, tytuł wniosku „Rozwijanie kompetencji wraz z poszerzeniem horyzontów poprzez udział w konferencjach naukowych i przygotowaniu artykułów naukowych”, nr wniosku 41/2023/GR.

### **Bibliografia**

Adaszyńska M., Swarczewicz M., 2012. Olejki eteryczne jako substancje aktywne lub konserwanty w kosmetykach. Wiad. Chem. 66, 139–158.

- Antoniak K., Bylka W., 2020. Aktywność biologiczna wybranych składników olejków eterycznych. Cz. 2. Post. Fitoter. 21(1), 42–48, <https://doi.org/10.25121/PF.2020.21.1.42>
- aromaterapia.pl, 2023. Ceny olejków eterycznych w hurcie na rynkach światowych – początek 2023 r., <https://aromaterapia.pl/rosliny-i-olejki/ceny-olejkow-eterycznych-w-hurcie-na-rynkach-swiatowych-poczatek-2023-roku/> [dostęp: 3.04.2023].
- Brud W., Konopacka I., 2008. Tajemnice aromaterapii. Pachnąca apteka. Oficyna Wyd. MA, Łódź.
- Buchbauer G., 2000. The detailed analysis of essential oils leads to the understanding of their properties. Perfum. Flavor. 25, 64–67.
- ClinicalTrials.gov, 2023, <https://clinicaltrials.gov/> [dostęp: 3.04.2023].
- Dreger M., Wielgus K., 2013. Application of essential oils as natural cosmetic preservatives. Herba Pol. 59(4), <https://doi.org/10.2478/hepo-2013-0030>
- Dzida K., Jarosz Z., 2006. Plonowanie i skład chemiczny majeranku ogrodowego (*Origanum majorana* L.) w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowo-potasowego. Acta Agrophys. 7(3), 561–566.
- Fu Z.M., Wang H., Hu X.F. i in., 2013. The pharmacological properties of *Salvia essential* oils. J. Appl. Pharm. Sci. 3(7), 122–127, <http://dx.doi.org/10.7324/JAPS.2013.3723>
- Gierek B., Deska M., Gierek T., 2020. Bezpieczeństwo stosowania olejków eterycznych. Int. J. Eng. Safety Sci. 1, 17–38, <http://dx.doi.org/10.16926/ijess.2020.01.02>
- Guzmán E., Lucia A., 2021. Essential oils and their individual components in cosmetic products. Cosmetics 8, 114, <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040114>
- Hać-Szymańczuk E., Lipińska E., Chlebowska-Śmigiel A., 2014. Porównanie działania przeciwdrobnoustrojowego olejków eterycznych szalwii (*Salvia officinalis* L.) i oregano (*Origanum vulgare* L.). Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol. 577, 53–62.
- Józefczyk A., Kowalska J., 2018. Ocena składu chemicznego olejku eterycznego dziko rosnących populacji lebidki pospolitej (*Origanum vulgare* L.). Kosmos 67(2), 319–334.
- Kaniewska M., 2011. Kosmetologia – podstawy. WSiP, Warszawa.
- Kaniewski R., Sniewska I., Świejkowski M., 2016. Możliwości wykorzystania olejków eterycznych, ze szczególnym uwzględnieniem olejku konopnego, jako substancji aktywnych i środków konserwujących kosmetyki. Post. Fitoter. 2, 17(2), 125–129.
- Kowalczyk A., Piecuch T., 2016. Zastosowanie olejku eterycznego ekstrahowanego ze skórek pomarańczy jako częściowego substytutu flokulanta. Inż. Eko. 47, 104–113, <https://doi.org/10.12912/23920629/62854>
- Kozłowska M., Ziarno M., 2012. Kolendra – skład i zastosowanie. Post. Fitoter. 2, 108–112.
- Kraśniewska K., Gniewosz M., Kosakowska O. i in., 2017. Ocena składu chemicznego oraz właściwości przeciwdrobnoustrojowych olejku eterycznego z lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* L.) w powszechnie dostępnym preparacie handlowym. Post. Fitoter. 2, 113–118, <https://doi.org/10.25121/PF.2017.16.2.113>
- Król S.K., Skalicka-Woźniak K., Kandefer-Szerszeń M. i in., 2013. Aktywność biologiczna i farmakologiczna olejków eterycznych w leczeniu i profilaktyce chorób infekcyjnych. Post. Hig. Med. Dośw. 67, 1000–1007.
- Kubica P., Szopa A., Dominiak J. i in., 2018. Werbena lekarska (*Verbena officinalis* L.) – charakterystyka botaniczna, skład chemiczny, znaczenie lecznicze, badania aktywności biologicznej oraz badania biotechnologiczne. Post. Fitoter. 19(3), 183–194, <https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.3.183>
- Kunicka-Styczyńska A., 2016. Olejki eteryczne jako alternatywa dla syntetycznych konserwantów żywności – praca przeglądowa. PTTŻ, Kraków.
- Kwiatkowska A., Mielczarek A., Gajewski T., 2017. Wykorzystanie olejków eterycznych w środkach do higieny jamy ustnej. Nowa Stomatol. 22(3), 148–155.
- Marwicka J., Niemyska K., Podraza S., 2015. Terapeutyczne właściwości aromaterapii. Kosmetol. Estet. 4, 525–531.

- Michalski J.A., Zielińska D., 2015. Przegląd olejów eterycznych pozyskiwanych z roślin z rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*) i ich własności. *Pol. J. Cosmetol.* 18(1), 16–24.
- Najda A., 2015. Roślinne substancje lotne – olejki eteryczne. *Episteme* 27(2), 65–77.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2015. Terapeutyczne właściwości olejków eterycznych. *Ann. UMCS* 25.
- Prączko A., Góra J., 2000. Skład chemiczny olejku eterycznego z kwiatostanów lipy. *Żywność* 4(25).
- Sadgrove N.J., Padilla-González G.F., Leuner O. i in., 2021. Pharmacology of natural volatiles and essential oils in food, therapy, and disease prophylaxis. *Front. Pharmacol.* 12, 740302, <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.740302>
- Sarkic A., Stappen I., 2018. Essential oils and their single compounds in cosmetics – a critical review. *Cosmetics* 5, 11, <https://doi.org/10.3390/cosmetics5010011>
- Szumny D., Szypuła E., Szydłowski M. i in., 2007. Leki roślinne stosowane w chorobach układu oddechowego. *Dent. Med. Probl.* 44, 4, 507–515.
- Teker T., Sefer Ö., Gazdağlı A. i in., 2021.  $\alpha$ -Thujone exhibits an antifungal activity against *F. graminearum* by inducing oxidative stress, apoptosis, epigenetics alterations and reduced toxin synthesis. *Eur. J. Plant Pathol.* 160, 611–622, <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02269-w>
- Walasek-Janusz M., Zalewska E.D., Zawiślak G. i in., 2021. Zastosowanie olejków eterycznych w kosmetologii, W: M. Chwil, B. Denisow (red.), *Wybrane aspekty biokosmetologii*. WUP, Lublin, 58–65, <https://doi.org/10.24326/mon.2021.15>
- Walkowiak W., Krzyśko-Łupicka T., 2015. Próba wykorzystania olejków eterycznych do maskowania uciążliwych zapachów w osadach ściekowych. *Wyd. Tygiel, Lublin*.
- Walters C., Reed M., Bartholomew S. i in., 2021. Autophagy induction by  $\alpha$ -santalol in human prostate cancer cells. *Anticancer Res.* 41, 1197–1202, <https://doi.org/10.21873/anticancer-res.14876>
- Zdrojewicz Z., Minczakowska K., Klepacki K., 2014. Rola aromaterapii w medycynie. *Fam. Med. Prim. Care Rev.* 16, 4, 387–391.

## Prozdrowotne właściwości *Borago officinalis* L.

Health properties of *Borago officinalis* L.

### Wstęp

Rośliny są źródłem składników odżywczych oraz substancji biologicznie czynnych, takich jak metabolity wtórne. Znajdują one zastosowanie w sztuce kulinarnej, kosmetyce oraz terapiach ziołowych. Specyficzna zawartość metabolitów determinuje liczne możliwości wykorzystania roślin, co nieprzerwanie od tysiącleci budzi zainteresowanie ludzkości i ma potwierdzenie w recepturach medycyny tradycyjnej [Pieszak i in. 2012].

Ogórecznik (*Borago*) jest modelowym przedstawicielem rośliny z rodziny *Boraginaceae*, jednej z większych rodzin okrytozalążkowych. Rodzaj *Borago* zawiera zaledwie pięć gatunków, tj. *B. longifolia*, *B. morisiana*, *B. officinalis*, *B. pygmaea*, *B. trabutii*, przy czym występowanie czterech z nich jest ograniczone do południowo-zachodniego basenu Morza Śródziemnego, północno-zachodniej Afryki, Korsyki, Sardynii i Archipelagu Toskańskiego. Jedynie ogórecznik lekarski (*Borago officinalis* L.) jest szeroko rozpowszechniony na świecie. Jego właściwości terapeutyczne były znane i cenione od wieków, co znajduje potwierdzenie w przekazach etnobotanicznych [Asadi-Samani i in. 2014, Ramezani i in. 2020]. W Polsce uprawiany jest głównie w przydomowych ogródkach, ale też często bywa traktowany jako chwast [Stawiarz i in. 2020].

Roślina ta, ze względu na wysoką aktywność biologiczną składników w niej zawartych, jest używana w leczeniu wielu chorób, np. cukrzycy, chorób skórnych, kardiologicznych, układu moczowego oraz stanów zapalnych [Asadi-Samani i in. 2014, Michalak i in. 2023, Pieszak i in. 2012]. Nasiona ogórecznika są bogate w kwas  $\gamma$ -linolenowy (GLA), który jest cennym składnikiem odżywczym i prozdrowotnym [Tasset-Cuevas i in. 2013].

Celem pracy było dokonanie przeglądu literatury pod kątem prozdrowotnych właściwości ogórecznika lekarskiego oraz jego zastosowań spożywczych, medycznych i kosmetycznych.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Biologii i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Fitochemików, magdalenasawic@icloud.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Biologii i Biotechnologii, Instytut Nauk Biologicznych, Katedra Fizjologii Roślin i Biofizyki

## Rys historyczny

Przegląd literatury etnobotanicznej wykazał, że ogórecznik lekarski tradycyjnie był stosowany głównie w Europie i USA [Ramezani i in. 2020, Moliner i in. 2022]. Nazwa ‘borage’ prawdopodobnie wzięła się od łacińskich słów *cor* – serce i *ago* – prowadzę, ze względu na jego działanie wzmacniające serce. Ponadto wyraz ‘borra’ w języku włoskim, ‘bourra’ we francuskim i ‘burra’ w łacińskim oznaczają ‘włosy’ lub ‘wełnę’, nawiązując do dużej liczby włosków okrywowych obecnych na powierzchni rośliny, dających wrażenie owłosienia [Tanwar i in. 2021].

Literatura etnobotaniczna udowadnia, że spośród wymienionych gatunków to ogórecznik lekarski był najczęściej stosowany w medycynie tradycyjnej. Uprawiany był jako warzywo jadalne, zioło o właściwościach farmaceutycznych lub roślina ogrodowa [Taia 2006, Ramezani i in. 2020, Selvi i in. 2006]. Obecnie w USA nasiona, liście oraz kwiaty tej rośliny są wykorzystywane w terapii niepłodności [Lyashenko i in. 2021], natomiast w Brazylii *Borago officinalis* używane jest jako remedium o właściwościach przeciwpalnych. Pozostałe wybrane zastosowania ogórecznika w różnych krajach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane zastosowania *Borago officinalis* L. w niektórych krajach [Ramezani i in. 2020]

Nr	Kraj	Nazwa w języku ojczystym	Użyta część rośliny	Sposób przygotowania	Zastosowania etnobotaniczne
1	Argentyna	borraja	liść	–	środek hamujący kaszel
2	Czechy	brutnák lékařský	liść	–	stosowany w zupach, daniach warzywnych i marynatach
3	Grecja	borantza	część nadziemna	infuzja	środek pobudzający pracę serca, regulujący wydzielanie żółci, stosowany w zapaleniu oskrzeli, przeziębieniu, artretyzmie, reumatyzmie, kamicy nerkowej, oczyszczaniu krwi
4	Hiszpania	borraja	kwiaty	infuzja	wykrztuśne, mukolityczne
5	Irak	gozrwân	kwiaty, liście, łodygi	odwar	kaszel, chrypka, astma, zapalenie oskrzeli, ból brzucha
6	Liban	lisan al-thawr	kwiaty, liście	odwar, maceracja	środek przeciwrheumatyczny, uspokajający
7	Meksyk	borraja	liście	–	środek przeciwko malarii, gorączce, kaszlowi
8	Turcja	hodan	kwiaty, liście	infuzja	środek oczyszczający krew, moczopędny, napotny, przeciwgorączkowy, uspokajający, wykrztuśny, przeczyszczający



## Opis rośliny

Ogórecznik lekarski to roślina jednoroczna, zielna, miłododajna, owadopylna. Wysokość łodygi głównej wynosi do 100 cm [Tanwar i in. 2021]. Łodyga jest zwykle pusta w środku, prosta lub rozgałęziająca się na kilka pędów osiowych. Liście są pojedyncze i ułożone skrętolegle [Asadi-Samani i in. 2014, Kareem i Hamad 2020]. Kwiat o symetrii promienistej, zbudowany jest z barwnej błękitnej korony i kielicha, o działkach ułożonych naprzemianlegle do płatków. Korona jest zrosłopłatkowa, zaś płatki są zastrzone i posiadają osklepki, charakterystyczne dla rodziny *Boraginaceae*. Słupek ma czteroklapową zalążnię. Pręcików jest pięć i mają wydłużone pylniki o specyficznym zagięciu. Płatki są różowe w fazie pąka, ich barwa zmienia się z rozwojem rośliny na niebieską [Asadi-Samani i in. 2014, Pieszak i in. 2012, Stawiarz i in. 2020]. Po kwitnieniu płatki opadają, a działki zamykają się, tworząc strukturę chroniącą i osłaniającą owoc. Owocem jest rozłupnia, rozpadająca się na cztery rozłupki. Dojrzałe rozłupki przybierają barwę od ciemnobrązowej do czarnej i odpadają [Rutkowski 2022, Tanwar i in. 2021].

Badania Stawiarz i in. [2020] wskazują, że jeden kwiat ogórecznika może dostarczyć więcej cukrów z nektaru niż pojedynczy kwiat rzepaku (0,95–1,07 mg) czy gorczyicy białej (0,25 mg). Ilość cukrów nektarowych dla kwiatu ogórecznika to 1–1,2 mg. Jednak warto dodać, że wydajność cukrowa jest niższa od wcześniej wspomnianych roślin ze względu na mniej obfite kwitnienie [Stawiarz i in. 2020].

## Analiza chemiczna

W fitoterapii używane są różne części ogórecznika, np. nasiona (*Semen*), olej z nasion (*Oleum*), ziele (*Herba*), liście (*Folium*) [Pieszak i in. 2012] oraz kwiaty (*Flos*) [Fernandes i in. 2020]. Głównym jednak surowcem są nasiona i tłoczony z nich olej.

Olej z nasion ogórecznika jest koloru żółtawego [Tanwar i in. 2021]. Głównymi składnikami oleju są lipidy stanowiące 30–40%, zawierające nasycone (15–16%) i nienasycone kwasy tłuszczowe (84–85%). Wśród kwasów tłuszczowych występują m.in. kwas linolowy (35–40%), kwas oleinowy (18–20%), GLA (10–28%) i kwas  $\alpha$ -linolenowy (4–5%) [Mhamdi i in. 2009, Pieszak i in. 2012, Tanwar i in. 2021, Tasset-Cuevas i in. 2013]. Kwas linolowy i GLA należą do wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-6, których organizm ludzki nie potrafi samodzielnie syntetyzować, a potrzebuje ich do prawidłowego funkcjonowania układu nerwowego i sercowo-naczyniowego [Pieszak i in. 2012]. Analiza z wykorzystaniem chromatografii gazowej połączonej ze spektrometrią mas (GC-MS) wykazała obecność 16 związków lotnych w oleju. Związki te reprezentują grupę olejków eterycznych i odpowiadają za właściwości zapachowe i poniekąd smakowe oleju. Szczegółowy skład procentowy związków lotnych przedstawiał się następująco:  $\beta$ -kariofilen (26%), *p*-cymen-8-ol (19,7%), niewielkie ilości nonadekanu (0,7%) i heksanolu (0,7%) oraz duże ilości seskwiterpenów (26%) i monoterpenów olejowych (17,2%).

Analizy fitochemiczne wykazały, że ziele *Borago* zawiera węglowodany, kwasy tłuszczowe, fitosteroidy, polifenole (w tym kwasy: wanilinowy, *p*-kumarynowy, *p*-hydroksybenzoesowy, gentyzynowy, kofeinowy, sinapowy, rozmarynowy, chlorogenowy), kwercetynę, taniny, saponiny oraz kwasy organiczne (tj. askorbinowy, jabłkowy,

cytrynowy, octowy i mlekowy), a także tokoferole, alantoinę (0,5–1%), sole mineralne i witaminy. W ziele ogórecznika występują alkaloidy pirolizydynowe, tj. likopamina, supinidyna, amabilina, intermedyna [Pieszak i in. 2012]. Liście zawierają kwasy organiczne, śluz i karoteny [Pieszak i in. 2012].

Kwiaty wykazują wysoką zawartość minerałów (2,05 g/100 g surowca) oraz białek (3,04 g/100 g surowca). Ponadto wyróżnia je wysoka zawartość błonnika pokarmowego (4,74 g/100 g surowca) zbliżona do zawartości błonnika w płatkach owsianych (6,7 g/100 g). Kwiaty są również źródłem kwasów tłuszczowych, głównie kwasu linolenowego (26,4%) i kwasu palmitynowego (39,4%). Zawierają także wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA),  $\beta$ - i  $\gamma$ -tokotrienol. Charakteryzują się znaczną zawartością luteiny oraz  $\beta$ -karotenu (odpowiednio 43,73 mg/100 g i 8,5 mg/100 g) przy całkowitej zawartości karotenoidów wynoszącej 181,4 mg/100 g surowca. W kwiatach można znaleźć kwasy organiczne, takie jak: lewulinowy, fumarynowy, bursztynowy, jabłkowy, salicylowy, hydroksycynamonowy, oraz wolne cukry, np. sacharozę, glukozę i fruktozę [Fernandes i in. 2020].

### Zastosowanie kulinarne

W ziele *B. officinalis* obecne są alkaloidy pirolizydynowe wykazujące działanie toksyczne, dlatego też nie było ono polecane do stosowania wewnętrznego [Lozano-Baena 2016]. Smak liści oraz kwiatów opisuje się jako świeży, przypominający smak ogórka. Te części rośliny mają jednak zastosowanie spożywcze, mogą być dodawane do napojów, sałatek, zup oraz deserów [Grzeszczuk i in. 2016].

Bezpieczne jest również spożywanie przez człowieka oleju z ogórecznika. Tłoczenie na zimno dojrzałych nasion ogórecznika pozwala na eliminację toksycznych alkaloidów pirolizydynowych, które nie przenikają do niego podczas procesu produkcyjnego [Pieszak i in. 2012]. Co więcej, olej charakteryzuje się wysoką zawartością GLA. Taki skład oleju jest niezwykle pożądanym na rynku światowym. W oparciu o dane raportu Grand View Research globalny rynek tego produktu był wyceniany w 2015 r. na 33,91 mln dolarów, a według przewidywań w 2024 r. ma wynieść 54,9 mln dolarów [Mhamdi i in. 2009, Ramezani i in. 2020, Tanwar i in. 2021].

### Zastosowanie medyczne

Olej z ogórecznika zyskał zainteresowanie dzięki wysokiej zawartości GLA, który łagodzi przewlekłe stany zapalne skóry związane z łuszczycą czy atopowym zapaleniem skóry. Nasiona i liście wykazują aktywność biologiczną w zapobieganiu chorobom nowotworowym i chorobom serca, zmniejszają występowanie chorób sercowo-naczyniowych, wspomagają w schorzeniach układu oddechowego, dróg moczowych, zaburzeniach metabolicznych, zapaleniu stawów, chorobach skóry, a także działają neuroprotekcyjnie [Asadi-Samani i in. 2014, Karimi i in. 2018, Michalak i in. 2023, Pieszak i in. 2012].

Liczne badania kliniczne z wykorzystaniem *B. officinalis* potwierdzają zainteresowanie świata medycznego tym gatunkiem. W międzynarodowej bazie ClinicalTrials.gov

5 kwietnia 2023 r. zamieszczonych było 11 badań klinicznych, w tym 6 prowadzonych w USA, 2 w Kanadzie i po 1 w Ameryce Południowej, Australii oraz Europie. Badania te kierowano do osób dorosłych (od 18. lub 21. roku życia) cierpiących na różne schorzenia, m.in. astmę, zapalenie stawów, cukrzycę czy zespół suchego oka. Liczba osób biorących udział w poszczególnych badaniach wahała się od 43 do 280.

Oprócz badań klinicznych z użyciem *B. officinalis* prowadzonych na zdrowych ochotnikach przeprowadzono wiele prób potwierdzających działanie przeciwzapalne GLA. Wykazano, że metabolit GLA – kwas dihomo-gamma-linolenowy (DHGLA) w obecności enzymów cyklooksygenazy oraz lipooksygenazy wytwarza związki eikozanoidowe, np. prostaglandyny (PEG1) i kwas 15-hydroksydihomo-gamma-linolenowy, które są prekursorami związków przeciwzapalnych. Ich synteza skutkuje redukcją stanu zapalnego [Tanwar i in. 2021]. Co istotne, w przeglądzie systematycznym literatury przeprowadzonym przez Avila i in. [2020] nie opisano żadnego przypadku działań niepożądanych wynikającego z doustnego podania ogórecznika ludziom pomimo obecności w roślinie alkaloidów pirolizydynowych [Avila i in. 2020].

Nowotwory są wiodącą przyczyną śmierci na świecie według statystyk Światowej Organizacji Zdrowia (World Health Organization) [WHO 2020]. W ciągu roku z ich powodu tylko w 2022 roku odnotowano aż 10 mln zgonów [WHO 2022]. Już w 2000 roku Jiang i in. [2000] wykazali, że GLA reguluje adhezję komórek nowotworowych, np. komórek raka piersi, oraz indukuje cytotoksyczność poprzez wpływ na procesy metaboliczne komórek zmienionych nowotworowo. Obecnie wiadomo, że GLA indukuje apoptozę komórek nowotworowych w wyniku aktywacji szlaku mitochondrialnego. Ten złożony mechanizm obejmuje wzrost nagromadzenia reaktywnych form tlenu i wewnątrzkomórkowego  $Ca^{2+}$ , aktywację kaspaz, obniżenie potencjału błony mitochondrialnej i poziomu ATP [Zhang i in. 2015].

W badaniach Tasset-Cuevas i in. [2013] dotyczących oceny toksyczności, genotoksyczności oraz cytotoksyczności oleju z nasion ogórecznika i GLA wykorzystano muszkę owocową (*Drosophila melanogaster*). Wykazano, że zarówno olej z nasion, jak i GLA, były nietoksyczne. Ponadto nie wykazywały działania genotoksycznego (były bezpieczne dla DNA) i działały antymutagennie. Zauważono, że zarówno olej z nasion ogórecznika, jak i GLA wykazywały aktywność cytotoksyczną *in vitro* wobec ludzkiej linii komórkowej białaczki HL60. Co ciekawe, olej z nasion ogórecznika był nie tylko nietoksyczny dla *D. melanogaster*, ale zwiększał długość życia owadów. Z kolei GLA skracał długość ich życia, co może wynikać z jego struktury chemicznej, gdyż jako wolny kwas tłuszczowy jest podatny na procesy autooksydacji, w wyniku których powstają wodoronadtlenki i inne utlenione związki. Zatem GLA był bardziej toksyczny dla *D. melanogaster* niż olej z ogórecznika lekarskiego [Tasset-Cuevas i in. 2013].

### Zastosowanie w dermatologii

Olej z *B. officinalis*, ze względu na zawartość naturalnych antyoksydantów (czyli substancji usuwających nadmiar niebezpiecznych wolnych rodników), a także substancji biologicznie czynnych o działaniu przeciwzapalnym (GLA), wygładzającym i nawilżającym (alantoina) stanowi cenne wsparcie w procesie regeneracji skóry, dzięki czemu jest pożądanym składnikiem w preparatach kosmetycznych [Grzyb i Grzyb 2021].

Badano wpływ suplementacji kapsułkami zawierającymi kwasy tłuszczowe na trądzik młodzieńczy. Podawano albo kwasy omega-3 (2000 mg/dzień) albo GLA (400 mg/dzień GLA zawartego w 1000 mg oleju z ogórecznika). Po 10 tygodniach kuracji w obu grupach zaobserwowano znaczącą redukcję zmian trądzikowych. Terapia okazała się bezpieczna, bo nie dawała ciężkich działań niepożądanych. Uznano, że suplementacja zarówno kwasami omega-3, jak i GLA może stanowić leczenie uzupełniające dla zmian trądzikowych [Jung i in. 2014].

Sprawdzano również wpływ oleju z ogórecznika na funkcjonowanie bariery skórnej w podeszłym wieku. Uczestnicy badania przez okres dwóch miesięcy przyjmowali kapsułki z olejem z ogórecznika w dawce odpowiadającej 360 lub 720 mg GLA. Suplementacja oboma dawkami skutkowała istotną poprawą funkcjonowania bariery skórnej, co znalazło odzwierciedlenie w zmniejszeniu przesnaskórkowej utraty wody. Żadna z osób wcześniej deklarująca świąd skóry nie zgłosiła tego objawu. Zmniejszyła się liczba osób oceniających swoją skórę jako suchą [Brosche i Platt 2000].

### Podsumowanie

W dobie dynamicznego rozwoju cywilizacyjnego coraz częściej wraca się do korzeni medycyny, czyli do medycyny tradycyjnej. Ma ona do zaoferowania wiele niezwykle cennych roślin. Przykładem takiej rośliny jest ogórecznik lekarski.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury wykazano, że jest on źródłem wielu związków chemicznych, takich jak kwasy tłuszczowe (szczególnie GLA). Specyficzny skład sprawia, że roślina wykazuje szereg właściwości, w tym antyoksydacyjne, przeciwzapalne i przeciwnowotworowe. *B. officinalis* ma pozytywny wpływ na stan skóry oraz na gojenie się ran. Olej z tej rośliny jest nietoksyczny i znajduje zastosowanie w produktach spożywczych, kosmetycznych oraz farmaceutycznych.

### Źródło finansowania publikacji

Finansowanie publikacji w ramach Konkursu Grantowego Władz Rektorskich Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej na 2023 rok, tytuł wniosku „Rozwijanie kompetencji wraz z poszerzeniem horyzontów poprzez udział w konferencjach naukowych i przygotowaniu artykułów naukowych”, nr wniosku 41/2023/GR.

### Bibliografia

- 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)
- Avila C., Breakspear I., Hawrelak J. i in., 2020. A systematic review and quality assessment of case reports of adverse events for borage (*Borago officinalis*), coltsfoot (*Tussilago farfara*) and comfrey (*Symphytum officinale*). Fitoterapia 142, 104519, <https://doi.org/10.1016/J.FITOTE.2020.104519>

- Brosche T., Platt D., 2000. Effect of borage oil consumption on fatty acid metabolism, transepidermal water loss and skin parameters in elderly people. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 30(2), 139–150, [https://doi.org/10.1016/S0167-4943\(00\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0167-4943(00)00046-7)
- ClinicalTrials.gov, 2023. <https://clinicaltrials.gov> [dostęp 5.04.2023].
- Fernandes L., Ramalhosa E., Pereira J.A. i in., 2020. Borage, camellia, centaurea and pansies: nutritional, fatty acids, free sugars, vitamin E, carotenoids and organic acids characterization. *Food Res. Internat.* 132, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109070>
- Grzeszczuk M., Stefaniak A., Pachłowska A., 2016. Biological value of various edible flower species. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 15(2), 109–119.
- Grzyb J., Grzyb S., 2021. Comprehensive skin care with cosmetic preparations, dietary supplements and functional food. *Aesth. Cosmetol. Med.* 10(6), 293–297, <https://doi.org/10.52336/acm.2021.10.6.05>
- Jiang W. G., Redfern A., Bryce R. P. i in., 2000. Peroxisome proliferator activated receptor- $\gamma$  (PPAR- $\gamma$ ) mediates the action of gamma linolenic acid in breast cancer cells. *PLEFA* 62(2), 119–127, <https://doi.org/10.1054/plef.1999.0131>
- Jung J.Y., Kwon H.H., Hong J.S. i in., 2014. Effect of dietary supplementation with omega-3 fatty acid and gamma-linolenic acid on acne vulgaris: a randomised, double-blind, controlled trial. *Acta Derm. Venereol.* 94(5), 521–525, <https://doi.org/10.2340/00015555-1802>
- Kareem A.T., Hamad M.N., 2020. View of separation and identification of phenolic acid from *Borago officinalis* (F: Boraginaceae) cultivated in Iraq. *Iraqi J. Pharm. Sci.* 139–151, <https://doi.org/10.31351/vol29iss2pp139-151>
- Karimi E., Oskoueian E., Karimi A. i in., 2018. *Borago officinalis* L. flower: a comprehensive study on bioactive compounds and its health-promoting properties. *J. Food Meas. Charact.* 12(2), 826–838, <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9697-9>
- Lozano-Baena M.D., Tasset I., Muñoz-Serrano A. i in., 2016. Cancer prevention and health benefits of traditionally consumed *Borago officinalis* plants. *Nutrients* 8(1), 48, <https://doi.org/10.3390/nu8010048>
- Lyashenko S., Fabrikov D., González-Fernández M.J. i in., 2021. Phenolic composition and *in vitro* antiproliferative activity of *Borago* spp. seed extracts on HT-29 cancer cells. *Food Biosci.* 42, 101043, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101043>
- Mhamdi B., Wannes W.A., Bourgou S. i in., 2009. Biochemical characterization of borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *J. Food Biochem.* 33(3), 331–341, <https://doi.org/10.1111/J.1745-4514.2009.00221.X>
- Michalak M., Zagórska-Dziok M., Klimek-Szczykutowicz M. i in., 2023. Phenolic profile and comparison of the antioxidant, anti-ageing, anti-inflammatory, and protective activities of *Borago officinalis* extracts on skin cells. *Molecules* 28(2), 868, <https://doi.org/10.3390/molecules28020868>
- Moliner C., Cásedas G., Barros L. i in., 2022. Neuroprotective profile of edible flowers of Borage (*Borago officinalis* L.) in two different models: *Caenorhabditis elegans* and neuro-2a cells. *Antioxidants* 11(7), <https://doi.org/10.3390/antiox11071244>
- 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.
- Rutkowski L., 2022. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Ramezani M., Amiri M.S., Boghrati Z. i in., 2020. A review on the phytochemistry, ethnobotanical uses and pharmacology of *Borago* species. *Curr. Pharm. Des.* 26(1), 110–128, <https://doi.org/10.2174/1381612825666191216152733>
- Selvi F., Coppi A., Bigazzi M., 2006. Karyotype variation, evolution and phylogeny in *Borago* (*Boraginaceae*), with emphasis on subgenus *buglossites* in the corso-sardinian system. *Ann. Bot.* 98(4), 857–868, <https://doi.org/10.1093/AOB/MCL167>

- Stawiarz E., Wróblewska A., Masierowska M. i in., 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>
- Taia W.K., 2006. Family Boraginaceae: hair variations and their significance in the systematic of the genera. *Asian J. Plant Sci.* 3, 441–454.
- Tanwar B., Goyal A., Kumar V. i in., 2021. *Borage (Borago officinalis)* seed. W: B. Tanwar, A. Goyal (eds). *Oilseed: health attributes and food applications*. Springer Nature, Singapore, 351–372, <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0>
- Tasset-Cuevas I., Fernández-Bedmar Z., Lozano-Baena M. D., i in., 2013. Protective effect of Borage seed oil and gamma linolenic acid on DNA: *in vivo* and *in vitro* studies. *PLOS ONE* 8(2), <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0056986>
- WHO, 2022. Cancer. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer> [dostęp 4.04.2023].
- Zhang C., Yu H., Shen Y. i in., 2015. Polyunsaturated fatty acids trigger apoptosis of colon cancer cells through a mitochondrial pathway. *Arch. Med. Sci.* 11(5), 1081–1094. <https://doi.org/10.5114/aoms.2015.54865>

## Wybrane gatunki roślin stosowane w chorobach skóry

Selected plant species used in skin diseases

### Wstęp

Obecnie coraz więcej osób na świecie ma różnego rodzaju dolegliwości skórne. Są one problemem nie tylko pod względem leczniczym, ale także psychologicznym. Badania przeprowadzone na terenie Polski wykazały, że co trzeci Polak cierpią lub nadal cierpi na jakąś chorobę skóry [Śpiewak 2012]. Wśród wielu chorób dermatologicznych najczęściej występuje trądzik pospolity, gdyż dotyka od 80% do 100% społeczeństwa w różnym okresie życia i z różną intensywnością [Krasowska 2006]. Szacuje się, że w ciągu 12 miesięcy niemal połowę populacji Europy dotykają choroby skóry [EADV 2023].

Część osób coraz chętniej wybiera lecznicze działanie związków zawartych w roślinach niż stosowanie substancji syntetycznych. Dzięki składowi chemicznemu rośliny posiadają właściwości istotne w terapiach dermatologicznych, m.in. hamują rozwój drobnoustrojów, dają efekt przeciwzapalny, regenerujący, odżywiający komórki i zmniejszający zmiany barwnikowe [Mahmood i in. 2012].

Celem pracy było opisanie efektywności roślin w leczeniu chorób dermatologicznych na podstawie przeglądu najnowszej literatury. Skupiono się na prezentacji następujących gatunków: aloes zwyczajny (*Aloe vera* L.), aminek większy (*Ammi majus*), arnika górską (*Arnica montana* L.), czosnek pospolity (*Allium sativum* L.), dziurawiec zwyczajny (*Hypericum perforatum* L.), fiołek trójkolorowy (*Viola tricolor* L.), nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.), ziemniak (*Solanum tuberosum* L.).

### Wybrane gatunki roślin stosowane w chorobach skóry

#### Aloes zwyczajny

Aloes zwyczajny należy do rodziny aloesowatych (*Aloaceae*). Składa się w blisko 96% z wody. Pozostałą część stanowi ok. 270 substancji, do których zaliczamy: cukry, błonnik pokarmowy, białka, polipeptydy, tłuszcze (w tym kwasy: arachidonowy, linolowy, linolenowy, mirystynowy, kaprylowy, palmitynowy i stearynowy), witaminy

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Studenckie Koło Naukowe Fitochemików, dawidek.swistak@wp.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Biologii i Biotechnologii, Instytut Nauk Biologicznych, Katedra Fizjologii Roślin i Biofizyki

(rozpuszczalne w wodzie: C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, kwas foliowy, biotynę oraz rozpuszczalne w tłuszczach: E, β-karoten), składniki mineralne, antrachinony [Singh i in. 2010, Mukherjee i Pal 2013] i enzymy, np. karboksypeptydazę. Wskazany enzym jest stosowany w zmianach alergicznych i stanach zapalnych towarzyszących chorobom skóry. Hamuje przepuszczalność błon komórkowych oraz bierze udział w hydrolizie bradykinin [Lu i in. 2008].

Żel aloesowy pozyskiwany z liści zawiera zatem związki cukrowe, w tym polisacharydy i glikoproteiny, które występują naturalnie w skórze. Polisacharydy poprzez tworzenie połączeń pomiędzy białkami i korneocytami pełnią funkcję ochronną i tworzą swoistą barierę zapobiegającą przenikaniu drobnoustrojów, a także hamują rozrost kolonii grzybowych. Ponadto związki te jako koloidy zmiękczają naskórek w zmianach łuszczykowych i atopowych. Glikoproteiny wzmacniają działanie polisacharydów, hamując konwersję kwasu arachidonowego do jego własnych metabolitów, które inicjują procesy zapalne. Związki cukrowe zapobiegają również przesuszaniu się naskórka poprzez wiązanie cząsteczek wody i odżywianie komórek odpornościowych leżących w głębszych warstwach skóry [Maleszka 2002, Cieślik i Turcza 2015]. Badania tej rośliny potwierdzają również jej właściwości przeciwtromboksanowe i przeciwprostaglandynowe, co ma przełożenie na terapię odmrożeń, oparzeń i pęcherzy niewiadomego pochodzenia [Li i in. 2013]. Aloes również w medycynie ludowej znajduje zastosowanie przy zmianach skórnych wywołanych ugryzieniami zwierząt oraz użądleniami.

### **Aminek większy**

Aminek większy wchodzi w skład rodziny selerowatych (*Apiaceae*). Głównymi związkami wykorzystywanym z owoców aminka większego są furanokumaryny, do których należą bergapten, ksantotoksyna, imperatoryna [Nikiel 2017]. Zarówno bergapten, jak i ksantotoksyna są w stanie ingerować w działanie kwasu deoksyrybonukleinowego (DNA) komórek ludzkich. Związki te tworzą z DNA fotoaddukty, które powodują działanie światłoczułe i przyczyniają się do hamowania bielactwa. Hamują one replikację ludzkiego DNA zawartego w komórkach, jednocześnie zmniejszając szybkość podziałów komórkowych. Ponadto związki te potrafią wywoływać reakcję z kwasem rybonukleinyowym (RNA), białkami i fosfolipidami, co przekłada się na pozytywne efekty w leczeniu bielactwa, atopowego zapalenia skóry i łuszczycy [Bielawska i in. 2014].

### **Arnika góraska**

Arnika góraska należy do rodziny złożonych (*Compositae*). Zawiera wiele różnych związków, w tym białka, cukry, tłuszcze i związki mineralne. W lecznictwie wykorzystywane są laktony seskwiterpenowe (ponad 13, np. helenalina), flawonoidy (np. kwercetyna, kemferol, izoramnetyna), triterpeny (np. arnidiol, faradiol), kwasy fenolowe (np. kwas kawowy), olejki eteryczne, kumaryny, irydoidy, alkaloidy pirolizydynowe [Ganzer i in. 2008]. Obecnie zaleca się wykorzystanie arniki zewnętrznie, bezpośrednio na zmiany skórne pod warunkiem nieprzerwania ciągłości tkanki skórnej, czyli do różnego rodzaju zmian zapalnych, w tym egzemy, łuszczycy, a także stłuczeń, obrzęków oraz ukąszenia przez owada [EMA 2014].

Helenalina ma silne właściwości przeciwzapalne, hamując wydzielanie prozapalnych cytokin. Wykazuje działanie przeciwbólowe i zmniejszające obrzęk w dermatozach



[Dawid-Pać i Urbańska 2018]. Ogranicza namnażanie się bakterii. Może być wykorzystywana przy zmianach atopowych, trądziku oraz oparzeniach [ESCP 2003]. Do hamowania czynników prozapalnych przyczyniają się również laktony seskwiterpenowe z grupy pseudogwajanolidów, hamując szlak przemian kwasu arachidonowego poprzez inaktywację enzymów, biorących udział w tym szlaku. Molekularny mechanizm działania laktonów seskwiterpenowych jest inny niż niesterydowych leków przeciwzapalnych. W mechanizmie tym pierścień laktonowy łączy się z grupami sulfhydrylowymi białek, co daje efekt przeciwzapalny, cytotoksyczny oraz przeciwserotoninowy [Nawrot i in. 2019, Nawrot i in. 2021].

### **Czosnek pospolity**

Czosnek pospolity jest rośliną należącą do rodziny liliowatych (*Liliaceae*). Zawiera minimum 33 różne związki siarki (najwięcej w świecie roślin), 17 aminokwasów, enzymy i minerały (np. selen). Zawiera alliinę, która po uszkodzeniu komórek cebuli czosnku, w obecności enzymu allinazy, zostaje przekształcona w allicynę [Chung i in. 2007, Londhe i in. 2011]. Allicyna jest odpowiedzialna za działanie przeciwbakteryjne, często konieczne w leczeniu dermatoz [Alam i in. 2016]. Z kolei za działanie przeciwgrzybicze niezbędne w skutecznym leczeniu grzybic skóry odpowiada ajoen, organiczny związek powstający z rozpadu alliiny [Shams-Ghahfarokhi i in. 2006].

Czosnek jest uznawany za „złotą roślinę” i naturalny antybiotyk, dlatego znajduje zastosowanie we wspomaganiu leczenia wielu chorób.

### **Dziurawiec zwyczajny**

Dziurawiec zwyczajny jest rośliną należącą do rodziny dziurawcowatych (*Hypericaceae*). Ziele dziurawca zawiera białka, tłuszcze, garbniki, olejki eteryczne, a także flawonoidy. W leczeniu dermatoz kluczowe są dwa związki pozyskiwane z ziela dziurawca – hiperycyna (o czerwonym zabarwieniu) i pseudohiperycyna [Nowak i in. 2016]. Według Matławskiej [2005] należą one do naftodiantronów i wspomagają leczenie bielactwa. Stosowane zewnętrznie na skórę powodują fototoksyczne uszkodzenie komórek.

Aby hiperycyna i pseudohiperycyna mogły zadziałać w organizmie człowieka, należy wyzwolić ich działanie poprzez naświetlenie miejsca chorobowo zmienionego odpowiednią długością fali światła. Naświetlenia wykonuje się światłem UVA o długości 300 nm i światłem widzialnym o długości fali pomiędzy 550 a 590 nm. W komórkach skóry pod wpływem naświetlania i obecności hiperycyny i/lub pseudohiperycyny dochodzi do powstania reaktywnych form tlenu (RFT), a także zachodzi peroksydacja lipidów. Reaktywne formy tlenu powstają, gdy tlen tripletowy obecny w komórkach przechodzi w cząsteczkę tlenu singletowego, w tym czasie z anionorodnika półchinonów powstają cząsteczki nadtlenu, po czym na końcu następuje synteza nadtlenu wodoru należącego do RFT. Powstanie RFT i ich dalsze przemiany skutkują oksydatywnym starzeniem się komórek skóry poddanych takiej terapii, prowadząc do regeneracji poprzez złuszczenie i odbudowę nowej warstwy [Wölfle i in. 2014].

## **Fiołek trójkolorowy**

Fiołek trójkolorowy, zwany fiołkiem trójbarwnym lub bratkiem, należy do rodziny fiołkowatych (*Violaceae* Batsch.). Ziele fiołka trójbarwnego zawiera m.in. flawonoidy (np. rutozyd, zeaksantynę, witeksynę, wiolantynę, izoorientynę, saponaretynę), antocyjany, kwasy fenolowe (np. salicylowy, kawowy, wanilinowy), śluzu, garbniki, hemolityczne peptydy, olejek eteryczny, sole mineralne, saponiny triterpenowe, glikozydy (np. wiolutozyd) [Moksa i Teległów 2021].

Roślina ta wykazuje głównie właściwości przeciwzapalne, wspomaga leczenie otarć i ran. Stosowana jest w mieszankach uszczelniających naczynia i wzmacniających ich wytrzymałość, chroniąc przed mikrowylewami nazywanymi potocznie pajęczkami. Zaleca się nie tylko picie naparów z fiołka wspomagających leczenie trądziku i zmian liszajowych, ale także używania go do przemywania miejsc zmienionych chorobowo [Hertzka 2014]. Należy pamiętać, że metabolity wydalane są przez gruczoły łojowe obecne w skórze człowieka, co w początkowej fazie leczenia może zaostriżyć objawy choroby [Ożarowski 1983].

## **Nagietek lekarski**

Nagietek lekarski należy do rodziny astrowatych (*Asteraceae*). Znajduje się w nim wiele cennych związków: białka, aminokwasy (np. alanina), tłuszcze, witaminy, terpenoidy, flawonoidy (np. kwercetyna, rutozyd), karotenoidy (np. wiolaksantyna, luteoksantyna), kumaryny (np. eskulina), kwasy (np. asparaginowy), chininy (np. tokoferol, ubichinon) i olejki lotne [Ashwlayan i in. 2018].

Ziele nagietka stosowane jest w różnych dermatozach i zmianach skórnych, gdyż działa przeciwzapalnie. Ekstrakt z ziela hamuje produkcję cytokin, w tym czynnika martwicy nowotworów (ang. tumor necrosis factor  $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ) i prostaglandyn [Preethi i in. 2009]. Obniżają się poziomy markerów wskazujących na uszkodzenie tkanek, np. transaminazy asparaginianowej, fosfatazy alkalicznej [Nelofer i in. 2017]. Nagietek wykazuje działanie antybakteryjne oraz przeciwgrzybicze, co ułatwia regenerację skóry w egzemach, trądziku, zmianach łuszczycowych [Roopashree i in. 2008] i ranach [Parente i in. 2011].

## **Ziemniak**

Ziemniak, znany pod nazwą psianka ziemniak, należy do rodziny psiankowatych (*Solanaceae*). Bulwy ziemniaka w znacznej mierze składają się ze skrobi, z wody i złożonych węglowodanów. Zawierają białko, śladowe ilości tłuszczu, błonnik, związki mineralne (np. potas, wapń, żelazo, magnez, fosfor, siarkę, cynk, mangan i miedź) i witaminy (np. A, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, PP,  $\beta$ -karoten, kwasy pantotenowy i foliowy), związki fenolowe (są przeciwutleniaczami witamin C,  $\beta$ -karotenu oraz wspomagają działanie witaminy E), flawonoidy, garbniki i alkaloidy [Volnová i in. 2016]. Bulwy surowego ziemniaka stosowane są przy podrażnieniach skóry, jej zaczerwienieniach, swędzeniu i alergiach, przyspieszają proces gojenia się blizn, szczególnie potrądzikowych, pooparzeniowych, poliszajowych [Lewandowicz i in. 2017, Sawicka i in. 2017].

Obecny w bulwach kwas azelainowy bierze udział w hamowaniu aktywności tyrozyazy – metaloenzymu glikoproteinowego uczestniczącego w syntezie melaniny i odpowiadającego pośrednio za barwę. Reakcja ta umożliwia zmniejszenie ciemnienia pigmentacyjnego powiązanego z wypryskami, ze zmianami ropnymi i trądzikiem. Jednocześnie łagodzone są objawy stanu zapalnego skóry, ponieważ zostaje zahamowane namnażanie się bakterii obecnych w ropnych wypryskach skórnych, przy trądziku i wysypkach [Umadevi i in. 2013].

W tabeli 1 przedstawiono działanie wybranych związków biologicznie czynnych występujących w omówionych gatunkach roślin.

Tabela 1. Zestawienie wybranych związków biologicznie czynnych występujących w przykładowych gatunkach roślin wraz z opisem działania tych związków na podstawie: Shams-Ghahfarokhi i in. 2006, Lu i in. 2008, Preethi i in. 2009, Singh i in. 2010, Bielawska i in. 2014, Alam i in. 2016, Nowak i in. 2016, Volnová i in. 2016, Sawicka i in. 2017, Ashwlayan i in. 2018, Dawid-Pać i Urbańska 2018, Moksa i Teległów 2021

Nazwa rośliny	Wybrany związek	Działanie
aloes zwyczajny ( <i>Aloe vera</i> L.)	Karboksypeptydaza	uczestniczy w reakcjach przeciwalergicznych i przeciwzapalnych, wspomaga aktywację bradykinin
	witamina B <sub>3</sub>	wspomaga procesy regeneracyjne zachodzące w skórze, w tym w trądziku
aminek większy ( <i>Ammi maius</i> L.)	bergapten	w połączeniu z DNA tworzy fotoaddukty, wspomaga leczenie bielactwa
	ksantotoksyna	związek fotouczulający, wspomaga leczenie łuszczycy i przywracanie melaniny w bielactwie
arnika górską ( <i>Arnica montana</i> L.)	helenalina	ma właściwości przeciwzapalne, hamując rozwój zmian o podłożu zapalnym
czosnek pospolity ( <i>Alium sativum</i> L.)	allicyna	hamuje wzrost bakterii i wspomaga leczenie grzybicy
	ajoen	zapobiega rozwojowi grzybów
dziurawiec zwyczajny ( <i>Hypericum perforatum</i> L.)	hiperycyna	wspomaga przywracanie barwnika w zmianach skórnych
fiołek trójkolorowy ( <i>Viola tricolor</i> L.)	zeaksantyna	reguluje pracę gruczołów łojowych, wspomaga leczenie trądziku
	wiolantyna	odżywia i regeneruje komórki skóry
nagietek lekarski ( <i>Calendula officinalis</i> L.)	kwercetyna	hamuje stany zapalne, wspomaga leczenie zmian łuszczycowych i atopowego zapalenia skóry
	eskulina	zapobiega powstawaniu wrzodów i pęcherzy
ziemniak ( <i>Solanum tuberosum</i> L.)	kwas azelainowy	zapobiega ciemnieniu skóry w miejscach po wypryskach, trądziku i innych dermatozach
	kwas pantotenowy	uczestniczy w produkcji hormonów steroidowych, zapobiega starzeniu się komórek

## Badania kliniczne dotyczące zastosowania roślin w chorobach skóry

Tabela 2 powstała dzięki bazie ClinicalTrials.gov zawierającej badania kliniczne prowadzone na całym globie. Zapotrzebowanie na skuteczne terapie chorób skóry zostało potwierdzone w olbrzymiej liczbie ponad 22 tys. badań klinicznych mieszczących się pod hasłem „skin diseases”, w tym 2 tys. pod hasłem „łuszczyca”, ponad 1700 dotyczy zapalenia skóry, 1200 – atopowego zapalenia skóry, prawie 800 – trądziku i ponad 200 – bielactwa (tab. 2). Obecnie fitoterapia na nowo zaczęła być doceniana i stosowana przez ludzi. Związki zawarte w przedstawionych roślinach efektywnie wspomagają leczenie chorób skóry. Istotne jest to, że rośliny te pozostają również w kręgu zainteresowań naukowców i większość z nich (poza dwoma gatunkami) była bądź jest stosowana w od 26 do 270 badaniach klinicznych (tab. 2), co dowodzi ich potencjału terapeutycznego. Interesujące jest to, że z przedstawionego zestawienia wynika, że to właśnie ziemniak jest najczęściej włączany do badań klinicznych dotyczących chorób skóry, a zaraz za nim znajduje się czosnek.

Tabela 2. Liczba badań klinicznych zarejestrowanych w bazie ClinicalTrials.gov w oparciu o przedstawione w tabeli wyrażenia w językach łacińskim i angielskim

Nazwa rośliny/choroby	Liczba zarejestrowanych badań klinicznych
<i>Aloe vera</i>	86
<i>Ammi majus</i>	0
<i>Arnica montana</i>	26
<i>Allium sativum</i>	100
<i>Hypericum perforatum</i>	57
<i>Viola tricolor</i>	0
<i>Calendula officinalis</i>	26
<i>Solanum tuberosum</i>	270
Skin diseases (choroby skóry) – ogółem	22174
Psoriasis (łuszczyca)	2028
Dermatitis (zapalenie skóry)	1773
Atopic dermatitis (atopowe zapalenie skóry)	1255
Acne (trądzik)	779
Virtiligo (bielactwo)	203

### Podsumowanie

W ostatnich latach obserwuje się nasilone zainteresowanie roślinami i zawartymi w nich związkami we wspomaganie leczenia chorób skóry u ludzi. Takie podejście stwarza zapotrzebowanie na prowadzenie badań nad roślinami, poszerzanie dotychczasowej wiedzy i odkrywanie nowych zastosowań. Badania kliniczne z udziałem aloesu, arniki, czosnku, dziurawca, nagietka czy ziemniaka pomogą uzupełnić i pogłębić fachową wiedzę z zakresu nauk farmaceutycznych i medycznych, umożliwiając konkretne

i efektywne zastosowanie roślin bądź czystych związków w nich zawartych z korzyścią dla zdrowia ludzi.

### Źródło finansowania publikacji

Finansowanie publikacji w ramach Konkursu Grantowego Władz Rektorskich Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej na 2023 rok, tytuł wniosku „Rozwijanie kompetencji wraz z poszerzeniem horyzontów poprzez udział w konferencjach naukowych i przygotowaniu artykułów naukowych”, nr wniosku 41/2023/GR.

### Bibliografia

- Alam K., Hoq O., Uddin S., 2016. Medicinal plant *Allium sativum*. J. Med. Plants St. 4(6), 72–79.
- Ashwlayan V.D., Kumar A., Verma M. i in., 2018. Therapeutic potential of *Calendula officinalis*. Pharm. Pharmacol. Int. J. 6(2), 149–155, <https://doi.org/10.15406/ppij.2018.06.00171>
- Bielawska K., Malinowska M., Cyuńczyk M., 2014. Wpływ kumaryn na organizm człowieka. Bromat. Chem. Toksykol. 47(2), 213–221.
- Chung I., Kwon S. H., Shim S.T. i in., 2007. Synergistic antiyeast activity of garlic oil and allyl alcohol derived from alliin in garlic. J. Food Sci. 72(9), 437–440, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00545.x>
- Cieślik E., Turcza K., 2015. Właściwości prozdrowotne aloesu zwyczajnego *Aloe vera* (L.) Webb. (*Aloe barbadensis* Mill.). Post. Fitoter. (16)2, 117–124.
- ClinicalTrials.gov, 2023. <https://clinicaltrials.gov> [dostęp 5.04.2023].
- Dawid-Pač R., Urbańska M., 2018. Fitoterapia schorzeń dermatologicznych. W: J. Nawrot, G. Nowak (red.), Leki pochodzenia naturalnego. Wyd. UMP, Poznań, 347–348.
- EADV, 2023. European Academy of Dermatology and Venerology survey. <https://eadv.org> [dostęp 5.04.2023].
- ESCP, 2023. European Scientific Cooperative in Phytotherapy. *Arnicae flos*. Thieme, 43–70.
- Ganžera M., Egger C., Zidron C. i in., 2008. Quantitative analysis of flavonoids and phenolic acids in *Arnica montana* L. by micellar electrokinetic capillary chromatography. Anal. Chim. Acta 614(2), 196–200, <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.03.023>
- Hertzka G., 2014. Domowa apteka św. Hildegardy. Wyd. AA, Kraków.
- Krasowska D., 2006. Etiopatogeneza i obraz kliniczny trądziku pospolitego. Dermatol. Estet. 2, 67–73.
- Lewandowicz G., Kowalczewski P., Człapka-Matyasik M. i in., 2017. Produkty prozdrowotne zawierające bioaktywne składniki soku z ziemniaka. Przem. Spoż. 71(8), 76–79, <https://doi.org/10.15199/65.2017.8.8>
- Li Z., Cai Y.H., Cheng Y.K. i in., 2013. Identification of novel phosphodiesterase-4D inhibitors prescreened by molecular dynamics augmented modeling and validated by bioassay. J. Chem. Inf. Model. 53, 972–981, <https://doi.org/10.1021/ci400063s>
- Londhe V.P., Gavasane A.T., Nipate S.S. i in., 2011. Role of garlic (*Allium sativum*) in various diseases: an overview. J. Pharmac. Re. Opin. 1, 4, 129–134.
- Lu L., Yang Q.Y., Zhao Y. i in., 2008. BACE1 (betasecretase) inhibitory chromone glycosides from *Aloe vera* and *Aloe nobilis*. Planta Med. 74, 540–545, <https://doi.org/10.1055/s-2008-1074496>
- Mahmood T., Naveed A., Khan B.A., 2012. Herbs as alternate in treating acne. Bratislava Med. J. 113, 125, [https://doi.org/10.4149/BLL\\_2012\\_030](https://doi.org/10.4149/BLL_2012_030)

- Maleszka R., 2002. Praktyczne zastosowanie leków ziółowych w dermatologii. Post. Fitoter. 3–4, 53–63.
- Matławska I., 2005. Chinony. W: I. Matławska (red.). Farmakognozja. Wyd. Akad. Med. Poznań, 158–178.
- Moksa K., Teległów A., 2021. Zioła zalecane przez świętą Hildegardę w pielęgnacji skóry. Post. Fitoter. 22(1), 61–69, <https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.61>
- Mukherjee S., Pal M., 2013. Quinolines: a new hope against inflammation. Drug Discov. Today 18, 389–398, <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2012.11.003>
- Nawrot J., Budzianowski J., Nowak G., 2019. Phytochemical profiles of the leaves of *Stizolophus balsamita* and *Psephellus sibiricus* and their chemotaxonomic implications. Phytochem. 159, 172–178, <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.12.022>
- Nawrot J., Gornowicz-Porowska J., Kroma A. i in., 2021. Arnika górską jako roślina lecznicza. Post. Fitoter. 1, 32–35, <https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.32>
- Nelofe J., Khurshid I.A., Riffat J., 2017. *Calendula officinalis* – an important medicinal plant with potential biological properties. Proc. Indian. National. Sci. Acad. 83(4), 769–787, <https://doi.org/10.16943/ptinsa/2017/49126>
- Nikiel A., 2017. Przegląd surowców roślinnych o działaniu fotouczulającym i fototoksycznym. Kosmet. Estet. 6, 237.
- Nowak A., Popko M., Klimowicz A., 2016. Preparaty pochodzenia roślinnego w pielęgnacji skóry u chorych z łuszczycą. Post. Fitoter. 17(4), 332–337.
- Ożarowski A., 1983. Ziołolecznictwo. Poradnik dla lekarzy. Wyd. Lek. PZWL. Warszawa.
- Parente L.M.L., Andrade M.A., Brito L.A.B. i in., 2011. Angiogenic activity of *Calendula officinalis* L. flowers in rate. Acta. Cir. Bras. 26, 19–24, <https://doi.org/10.1590/s0102-86502011000100005>
- Preethi K.C., Kuttan G., Kuttan R., 2009. Anti-inflammatory activity of flower extract of *Calendula officinalis* L. and its possible mechanism of action. Indian J. Exp. Biol. 47, 113–120.
- Roopashree T.S., Dang R., Rani R.H. i in., 2008. Antibacterial activity of antipsoriatic herbs; *Cassia tora*, *Momordica charantia* and *Calendula officinalis*. Intern. J. Appl. Res. Nat. Prod. 1, 20–28.
- Sawicka B., Johar K.S.R., Sood P.P. i in., 2017. Imbalance of gut microbiota induces cancer. J. Cell Tiss. Res. 17(2), 6073–6084.
- Sawicka B., Noaema A.H., Krochmal-Marczak B., 2018. Ziemniak (*Solanum Tuberosum* L.) jako roślina o wysokich wartościach odżywczych i właściwościach leczniczych. W: M. Maciąg, K. Maciąg (red.), Właściwości prozdrowotne roślin i ich metabolitów wtórnych. Wyd. Nauk. Tygiel, Lublin, 83–97.
- Shams-Ghahfarokhi M., Shokoohamiri M.R., Amirrajab N. i in., 2006. *In vitro* antifungal activities of *Allium cepa*, *Allium sativum* and ketoconazole against some pathogenic yeasts and dermatophytes. Fitoterapia 77(4), 321–323, <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.03.014>
- Singh S., Sharma P. K., Kumar N. i in., 2010. Biological activities of *Aloe vera*. Int. J. Pharm. Techn. 2, 259–280.
- Śpiewak R., 2012. Częstość występowania chorób skóry w losowej grupie dorosłych Polaków. Estetol. Med. Kosmetol. 2(2), 50–53, <http://dx.doi.org/10.14320/EMK.2012.010>
- Umadevi M., Kumar S.P.K., Bhowmik D. i in., 2013. Health benefits and cons of *Solanum tuberosum*. J. Med. Plants Stud. 1(1), 16–25.
- Volnová B., Musilová J., Kopernická M. i in., 2016. The content of total polyphenols in different varieties of *Solanum tuberosum* grow in Spiš area. Potravinárstvo Sci. J. Food Ind. 10(1), 72–77, <https://doi.org/10.5219/539>
- Wölflle U., Seelinger G., Schempp C. M., 2014. Topical application of St. John's wort (*Hypericum perforatum*). Planta Med. 80, 109–20, <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351019>

## **Właściwości fizykomechaniczne biodegradowalnych materiałów polimerowych stosowanych w ogrodnictwie**

Physical and mechanical properties of biodegradable polymeric materials used in gardening

### **Wstęp**

Co roku na całym świecie wykorzystuje się do produkcji różnych towarów około 90 mld ton tworzyw polimerowych. Niestety recyklingowi ulega jedynie niecałe 10% tych materiałów. Obserwujemy ciągły wzrost zapotrzebowania na przedmioty wykonane z tworzyw polimerowych, a głównymi gałęziami ich zastosowań są: rolnictwo, budownictwo, opakowania, branża samochodowa oraz elektryczna [Hossain i in. 2022]. Obserwuje się wzrost zainteresowania producentów wykorzystaniem materiałów naturalnych lub biodegradowalnych w celu ograniczenia czasu rozkładu odpadów oraz z uwagi na rosnącą świadomość ochrony środowiska i wyczerpywanie się zasobów ropy naftowej [Tor-Świątek i in. 2022, Joseph i in. 2023]. Zaletami produktów wykonanych z konwencjonalnych tworzyw polimerowych są niski koszt wytwarzania oraz możliwość wykorzystania różnych związków chemicznych podczas produkcji. Pozwala to na wytworzenie produktów o różnych właściwościach fizykomechanicznych [Milbrandt i in. 2022]. Korzystanie z biodegradowalnych polimerów, np. polilaktydu (PLA), zwiększa koszty produkcji, dlatego wybór tego typu polimerów wymaga stosowania modyfikatorów, które jednocześnie nie zatrzymują jego zdolności do biodegradacji. Stosowanie różnych modyfikatorów oraz wypełniaczy wpływa również na właściwości fizykomechaniczne [Tor-Świątek i in. 2022]. Wypełniacze mogą być używane w celu np. zwiększenia biodegradowalności PLA – ekstrakt z alg [Kalita i in. 2021], skrobia [Malafatti i in. 2023], lub zwiększenia wytrzymałości na rozciąganie – połączenie lnu i konopi [Sisodia i in. 2023]. Obecnie w rolnictwie najczęściej stosowanymi tworzywami są polietylen (PE) oraz polipropylen (PP), a produktami wykonanymi z tych surowców – np. osłony szklarniowe, folie do fumigacji, folie opakowaniowe [Gamage i in. 2022] oraz sznurki ogrodnicze. Polimerem biodegradowalnym, który często zastępuje tradycyjne polimery w medycynie oraz przemyśle, jest PLA [Tor-Świątek i Garbacz 2021] oraz polihydroksymaślan (PHB)

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Koło Naukowe Inżynierii Polimerów CARBON, s101049@pollub.edu.pl

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, Koło Naukowe Inżynierii Polimerów CARBON

[McAdam i in. 2020]. Produkcja tworzyw polimerowych może odbywać się z zastosowaniem procesów wytłaczania i wtryskiwania. Zmieniając parametry (np. temperaturę poszczególnych stref w układzie uplastyczniającym) lub konstrukcję poszczególnych elementów układu (np. ślimaka i cylindra), możemy wpływać na właściwości wytwarzanych materiałów [Tor-Świątek i in. 2016]. Wykorzystany do badań materiał jest również używany jako surowiec podczas wytwarzania termoformowanych tacek do żywności [Sam-sudin i Hani 2017]. Nadaje się on również do druku 3D, produkcji arkuszy oraz wytłaczania folii z rozdmuchiwaniami [Stabingyte 2021]. Dotyczy to również folii ultralekkich, które mogą być stosowane jako torby do pakowania produktów spożywczych oraz folii pocztowych [Niaounakis 2020].

## Material i metody

Badanym materiałem były trzy typy sznurka ogrodniczego wykonanego z biodegradowalnego tworzywa polimerowego Bioplast 105 o różnych parametrach wytwarzania oraz syntetyczny sznurek wykonany z polipropylenu (PP). Polimer Bioplast 105 jest produktem firmy BIOTEC (Niemcy) opracowanym w 2018 roku [Stabingyte 2021]. Biodegradowalne tworzywo polimerowe wykonane jest głównie ze skrobi destrukuryzowanej i/lub z pochodnej skrobi, kopoliestru alifatyczno-aromatycznego, polihydroksyalkanianu (ang. polyhydroxyalkanoate, PHA) oraz polilaktydu (poli(kwas mlekowy), PLA, ang. polylactic acid). Dane odnośnie do udziału procentowego poszczególnych składników oraz dodatków są chronione [Patent Europejski nr EP2984138A1] i niedostępne przez producenta. Sznurek polipropylenowy użyty do badań został wyprodukowany przez firmę FPH Daglin.

Badaniu poddano próbki w formie sznurka wykonanego z tworzywa Bioplast 105. Próbki badawcze zostały wykonane przez firmę Noweko sp. z o.o (Polska); producent sznurka oznaczył je jako 1480 TEX, 1550 TEX oraz 1850 TEX. TEX jest miarą wytrzymałości włókien sznurka. Proces wytwarzania sznurka polega na wytłaczaniu arkuszy folii płaskiej, następnie cięciu jej na paski, które ostatecznie są plecione w sznurek.

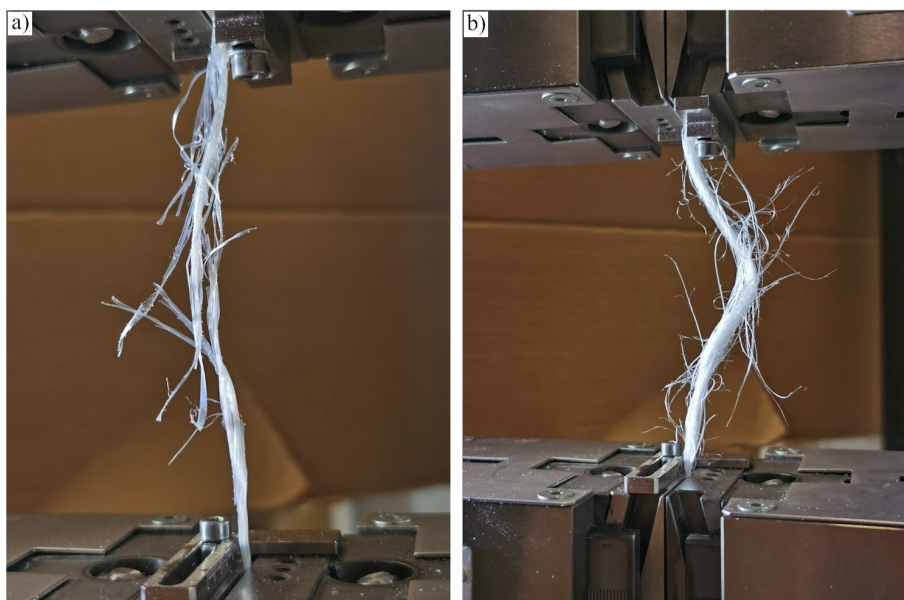
Badania obejmowały pomiary gęstości normalnej metodą piknometryczną, wytrzymałości na rozciąganie, elastyczności oraz wydłużenia przy zerwaniu, jak również analizę makro- i mikroskopową próbek po zerwaniu. Badania przeprowadzono w temperaturze normalnej i wykonano je zgodnie z odpowiednimi normami przedmiotowymi.

Podczas badania gęstości normalnej metodą piknometryczną wykorzystano piknometr firmy SIMAX o pojemności 50 ml, wagę analityczną Steinberg SBS-LW Balance scale 200 g/0,001 g (ryc. 1). Badany sznurek pocięto na odcinki mające około 1 cm. Cieczą immersyjną użytą w pomiarach był alkohol izopropylowy o gęstości 786 kg/m<sup>3</sup>.





Ryc. 1. Stanowisko do pomiaru gęstości normalnej metodą piknometryczną (fot. J. Tomasiak)



Ryc. 2. Fragment stanowiska do badań właściwości mechanicznych z próbką: a) 1550 TEX oraz b) PP (fot. A. Pszczoła)

Pomiar wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 1183. Gęstość normalną obliczono zgodnie ze wzorem:

$$\rho = \frac{(m_1 - m_p) \cdot \rho_c}{(m_3 - m_p) - (m_2 - m_1)}, \quad (1)$$

gdzie:

$\rho$  – gęstość badanej substancji [ $\text{kg/m}^3$ ],

$\rho_c$  – gęstość cieczy immersyjnej w danej temperaturze [ $\text{kg/m}^3$ ],

$m_p$  – masa pustego piknomietru [kg],

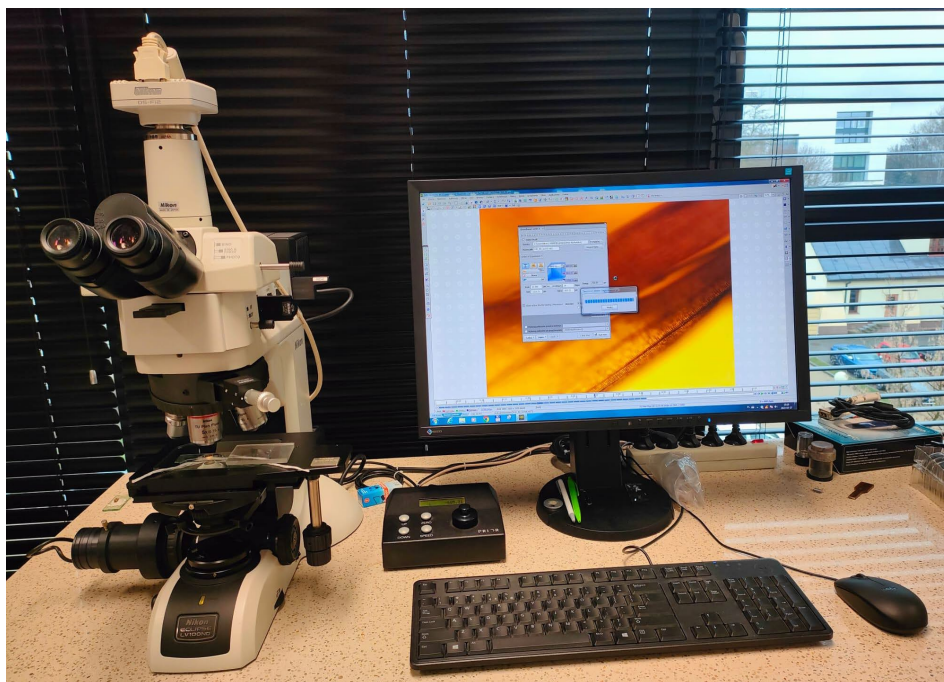
$m_1$  – masa piknomietru z próbką [kg],

$m_2$  – masa piknomietru z próbką i cieczą [kg],

$m_3$  – masa piknomietru z cieczą [kg].

Badania wytrzymałości na rozciąganie, elastyczności oraz wydłużenia przy zerwaniu wykonano na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z010 (ryc. 2). Siła wstępna wynosiła 0,1 MPa, zaś prędkość badania była równa 50 mm/min. Badanie zostało przeprowadzone zgodnie z normą: PN-EN ISO 527.

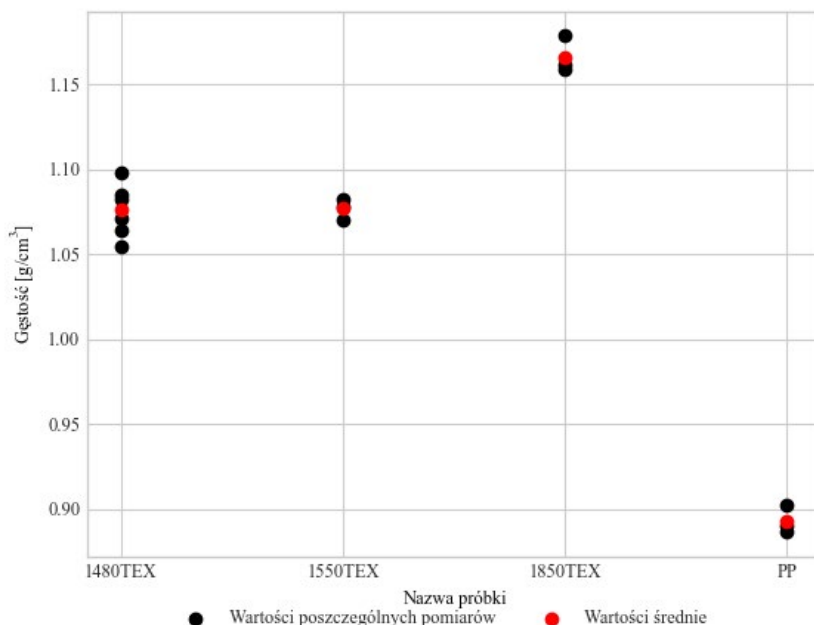
Analiza struktury mikroskopowej została przeprowadzona z wykorzystaniem mikroskopu optycznego Nikon Eclipse LV100ND (ryc. 3). Prowadzono ją w świetle odbitym przy użyciu obiektywów: 2,5×, 5×, 10×, 20× oraz filtrów. Wykorzystano oprogramowanie NIS Elements BR.



Ryc. 3. Stanowisko do analizy struktury mikroskopowej (fot. J. Tomasik)

## Wyniki i dyskusja

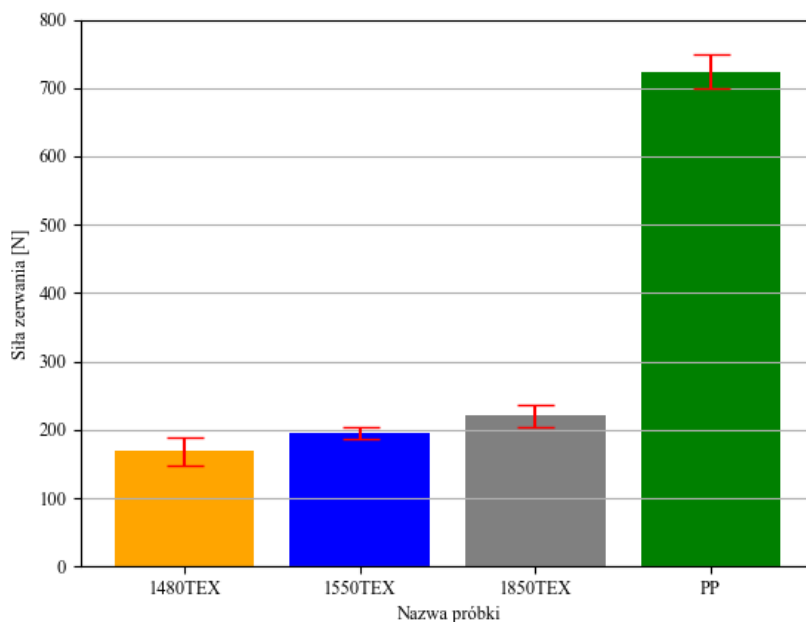
Otrzymane wyniki badań gęstości normalnej przedstawiono na rycinie 4, zaś wyniki badań właściwości mechanicznych zestawiono na rycinach 5–8. Na rycinach 9 oraz 10 przedstawiono zdjęcia makroskopowe i mikroskopowe.



Ryc. 4. Zależność gęstości normalnej dla poszczególnych próbek

Średnia gęstość dla próbki 1480 TEX wynosi  $1076 \text{ kg/m}^3$ , dla 1550 TEX –  $1077 \text{ kg/m}^3$ , natomiast dla próbki 1850 TEX –  $1166 \text{ kg/m}^3$ . Dla próbki wykonanej z polipropylenu wyznaczona gęstość to  $893 \text{ kg/m}^3$ . Literaturowa wartość gęstości dla PP wynosi  $900 \text{ kg/m}^3$  [Tripathi 2002]. Otrzymane wyniki gęstości normalnej wykazały, że próbki sznurka wykonane z materiału Bioplast 105 są znacząco większe od wyników otrzymanych dla próbki z PP. Dla próbek 1480 TEX i 1550 TEX obserwuje się wzrost badanej wielkości o około 20%. Największy wzrost gęstości normalnej w stosunku do próbki PP – około 30% – obserwuje się dla próbki 1850 TEX.

Badania właściwości mechanicznych obejmowały pomiar siły zerwania oraz wydłużenia przy zerwaniu. Wyniki badań wybranych właściwości mechanicznych, takich jak: siły zerwania, wytrzymałości na rozciąganie, wydłużenia przy zerwaniu oraz modułu Younga, przedstawiono na rycinach 5–8.



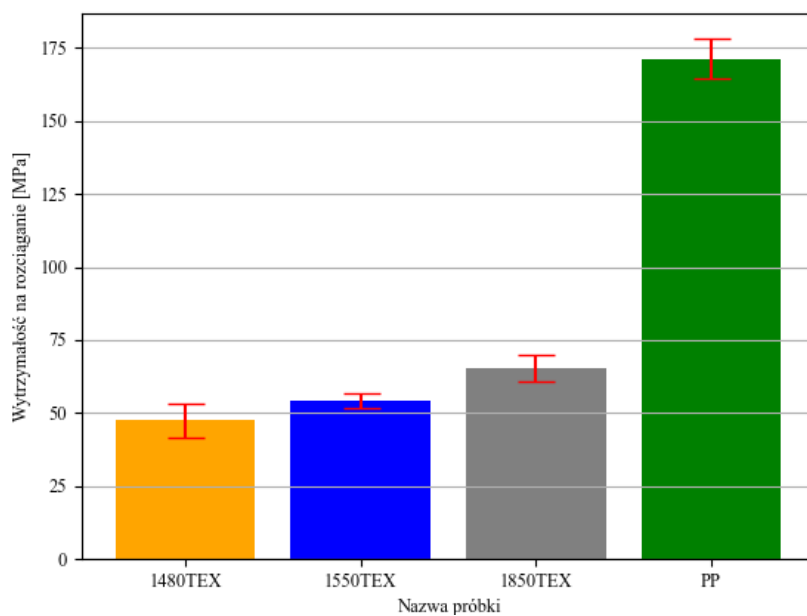
Ryc. 5. Zależność siły zerwania dla poszczególnych próbek

Siła zerwania (ryc. 5) dla sznurka PP jest największa i wynosi 724 N. Badana wielkość dla sznurków biodegradowalnych jest znacznie mniejsza. Wynosi ona 169 N dla próbki 1480 TEX, 196 N dla 1550 TEX oraz 220 N dla 1850 TEX. Siła zerwania dla sznurka 1480 TEX jest najmniejsza, względem PP obserwuje się spadek badanej wielkości o 77%. Dla próbki 1550 TEX spadek ten wyniósł 73%. Próbka 1850 TEX charakteryzuje się największą siłą zerwania wśród sznurków biodegradowalnych, względem PP jest ona mniejsza o 70%, natomiast względem 1480 TEX większa o 23%.

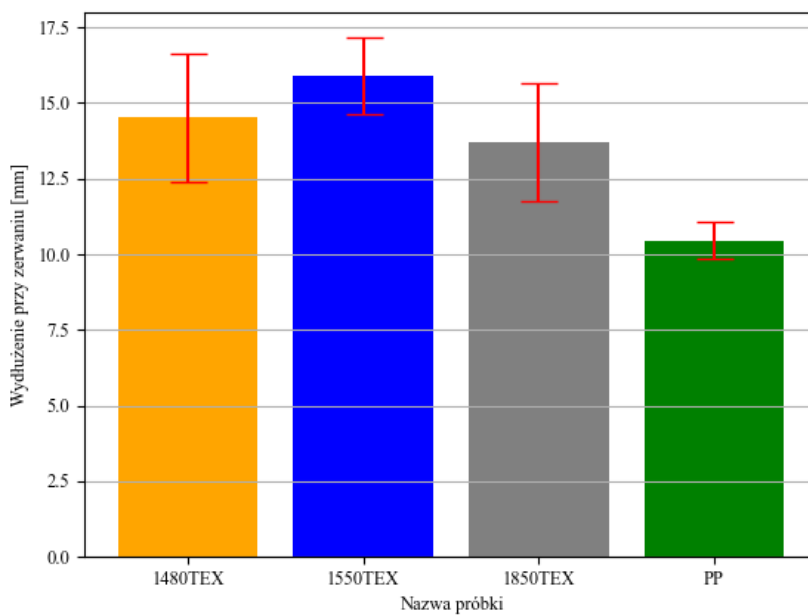
Największą wartość wytrzymałości na rozciąganie (ryc. 6) obserwujemy dla próbki PP, wynosi ona 171,4 MPa. Jest ona znacznie większa od badanej wielkości dla sznurków biodegradowalnych.

Próbka 1850 TEX wykazuje najmniejszy spadek badanej wielkości względem PP, wynosi on 62%. Największy spadek wartości wytrzymałości na rozciąganie wykazuje próbka 1480 TEX – 72%. Dla próbki 1550 TEX wartość badanej wielkości wynosi 54,5 MPa. Względem sznurka PP jest to spadek wartości o 68%.

Największe wydłużenie przy zerwaniu (ryc. 7) ma sznurek biodegradowalny 1550 TEX, wynosi ono 15,9 mm. Najmniejsze ma próbka PP – 10,5 mm. Wydłużenie dla próbki 1480 TEX wynosi 14,5 mm, natomiast dla 1850 TEX – 13,7 mm. Sznurki biodegradowalne wykazują większe wydłużenie przy zerwaniu względem sznurka PP. Badana wartość dla próbki 1480 TEX jest większa o 28% w stosunku do PP, dla próbki 1550 TEX o 34%, natomiast dla próbki 1850 TEX – o 24%.



Ryc. 6. Wykres wytrzymałości na rozciąganie dla badanych próbek



Ryc. 7. Zależność wydłużenia przy zerwaniu dla poszczególnych próbek

Moduł Younga  $E$  (ryc. 8) został wyznaczony dla wszystkich próbek ze wzoru:

$$E = \frac{\Delta F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l'} \quad (2)$$

gdzie:

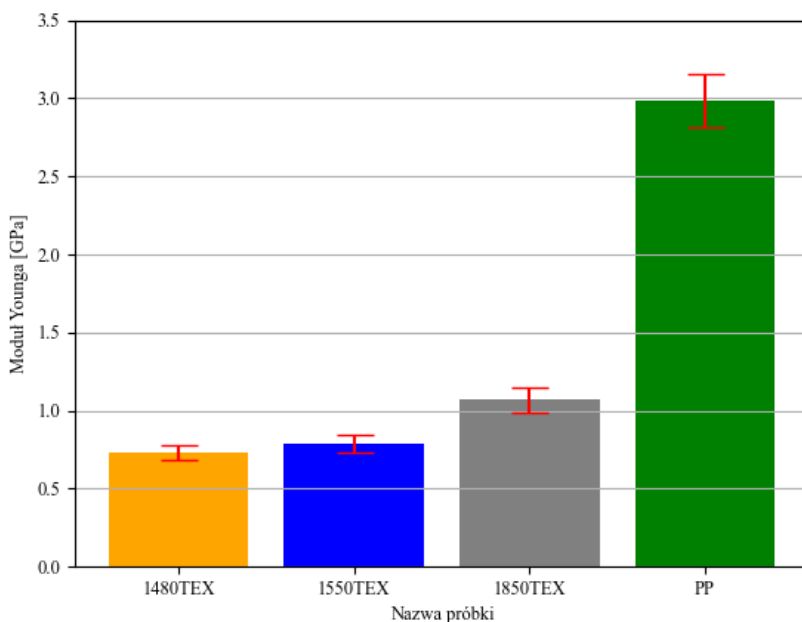
$E$  – moduł Younga,

$\Delta F$  – przyrost obciążenia,

$l_0$  – odcinek między szczękami maszyny,

$A_0$  – powierzchnia początkowa przekroju poprzecznego próbki,

$\Delta l'$  – przyrost wydłużenia odpowiadający przyrostowi obciążenia.



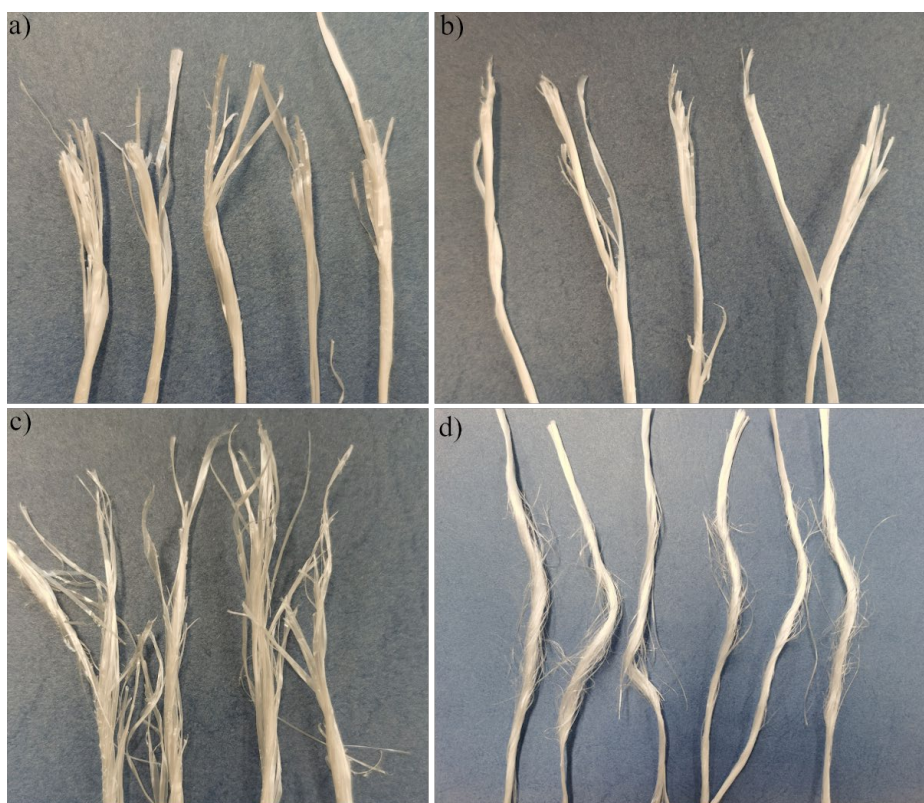
Ryc. 8. Zależność modułu Younga dla poszczególnych próbek

Największy moduł Younga wyszedł dla sznurka wykonanego z polipropylenu i wyniósł 2,985 GPa. Wyniki badań  $E$  dla sznurków biodegradowalnych wykazały, że najmniejszą wartość ma próbka 1480 TEX – 0,7343 GPa. Zbliżoną wartość ma moduł Younga dla sznurka 1550 TEX – 0,7853 GPa. Względem próbki PP wartości te są mniejsze o około 75%. Największy moduł spośród sznurków biodegradowalnych ma próbka 1850 TEX, dla której moduł wynosi 1,0705 GPa. Badana wielkość dla tej próbki jest mniejsza o 64% względem próbki PP.

W ramach założonego programu badań przeprowadzono analizę makro- i mikroskopową badanych próbek. Sznurki z biomateriału są białe, lekko transparentne. Sznurek

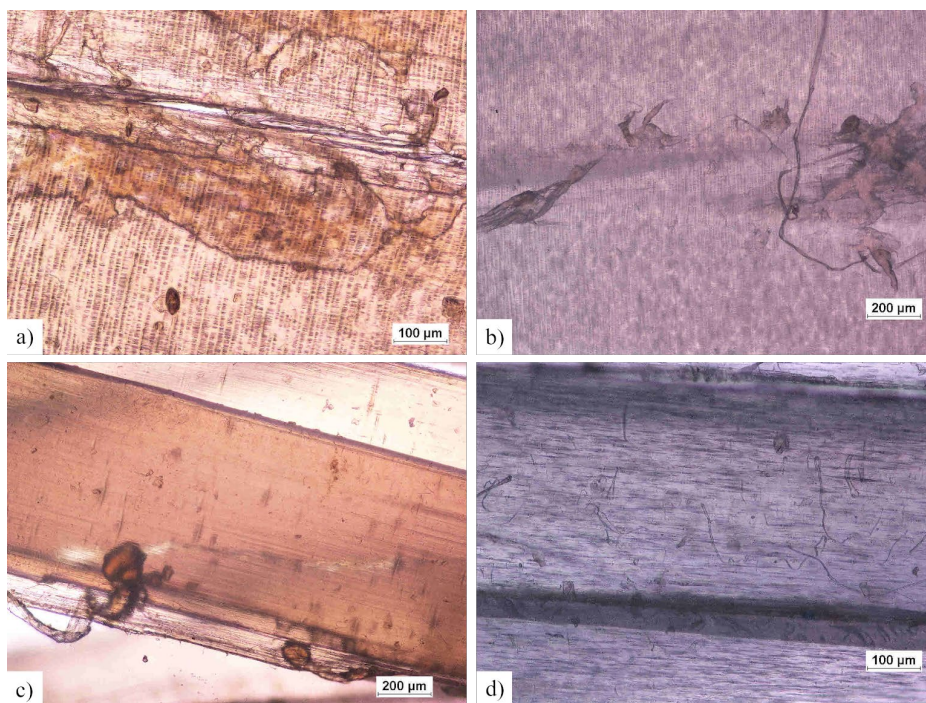
z polipropylenu zakupiony w lokalnym sklepie budowlanym jest koloru białego. Na włókno składa się wiele cienkich włókien skręconych wokół jednej osi.

Analiza makroskopowa wykazała, że próbki sznurka polipropylenowego (ryc. 9d) nie ulegały całkowitemu zerwaniu. Pękały pojedyncze włókna skoncentrowane w środkowej części próbek (rys. 2b). W zależności od miary wytrzymałości włókna zaobserwowano różny sposób zerwania sznurka. W przypadku sznurka oznaczonego 1480 TEX (ryc. 9a) do zerwania dochodziło w całym przekroju poprzecznym, tj. sznurek pękał na dwie części. Przy czym do zerwania dochodziło w pobliżu szczęk zaciskowych maszyny wytrzymałościowej. W przypadku sznurka oznaczonego 1550 TEX (ryc. 9b) zerwaniu ulegała większość włókien (ryc. 2a). Podobnie jak w przypadku sznurka 1480 TEX do zerwania dochodziło w pobliżu szczęk zaciskowych maszyny wytrzymałościowej. Sznurek oznaczony 1850 TEX (ryc. 9c) nie zrywał się całkowicie. Do pęknięć włókien dochodziło w części środkowej próbki w podobny sposób jak w przypadku próbki sznurka polipropylenowego.



Ryc. 9. Struktura makroskopowa przelomów sznurka podczas badań mechanicznych dla próbek: a) 1480 TEX, b) 1550 TEX, c) 1850 TEX oraz d) PP (fot. A. Pszczoła)

Analiza mikroskopowa obejmowała pobranie fragmentu próbek sznurków po badaniu właściwości mechanicznych i wykonanie preparatów mikroskopowych. Zdjęcia poszczególnych sznurków wykonane mikroskopem przedstawiono na ryc. 10. W zależności od miary wytrzymałości włókna (wartości TEX) sznurki z biomateriału charakteryzowały się różnym stopniem homogeniczności. Próbkę sznurka oznaczonego 1480 TEX (ryc. 10a) były najmniej homogeniczne, znajdowało się w nich najwięcej aglomeratów oraz były one największe. W przypadku sznurka oznaczonego 1550 TEX (ryc. 10b) zaobserwowano mniejszą ilość aglomeratów oraz były one mniejszych rozmiarów. Natomiast sznurek oznaczony 1850 TEX (rys. 10c) charakteryzował się najmniejszą ilością wtrąceń oraz ich dużo mniejszymi rozmiarami. W przypadku sznurka wykonanego z polipropylenu (rys. 10d) nie zaobserwowano wtrąceń, był on całkowicie homogeniczny. Zdjęcia sznurków z biomateriału wykonane pod mikroskopem wykazały obecność wtrąceń wynikających ze słabej homogenizacji próbki. Powodem mogło być nierównomierne wymieszanie kompozytu oraz proces wytwarzania sznurka, a także słaba dyspersja wypełniaczy.



Ryc. 10. Morfologia włókien próbek: a) 1480 TEX, b) 1550 TEX, c) 1850 TEX oraz d) PP (fot. M. Wrotniak)



## Podsumowanie

Próbką porównawczą użytą podczas badań był sznurek wykonany z polipropylenu. Został wybrany ze względu na powszechne wykorzystanie w rolnictwie i ogrodnictwie, zaś sznurki wykonane z biomateriału dopiero wchodzi na rynek i nie zostały jeszcze przebadane. Przeprowadzone badania wykazały, że sznurki wykonane z materiału biodegradowalnego ulegają zerwaniu przy mniejszej sile niż sznurki wykonane z tradycyjnego tworzywa polimerowego. Zauważalna jest również w wartości modułu Younga – dla sznurka wykonanego z PP była około 3-krotnie wyższa w porównaniu ze sznurkami biodegradowalnymi. Ich struktura jest niejednorodna, a właściwości nie są takie same na całej długości sznurka. Może to powodować powstawanie słabszych punktów bardziej podatnych na zerwanie. Spośród badanych próbek najsłabszy okazał się sznurek 1480 TEX. Zaletą korzystania ze sznurków biodegradowalnych jest brak gromadzenia się długo rozkładających się odpadów rolniczych. Prowadzone badania w dalszej kolejności będą rozszerzone o badanie kompostowalności oraz degradacji dla tego samego zestawu materiałów.

## Podziękowania

Dziękujemy firmie Noweko sp. z o.o. za współpracę oraz udostępnienie próbek do badań.

## Bibliografia

- Gamage A., Liyanapathirana A., Manamperi A. i in., 2022. Applications of starch biopolymers for a sustainable modern agriculture. *Sustainability* 14, 6085, <https://doi.org/10.3390/su14106085>
- Hossain R., Islam M.T., Ghose A. i in., 2022. Challenges and prospects for plastic waste management in Australia to achieve circular economy, *J. Clean. Prod.*, 368, 133127, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133127>
- Joseph T.M., Kallingal A., Suresh A. M. i in., 2023. 3D printing of polylactic acid: recent advances and opportunities, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 125, 1015–1035, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10795-y>
- Kalita N.K., Damare N.A., Hazarika D. i in., 2021. Biodegradation and characterization study of compostable PLA bioplastic containing algae biomass as potential degradation accelerator. *Environ. Challenges*, 3, 100067, <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100067>
- Malafatti J., Ruellas T., Sciena C. i in., 2023. PLA/starch biodegradable fibers obtained by the electrospinning method for micronutrient mineral release. *AIMS Mat. Sci.* 10(2), 200–212, <https://doi.org/10.3934/matersci.2023011>
- McAdam B., Brennan Fournet M., McDonald P. i in., 2020. Production of polyhydroxybutyrate (PHB) and factors impacting its chemical and mechanical characteristics. *Polymers* 12, 2908, <https://doi.org/10.3390/polym12122908>
- Milbrandt A., Coney K., Badgett A. i in., 2022. Quantification and evaluation of plastic waste in the United States. *Res. Cons. Rec.* 183, 106363, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106363>

- Niaounakis M., 2020. 3-polymers used in flexible packaging. W: M. Niaounakis, recycling of flexible plastic packaging. William Andrew Publishing, 57–96, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816335-1.00003-7>
- Patent Europejski, EP2984138A1.
- Samsudin H., Hani N. M., 2017. Starch-based materials in food packaging. W: M.A. Villar, S.E. Barbosa, M.A. García, L.A. Castillo, O.V. López, Use of starch in food packaging. Academic Press, 229–256, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809439-6.00008-x>
- Sisodia R., Jerry K., Das P.P. i in., 2023. Experimental study on mechanical behaviour of linen/epoxy and linen/hemp/epoxy hybrid polymer composite. *Mat. Today Proc.* 78(3), 372–377, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.176>
- Stabingyte L., 2021. Design of plant-based biodegradable plastic composites for sustainable packaging, <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:95804446/> [dostęp: 10.03.2023].
- Tor-Świątek A., Garbacz T., Stloukal P., 2022. Analysis of selected properties of microporous PLA as a result of abiotic degradation. *Materials* 15, 3133, <https://doi.org/10.3390/ma15093133>
- Tor-Świątek A., Garbacz T., 2021. Effect of abiotic degradation on the colorimetric analysis, mechanical properties and morphology of PLA composites with linen fibers. *Adv. Sci. Technol. Res. J.* 15(1), 99–109, <https://doi.org/10.12913/22998624/130792>
- Tor-Świątek A., Garbacz T., Jachowicz T., 2016. Quantitative assessment of the microscopic structure of extruded and injected low-density polyethylene modified with microspheres by image analysis. *Cell. Polym.* 35(2), 67–84, <https://doi.org/10.1177/026248931603500202>
- Tripathi D., 2002. Properties. Practical guide to polypropylene. ISmithers Rapra Pub., Shrewsbury, 24.

## Zastosowanie kwasów owocowych w przemyśle kosmetycznym

The use of fruit acids in the cosmetics industry

### Wstęp

Kwasy owocowe, zwane  $\alpha$ -hydroksykwasami (AHA), to substancje biologicznie czynne pozyskiwane z naturalnych źródeł, głównie z owoców jadalnych [Broniarczyk-Dyła 2002]. Klasyfikowane są jako kwasy organiczne, które w swojej cząsteczce oprócz grupy karboksylowej zawierają grupę hydroksylową w pozycji ( $\alpha$ ) [Kaniewska i Sperkowska 2017]. Należy do nich między innymi kwas jabłkowy, kwas cytrynowy, kwas winowy, kwas migdałowy i kwas glikolowy [Matuszyńska i Piotrowska 2019]. Wpływają one na proces keratynizacji skóry oraz wykazują działanie seboostatyczne i antybakteryjne, z tego względu znalazły szerokie zastosowanie w kosmetologii i dermatologii [Jastrzab i in. 2014]. Najczęściej wykorzystywane są jako eksfolianty chemiczne (peelingi), które niszczą i usuwają głównie rogową powierzchnię naskórka, a następnie pobudzają skórę do syntezy kolagenu i elastyny [Jankowiak i in. 2016].

Aktywność poszczególnych kwasów jest charakteryzowana za pomocą parametrów takich jak moc kwasu, wielkość cząsteczki czy właściwości hydrofobowo-hydrofilowe. Moc określana jest za pomocą wartości pKa, czyli ujemnego logarytmu dziesiętnego ze stałej dysocjacji kwasu (Ka). Im wyższa wartość pKa, tym mocniejszy kwas (tab. 1). Z kolei rozmiar cząsteczki kwasu determinuje jego biodostępność. Warstwa rogowa naskórka nie jest skuteczną barierą dla cząstek o rozmiarach poniżej 1000 daltonów. Na dynamikę działania kwasów  $\alpha$ -hydroksylowych wpływa polarność cząsteczki oraz podłoże, w którym są zawieszane. Kwasy rozpuszczalne w wodzie (np. kwas glikolowy, kwas cytrynowy) powinny być dodawane do produktów kosmetycznych takich jak żele czy emulsje typu olej w wodzie. Natomiast kwasy lipofilne (np. kwas migdałowy) są kompatybilne z mieszaninami tłuszczowymi [Leśniewska i Kordus 2019].

Wskazania do zastosowania kwasów owocowych to między innymi skóra tłusta, łojotok, rozszerzone pory, trądzik pospolity, zmiany trądzikowe i potrądzikowe, rozstępy, przebarwienia pozapalne i posłoneczne, fotostarzenie się skóry, plamy soczewicowe, rogowacenie słoneczne, zmniejszona elastyczność skóry spowodowana starzeniem się, rogowacenie przymieszkowe, rybia łuska, brodawki łojotokowe i zwykłe [Kaniewska i Sperkowska 2017]. Do bezwzględnych przeciwwskazań stosowania  $\alpha$ -hydroksykwasów należy obecność świeżych ran i blizn na skórze, fototerapia, aktywne choroby zapalne

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologów Sekcja Biokosmetologii, elizawargala@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Ochrony Roślin

skóry, infekcje bakteryjne i wirusowe. Do przeciwwskazań względnych, które wymagają dodatkowej konsultacji lekarza należy ciąża, tanoreksja (potrzeba ciągłego opalania się) oraz fototypy skóry IV, V i VI w klasyfikacji Fitzpatricka (tab. 2) [Leśniewska i Kordus 2019].

Tabela 1. Kwasowość wybranych kwasów owocowych

Nazwa kwasu	Wzór	Kwasowość [pKa]	Masa molowa	Źródło
Jabłkowy	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	3,40	134,09	Soltoft-Jensen i Hansen 2005
Cytrynowy	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	3,13	192,12	Matuszyńska i Piotrowska 2019
Winowy	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	3,95	150,09	Jastrzab i in. 2014
Migdałowy	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	3,41	152,14	Babilas i in. 2012
Glikolowy	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	3,83 (w temp. 5°C)	76,05	Dębowska i in. 2015

Tabela 2. Fototypy skóry według Fitzpatricka [1988]

Fototyp skóry	Oparzenie słoneczne	Ściemnienie skóry	Populacja
I	zawsze	nigdy	celtycka
II	zawsze	czasami	kaukaska
III	czasami	zawsze	kaukaska
IV	nigdy	zawsze	kaukaska
V	nigdy	zawsze	rdzenni Amerykanie
VI	nigdy	zawsze	Afroamerykanie

Celem pracy jest omówienie najważniejszych kwasów owocowych, ich właściwości oraz potencjalnych zastosowań kosmetycznych w oparciu o literaturę źródłową.

Kwasy owocowe znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle kosmetycznym. Stymulują odnowę komórek skóry, poprawiają jędrność i elastyczność skóry oraz redukują zmarszczki. Mogą wykazywać również działania niepożądane, m.in.: zaczerwienienie twarzy, pieczenie, wysypka, swędzenie i przebarwienia skóry. Ponadto można zaobserwować także zaostrenie zmian trądzikowych, powstawanie bliznowców, nadwrażliwość na światło słoneczne i zimno oraz kontaktowe zapalenie skóry.

### Kwas jabłkowy

Kwas jabłkowy (INCI: Malic Acid, hydroxybutanedioic acid) występuje w wielu owocach, m.in.: w jabłkach, gruszkach, pigwach, wiśniach, winogronach, w agrestcie,

rabarbarze. Jest on białą, krystaliczną substancją o masie molowej 134,09 g/mol, rozpuszczalną w wodzie i alkoholu [Yuan i in. 2014]. Jest termostabilny do 150°C, natomiast powyżej tej temperatury rozkłada się do kwasu fumarowego poprzez utratę cząsteczki wody. Całkowity rozkład następuje w temperaturze 180°C [Iyyappan i in. 2019]. W porównaniu do innych kwasów AHA ma on mniej higroskopijny charakter, dlatego może być przechowywany przez długi czas, nie pochłaniając wilgoci z otoczenia [Dai i in. 2018]. Pierwotnie kwas jabłkowy ekstrahowano z soku jabłkowego, który zawierał około 0,7% (w/v) kwasu. Ze względu na niską wydajność tej metody obecnie stosuje się chemiczną syntezę tego kwasu poprzez hydratację kwasu maleinowego lub kwasu fumarowego [Wang i in. 2016]. Z uwagi na wysokie koszty tej metody oraz obawy dotyczące zmian klimatu i zanieczyszczenia środowiska zaleca się wytwarzanie kwasu jabłkowego przy pomocy fermentacji odnawialnej biomasy [Somasundaram i in. 2020].

Kwas jabłkowy jako substancja nietoksyczna i niepowodująca podrażnień ma szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, chemicznym i medycznym [Zięba i in. 2015]. Hsiao i in. [2015] przeanalizowali potencjał cytotoksyczny i apoptotyczny kwasu jabłkowego na liniach komórkowych ludzkich keratynocytów (HaCaT). Uzyskane wyniki wykazały, że kwas jabłkowy indukuje apoptozę oraz fragmentację DNA i ma znaczący wpływ antyproliferacyjny na komórki HaCaT. Z tego względu w przemyśle kosmetycznym wykorzystywany jest w peelingach lub jako dodatek w kosmetykach zawierających inne kwasy AHA. W stężeniu do 5,0% wykazuje działanie nawilżające oraz rozjaśniające. W wyższych stężeniach działa peelingująco i zmiękcza zrogowaciały naskórek [Kaniewska i Sperkowska, 2017]. Wykorzystuje się go do leczenia trądziku, łojotoku oraz blizn [Grządziel i Goździalska 2022]. Ponadto w kosmetykach pełni funkcję regulatora pH oraz funkcję zapachową. Stosowanie kwasu jabłkowego nie podlega żadnym ograniczeniom zgodnie z zasadami dotyczącymi produktów kosmetycznych w Unii Europejskiej [Burnett i in. 2022].

### **Kwas cytrynowy**

Kwas cytrynowy (INCI: Citric Acid, 2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid) to bezwonny i bezbarwny związek dobrze rozpuszczalny w wodzie i słabo higroskopijny [Ciriminna i in. 2017]. Występuje m.in. w owocach granatu, cytryny zwyczajnej i cytryńca chińskiego [Klimek-Szczykutowicz i in. 2017, Zielonka-Brzezicka i in. 2017, Różański 2021]. Jest środkiem zakwaszającym, konserwującym, emulgującym, aromatyzującym, sekwestrantem i środkiem buforującym szeroko stosowanym w wielu gałęziach przemysłu, zwłaszcza spożywczym, farmaceutycznym i kosmetycznym [Ciriminna i in. 2017].

Kwas cytrynowy działa wybielająco na skórę, z tego względu dodawany jest do kremów poprawiających koloryt cery oraz usuwających piegi. W przemyśle kosmetycznym stosuje się go w płynach do płukania jamy ustnej, ponieważ posiada właściwości odkażające, przyczynia się do neutralizacji nieprzyjemnych zapachów. Jest składnikiem kosmetyków do włosów: szamponów, odżywek i innych kosmetyków kondycjonujących. Działa pielęgnująco na torebki włosa. Zapobiega starzeniu się skóry poprzez stymulację syntezy glikozaminoglikanów, kolagenu i elastyny [Kaniewska

i Sperkowska 2017]. Kwas cytrynowy jest wykorzystywany w kosmetologii również jako regulator pH [Spalek i Palacz-Wróbel 2022]. Znajduje zastosowanie w peelingu Jessnera, który jest mieszaniną m.in.: kwasu salicylowego, kwasu mlekowego, kwasu cytrynowego oraz etanolu [Czarnota 2017]. Roztwór ten jest stosowany do zabiegów złuszczących jako efektywny peeling powierzchniowy [Wacewicz-Muczyńska i in. 2022].

### **Kwas winowy**

Kwas winowy (INCI: Tartaric Acid) jest związkiem chemicznym z grupy hydrokwasów dikarboksylowych. Po raz pierwszy wyizolowano go z wodorowinianu potasu, tzw. winnego kamienia, który powstaje przy fermentacji lub podczas leżakowania wina, osadzając się w kadziach i beczkach. Kwas winowy jest podstawowym składnikiem wina i winogron, występuje w stanie wolnym oraz w postaci soli [Kronenbach 2012]. Należy do substancji stałych, krystalicznych, rozpuszczalnych w wodzie.

Wykazuje silne działanie antyoksydacyjne i wykorzystywany jest do zakwaszania płynów przeciwpotowych, płukanek do włosów, soli do moczenia nóg oraz proszków pieniających do kąpieli [Kaniewska i Sperkowska 2017]. Kwas winowy wykorzystywany jest do pielęgnacji cery tłustej oraz likwidacji przebarwień. Dodawany jest do kremów, masek, mleczek oraz toników dla cery trądzikowej i skłonnej do przetłuszczania. Kosmetyki z kwasem winowym hamują powstawanie nowych zmian skórnych oraz zmniejszają wydzielanie łoju. Produkty te są polecane w codziennej pielęgnacji cery tłustej i mieszanej [Dąbrowska i in. 2017]. Ponadto kwas ten zalecany jest dla osób o cerze dojrzałej, ze względu na działanie przeciwstarzeniowe [Grządziel i Goździalska 2022].

### **Kwas migdałowy**

Kwas migdałowy (INCI: Mandelic Acid, 2-hydroxy-2-phenyl acetic acid) pozyskuje się z migdałów, moreli i wiśni. Należy do substancji krystalicznych, rozpuszczalnych w wodzie, alkoholu, eterze i tłuszczach. Masa molowa kwasu migdałowego jest równa 152,16 g/mol, jego kwasowość w temperaturze 25°C wynosi 3,41, a gęstość 1,3 g/cm<sup>3</sup> [Stasiorska i Rodak 2020]. Wykazuje działanie przeciwbakteryjne, keratolityczne oraz sebostatyczne. Przyczynia się do zwiększenia syntezy kolagenu i elastyny [Dąbrowska i in. 2017]. Kwas ten nie uwrażliwia skóry na promieniowanie słoneczne, z tego względu można go wykorzystywać do peelingsów o każdej porze roku na bardzo wrażliwej skórze (fototyp I) i na bardzo ciemnej skórze (fototyp VI) bez ryzyka powikłań [Chomiak i Matthews-Brzozowska 2021]. Kwas migdałowy można stosować na skórę wrażliwą, gdyż posiada dużą cząsteczkę, która nie powoduje silnego podrażnienia skóry [Osika i Wesołowska 2019]. Działa nawilżająco w stężeniu do 10%, zaś w stężeniu od 5% do 20% degraduje połączenia między komórkami naskórka. Hamuje cykl komórkowy oraz niszczy keratynocyty, czym pobudza do produkcji nowe komórki [Sadowska i Kamm 2020]. Kwas migdałowy działa przeciwbakteryjnie, m.in: na *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus proteus* oraz *Aerobacter aerogenes*.

Wykazuje również właściwości lipofilowe. Oddziałuje na gruczoły łojowe, reguluje wydzielanie łoju oraz normalizuje rogowacenie [Dąbrowska i in. 2017].

W kosmetyce kwas migdałowy najczęściej jest łączony z kwasem laktobionowym, kwasem salicylowym, kwasem azelainowym oraz kwasem hialuronowym. Występuje również wraz z witaminą B5 [Matuszyńska i Piotrowska 2019]. Redukuje intensywność płytkich i powierzchownych przebarwień, również pozapalnych. Zwiększa wchłanianie leków stosowanych pomiędzy peelingami, przyczynia się do rewitalizacji skóry, polepszenia jej elastyczności i napięcia, daje uczucie odświeżenia. Wskazaniami do aplikacji kwasu migdałowego są m.in.: trądzik pospolity, trądzik różowaty, skóra mieszana, tłusta, łojotokowa, przebarwienia, rozjaśnienie kolorytu skóry, fotostarzenie oraz uzupełnienia kuracji z innymi, w znacznym stopniu inwazyjnymi peelingami chemicznymi [Stasiorowska i Rodak 2020].

### **Kwas glikolowy**

Kwas glikolowy (INCI: Glicolic Acid) jest najczęściej stosowanym  $\alpha$ -hydroksykwasem w kosmetyce. Jego niewielkie cząsteczki (masa molowa: 76,05 g/mol) szybko penetrują w głąb naskórka, dzięki czemu ich działanie jest niemal natychmiastowe. Jest także promotorem przejścia dla innych składników aktywnych [Stasiorowska i Rodak 2020]. Pobudza fibroblasty do pracy, działa keratoplastycznie, wpływa na zwiększenie grubości skóry oraz zagęszczenie włókien kolagenowych i elastynowych [Przewłocka-Gągała 2021].

Kwas glikolowy naturalnie występuje w trzcinie cukrowej [Grządziel i Goździalska 2022]. Można go również pozyskać z buraków cukrowych, ananasa, lecz także z ropy naftowej. Na skalę przemysłową kwas glikolowy produkowany jest głównie z surowców petrochemicznych. Najczęściej otrzymuje się go z formaldehydu i tlenu węgla przy użyciu kwaśnego katalizatora, ze względu na niski koszt produkcji. Światowy rynek kwasu glikolowego w 2015 roku wyniósł 160 mln USD, a szacuje się, że w 2030 roku osiągnie 415 mln USD, co jest związane z rosnącym zapotrzebowaniem na kwas glikolowy w produktach kosmetycznych i środkach czystości [Salusjärvi i in. 2019].

Kwas glikolowy jako składnik peelingów chemicznych wykazuje szerokie działanie na skórę w zależności od stężenia, pH, czasu aplikacji oraz typu skóry [Ząbczyńska i Jurzak 2012]. W stężeniu 35–50% łagodzi stany zapalne i przebarwienia oraz blizny potrądzikowe. Natomiast u osób z wyższym fototypem skóry w stężeniu 10-procentowym wykorzystuje się jego właściwości rozjaśniające [Kurzyńska 2022]. Kwas glikolowy działa na poziomie cementu międzykomórkowego, gdzie rozluźnia wiązania jonowe i niejonowe pomiędzy martwymi komórkami naskórka, co prowadzi do złuszczenia jego powierzchniowych warstw oraz zatrzymania wody w głębszych warstwach. Zabiegi z użyciem kwasu glikolowego zalecane są dla skóry dojrzałej, z widocznymi zmarszczkami, skóry suchej, z przebarwieniami lub bliznami [Izdebska i in. 2020]. Kwas glikolowy wykorzystywany jest również jako biodegradowalny polimer do produkcji nici chirurgicznych, zespołów tkanek, jako nośnik leków oraz element sztucznej skóry [Jem i Tan 2020].

## Podsumowanie

Wpływ kwasów owocowych na skórę zależy od poziomu pH produktu, zastosowanej substancji nośnej, częstotliwości stosowania, miejsca aplikacji na skórę oraz stężenia kwasów. Kwasy owocowe najlepszą skuteczność wykazują przy stężeniu powyżej 10%, jednocześnie przy tak wysokiej wartości wykazują właściwości drażniące i mogą wywołać niepożądane skutki uboczne dla konsumentów.

## Bibliografia

- Babilas P., Knie U., Abels C., 2012. Cosmetic and dermatologic use of alpha hydroxy acids. *J. Dtsch. Dermatol. Ges.* 10, 488–491, <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2012.07939.x>
- Broniarczyk-Dyła G., 2002. Hydroksykwas, ich rola i zastosowanie w dermatologii i kosmetyce lekarskiej. *Przegl. Dermatol.* 89(4), 265–272.
- Burnett C.L., Bergfeld W.F., Belsito D.V. i in., 2022. Amended safety assessment of malic acid and sodium malate as used in cosmetics. *Int. J. Toxicol.* 41(3), 69–76, <https://doi.org/10.1177/10915818221117535>
- Chomiak A., Matthews-Brzozowska T., 2021. The effectiveness of facial skin peels in the assessment of respondents. *JoFA* 4(1), 9–18, <https://doi.org/10.20883/jofa.40>
- Ciriminna R., Meneguzzo F., Delisi R. i in., 2017. Citric acid: emerging applications of key biotechnology industrial product. *Chem. Cent. J.*, 11, 1–9, <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0251-y>
- Czarnota A., 2017. Chemoeksfoliacja – substancje stosowane w peelingach medycznych oraz wskazania do ich stosowania. *Aesth. Cosmetol. Med.* 2(6), 147–152.
- Dai Z., Zhou H., Zhang S. i in., 2018. Current advance in biological production of malic acid using wild type and metabolic engineered strains. *Bioresour. Technol.* 258, 345–353, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.001>
- Dąbrowska D., Zawadzka P., Zavyalova O., 2017. Zastosowanie kwasów owocowych w leczeniu zmian trądzikowych i potrądzikowych. W: J. Nyćkowiak, J. Leśny (red.), *Badania i rozwój młodych naukowców w polsce. Młodzi Naukowcy*, Poznań, 66–73.
- Dębowska R. M., Kaszuba A., Michalak I. i in., 2015. Evaluation of the efficacy and tolerability of mandelic acid-containing cosmetic formulations for acne skin care. *Przegl. Dermatol.* 102, 316–321, <https://doi.org/10.5114/dr.2015.53419>
- Fitzpatrick T.B., 1988. The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Arch. Dermatol.* 124, 869–871.
- Grządziel P., Goździalska A., 2022. Etiologia oraz możliwości spowalniania procesów starzenia się skóry. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(1), 3–10, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.001>
- Hsiao Y.P., Lai W.W., Wu S.B. i in., 2015. Triggering apoptotic death of human epidermal keratinocytes by malic acid: involvement of endoplasmic reticulum stress-and mitochondria-dependent signaling pathways. *Toxins* 7, 81–96, <https://doi.org/10.3390/toxins7010081>
- Iyyappan J., Baskar G., Gnansounou E., 2019. Recent advances in microbial production of malic acid from renewable byproducts. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 18, 579–595, <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09503-2>
- Izdebska A., Lacheta P., Lis A. i in., 2020. Materiały biodegradowalne i bioresorbowalne stosowane w aplikacjach medycznych. W: M. Boniek (red.), *Prace instytutu materiałów inżynierskich i biomedycznych. Politechnika Śląska, Gliwice*, 33–41.
- Jankowiak W., Imielski W., Janeba-Bartoszewicz E., 2016. Zastosowanie kwasu migdałowego w peelingu kosmetycznym. *Aesth. Cosmetol. Med.* 5(1), 57–60.



- Jastrzab R., Zabiszak M., Nowak M., 2014. Kwasy owocowe ( $\alpha$ -hydroksykwasy) i ich związki kompleksowe. W: H. Koroniak, J. Barciszewski (red.), Na pograniczu chemii i biologii 33, 143–166.
- Jem K. J., Tan B., 2020. The development and challenges of poly (lactic acid) and poly (glycolic acid). *Adv. Ind. Eng. Polym. Res.* 3(2), 60–70, <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2020.01.002>
- Kaniewska A., Sperkowska B., 2017. Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących. *Herbalism* 3(1), 20–40.
- Klimek-Szczykutowicz M., Szopa A., Ekiert H., 2017. Citrus limon (cytryna zwyczajna) – źródło surowców o cennych walorach kosmetycznych. *Pol. J. Cosmetol.* 20(3), 184–195.
- Kronenbach D., 2012. Zastosowanie chromatografii cienkowarstwowej z detekcją densytryczną oraz innych instrumentalnych technik analitycznych do badania reakcji oscylacyjnych wybranych aminokwasów i hydroksykwasów pochodnych kwasu propionowego i kwasu masłowego. Praca doktorska. Uniwersytet Śląski, 30–33.
- Kurzyńska K., 2022. Skóra o fototypie IV-VI – charakterystyka dermatoz oraz ryzyko pojawienia się efektów niepożądanych w wyniku terapii kosmetycznych. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(1), 11–24, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.002>
- Leśniewska A., Kordus K., 2019. Wykorzystanie peelingów kwasowych będących kosmetykami do pielęgnacji różnych rodzajów cer. W: K. Kordus (red.), Innowacyjność i tradycja w kosmetologii. Wydawnictwo WSEiT im. prof. Kazimierzy Milanowskiej, Poznań, 30–38.
- Matuszyńska M., Piotrowska A., 2019. Analiza deklarowanego składu i form fizykochemicznych preparatów kosmetycznych z kwasem migdałowym. *Aesth. Cosmetol. Med.* 8(1), 51–55.
- Osika G., Wesołowska A., 2019. Możliwości opóźniania procesów starzenia się skóry z wykorzystaniem wybranych substancji leczniczych. *Farm. Pol.* 75(7), 369–376.
- Przewłocka-Gągała M., 2021. Współczesny model postępowania z problemem blizn w kosmetologii i medycynie estetycznej. *Aesth. Cosmetol. Med.* 10(1), 39–47.
- Różański H., 2021. Naturalne metody podnoszenia odporności na infekcje. *Herbalism* 1(7), 153–174.
- Sadowska A., Kamm A., 2020. Sposoby zapobiegania i niwelowania hiperpigmentacji skóry twarzy w gabinecie kosmetycznym. *Aesth. Cosm. Med.* 4(9), 363–382.
- Salusjärvi L., Havukainen S., Koivistoinen O. i in., 2019. Biotechnological production of glycolic acid and ethylene glycol: current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 103, 2525–2535, <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09640-2>
- Soltoft-Jensen J., Hansen F., 2005. New chemical and biochemical hurdles. W: S. Da-Wen (red.), Emerging technologies for food processing, 387–416, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-676757-5.X5000-2>
- Somasundaram S., Jeong J., Irisappan G. i in., 2020. Enhanced production of malic acid by colocalization of phosphoenolpyruvate carboxylase and malate dehydrogenase using synthetic protein scaffold in *Escherichia coli*. *Biotechnol. Bioprocess. Eng.* 25, 39–44, <https://doi.org/10.1007/s12257-019-0269-1>
- Spałek K., Palacz-Wróbel M., 2022. Pielęgnacja skóry w atopowym zapaleniu skóry – studium przypadku. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(5), 173–179, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.026>
- Stasiorowska S., Rodak I., 2020. Chemoeksfoliacja w gabinecie kosmetycznym. *Aesth. Cosmetol. Med.* 9, 199–210.
- Wacewicz-Muczyńska M., Jankowska K., Leszczyńska K., 2022. The effectiveness of Jessner's solution in combination with retinol in reducing acne lesions – a pilot study. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(5), 167–171, <https://doi.org/10.52336/acm.2022.025>
- Wang J., Lin M., Xu M. i in., 2016. Anaerobic fermentation for production of carboxylic acids as bulk chemicals from renewable biomass. *Anaerob. Biotechnol.* 156, 323–361, [https://doi.org/10.1007/10\\_2015\\_5009](https://doi.org/10.1007/10_2015_5009)

- Yuan Y., Leng Y., Shao H. i in, 2014. Solubility of DL-malic acid in water, ethanol and in mixtures of ethanol water. *Fluid Phase Equilib.* 377, 27–32, <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2014.06.017>
- Ząbczyńska M., Jurzak M., 2012. Zastosowanie hydroksykwasów w kosmetologii. W: A. Goździalska, J. Jaśkiewicz (red.), *Stan skóry wykładnikiem stanu zdrowia*. Oficyna Wydawnicza AFM, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego, Kraków, 95–105.
- Zielonka-Brzezicka J., Synowiec L., Nowak A. i in., 2017. Wybrane owoce jako źródło cennych składników stosowanych w kosmetologii. *Post Fitoter.* 18(2), 126–131, <https://doi.org/10.25121/PF.2017.16.2.126>
- Zięba M., Małysa A., Klimaszewska E. i in., 2015. Assessment of physicochemical properties of facial care emulsions containing selected fruit acids. *Pol. J. Cosmetol.* 19(1), 42–46.

## **Palm oil in the cosmetics industry**

Olej palmowy w przemyśle kosmetycznym

### **Introduction**

Palm oil as a raw material gives multiple opportunities for its use in many industries. Palm oil production is the cheapest and the most profitable compared to other oils. Palm oil contains a wide range of active ingredients such as carotenoids and antioxidants. In cosmetology, this raw material appears under many names in the composition of soaps, shampoos, creams, lotions, and detergents. Oleochemical components derived from palm oil that is used in cosmetics are palmitic acid, isopropyl myristate, cetyl alcohol, glycerol stearate, octyldecanol, oleyl alcohol, ascorbyl palmitate, tocopheryl acetate, sorbitan stearate, stearyl alcohol, ethylhexyl oleate, and palmitate.

The aim of the work was to analyze the literature on palm oil in the cosmetics industry. The syntax of palm oil, as well as their sources of obtaining, are described. The ingredients of cosmetics based on palm oil, their functions in cosmetics, and the potential negative impact on humans were taken into account.

### **Characteristics of palm oil**

Palm oil is obtained from the flesh of the guinea oil plant *Elaeis guineensis* Jacq., which is commonly known as oil palm. This tropical plant has been known since antiquity. The beginnings of establishing plantations date back to the 19th century and took place in West Africa. Political difficulties and internal conflicts prevented the cultivation of palm oil on a global scale. As a result, at the beginning of the 20th century, oilseed plantations were moved to Southeast Asia, where cultivation began in Sumatra and Peninsular Malaysia [Henson 2020]. Nowadays, most of the oil palm is grown in the tropics, for example in Southeast Asia [Węgiel et al. 2018]. The largest guinea oil palm plantation is located in Indonesia and Malaysia. These countries meet the global demand for this raw material by 85% [Gaveau et al. 2016].

---

<sup>1</sup> University of Life Sciences in Lublin, Student Scientific Circle of Hydrobiology and Environmental Protection, elizawargala@gmail.com

<sup>2</sup> University of Life Sciences in Lublin, Department of Hydrobiology and Ecosystem Protection

## **Composition of palm oil**

Palmitic acid (44%), oleic acid (39%), and linoleic acid (10%) are the main components of palm oil. Palm oil is more oxidatively stable than vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids (PUFA) [Kowalska et al. 2012]. Unrefined pulp palm oil contains about 50% of saturated fatty acids (mainly palmitic acid). About 40% are monoenic fatty acids (mainly oleic acid), while the rest are polyenic fatty acids [Sadowska and Włodarczyk 2022]. Palm oil is rich in carotenoids (500–700 ppm), vitamin E (600–1000 ppm), sterols (250–620 ppm), squalene (200–600 ppm), coenzyme Q (10–80 ppm), and vitamin K (10–30 ppm). Palm oil also contains vitamins A and E, which are powerful antioxidants [Odia et al. 2015]. Natural antioxidants found in palm oil can extend the life of the oil itself and any products made from it. Palm oil contains up to 13 different carotenoids: phytofluene, cis-beta-carotene, beta-carotene, alpha-carotene, cis-alpha-carotene, zeta-carotene, gamma-carotene, delta-carotene, corn beta-carotene, maize – alpha-carotene, and lycopene. Lycopene as well as alpha-, beta- and gamma-carotene show the activity of vitamin A-retinol [Kowalska et al. 2012].

## **The use of palm oil in the industry**

Palm oil is a raw material used in the food, soap, and cosmetic industries and in the production of biofuels [Absalome et al. 2020]. It is used in food, inter alia, as the basic vegetable fat, frying oil, cooking oil, and margarine. It is also used in the production of resin paints and methyl esters [Mancini et al. 2015, Absalom et al. 2020].

## **The use of palm oil in the cosmetics industry**

Palm oil is used as an emollient, humectant, emulsifier, and as a preservative (Table 1). In shampoos, it is used as a surfactant or emulsifier [Schuster Institute for Investigative Journalism at Brandeis University]. Over 70% of cosmetics contain palm oil and its derivatives [Johnson 2000].

The cosmetic ingredient database (CosIng) contains over 50 substances obtained from palm oil and permitted for use in the cosmetic industry. These are largely esters of palm oil obtained in the process of transesterification [Keng et al. 2009]. These raw materials maintain the color in, for example, in lipsticks, do not melt at high temperatures, are odorless, and moisturize [Johnson 2000].

Most cosmetic products contain at least one ingredient derived from palm oil. This is due to the fact that palm oil is a product applied to the skin, which has a very positive effect on its condition [Johnson 2000]. It is valued because it is better absorbed by the skin compared to other oils [Van Gelder et al. 2004]. The oil was assessed for safety by the Expert Panel of The Cosmetic Ingredient Review (CIR). Palm oil was found to be safe for use in cosmetics [Johnson et al. 2000]. The assessment was based on previous studies on animals and clinical data. The dermal irritation assay of palm oil esters showed the non-irritancy of the esters with a Human Irritancy Equivalent (HIE) score below 0.9.

Moreover, an increase in skin hydration of 40.7% observed 90 minutes after application in an acute moisturizing test, has proven the suitability of palm oil esters to be used in cosmetics formulation [Keng et al. 2009]. However, some ingredients of cosmetics obtained from palm oil may cause skin and eye irritation, allergies, or cause pores in the skin (Table 1). Most of these ingredients are used in cosmetics in an amount not exceeding a few percent. For instance, sorbitan stearate, which shows minimal allergenic potential in people with skin diseases, is used in cosmetics for topical application at a maximum concentration of 8% [Fiume et al. 2019].

Table 1. Examples of cosmetic ingredients based on palm oil, their functions in cosmetics, and potential negative effects on human

Ingredient CAS no.	Functions	Cosmetics	Concentration in cosmetics	Potential negative effects on human health
1	2	3	4	5
Isopropyl myristate [Keng et al. 2009] 110-27-0 [Euro- pean Comission, 2023a ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– binding</li> <li>– perfume</li> <li>– perfuming</li> <li>– skin condi- tioning [European Comission, 2023a]</li> </ul>	Substances can be found in baby products, bath products, cleansers, makeup, fragrance products, uncolored hair care, hair dye, body paint, body care products, nail paints and decorations, shaving products, facial cleansers, cotton balls, moisturizers, conditioners for the face and body, tanning products, and masks [Becker et al. 2010]	Concentration in cosmetics ranges 5–20% [Biotechnologia]	The substance is not expected to cause adverse effects, but there is a warning about skin irritation [National Center for Biotechnology Information 2023b]
Palmitic acid [Keng et al. 2009] 57.10.3 [Euro- pean Comission, 2023b]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– skin condi- tioning</li> <li>– emollient sur- factant,</li> <li>– emulsifying [European Comission, 2023b]</li> </ul>	The substance is used in makeup cosmetics and some surfactants as cleaning agents [Japir et al. 2021]	The concentration of the substance in cosmetics ranges from 0.1% to 25% [Acid 1987]	Based on the model and experimental studies, it has been determined that the substance causes little concern. However, warnings are available for skin, eye, and respiratory irritation Does not exhibit side effects: mutagenic, genotoxic, and cytotoxic [National Center for Biotechnology Information 2023a, Api et al. 2019]
Glyceryl stearate [Keng et al. 2009] 31566-31-1 [Euro- pean Comission, 2023c]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– skin condi- tioning</li> <li>– emollient</li> <li>– surfactant</li> <li>– emulsifying [European Comission, 2023c]</li> </ul>	This substance is used in lotions, creams, lotions, skincare, hair care, color cosmetics, and also in sun care, and children's care [Sikora 2019]	The maximum concentration in cosmetics 18.9% [Personal Care Products Council On-Line]	In studies on rabbits' skin, concentrations of 4% to 5% glycerol stearate were not toxic, but caused mild irritation (slight erythema, swelling, peeling, and/or cracking) [Fiume et al. 2020]

1	2	3	4	5
Sorbitan stearate [Keng et al. 2009] 1338-41-6 [European Commission, 2023d]	– surfactant – emulsifying [European Commission, 2023d]	This substance is found in baby and children's products, makeup cosmetics, fragrance and hair care products, cuticle softeners, body and face cleansers, shaving products, facial and body care cosmetics, and sun care products [Lanigan and Yamarik 2002]	In cosmetics for topical application, the maximum concentration of 8% [Fiume et al. 2019]	Products containing from 2% to 4% sorbitan stearate in their formulation have shown mild irritation. 30% sorbitan stearate showed no eye irritation, while a cream containing 4% sodium stearate caused mild conjunctival irritation [Fiume et al. 2019]
Cetearyl alcohol [Keng et al. 2009] 67762-27-0 / 8005-44-5 [European Commission, 2023e]	– stabilizing emulsion – opacifying – skin conditioning – emollient, – surfactant – cleansing – surfactant – emulsifying – surfactant – foam boosting – viscosity controlling [European Commission, 2023e]	The substance is used in lotions, other moisturizers, sunscreen, foot creams, epilators, anti-frizz, hair care products, hair dyes, and mascara [Cafasso 2023]	Its typical use level in most cream-type formulas is 2–3% [Personal Care Product Council]	Skin contact sensitization only occurs when the skin barrier is compromised [Armengot-Caebo et al. 2016]
Oleyl alcohol [Keng et al. 2009] 143-28-2 / 593-47-5 [European Commission, 2023f]	– fragrant – perfuming – skin conditioning – emollient – solvent, – viscous controlling [European Commission, 2023f]	Used in bath products, makeup products, fragrance products, facial cleansing and care products, hair care and hair coloring and bleaching preparations, and shaving products [Libert 1985]	nf	nf
Octyldodecanol [Keng et al. 2009] 5333-42-6 [European Commission, 2023g]	– fragrant, – perfuming, – skin conditioning, – emollient, – solvent [European Commission, 2023g]	Among others in cleansers, pastes, waxes, personal care products [ECHA] used commercially as a dispersing agent for makeup pigment [Maktabi et al. 2021] lipsticks [Maktabi 2021] oily component used in emulsions, deodorants, and antiperspirants, having good spreadability [Adriana et al. 2006]	nf	nf

nf – information not found

## The impact of palm oil production on the environment

The wastewater from the palm oil mill during the clarification process, the condensation from the sterilization process, and the wastewater produced by the hydro cyclone during separation lead to water pollution. This causes an imbalance in aquatic ecosystems and is a serious problem for villagers who use water sources where sewage is supplied [Tan and Lim 2019]. Improper waste management creates unfavorable odors that attract pests. The decomposition of waste contributes to the release of greenhouse gases, as well as dioxins and other hazardous organic compounds that are harmful to humans [Tiong et al. 2021].

### Conclusions

The industrial production of palm oil usually starts with the logging of primeval forests. Then the oil palm (*Elaeis guineensis*) is grown to obtain refined oil used mainly in the food and cosmetic industries [Mozaffarian and Clarke 2009]. Oil production has negative consequences for the environment. Deforestation occurs, resulting in air pollution, a decline in biodiversity, an increase in sewage pollutants, and the number of chemicals in the environment. Many methods are developed to protect the environment against unfavorable waste resulting from oil production, such as biogas collection.

Aware consumers should not buy products that contain palm oil that does not come from certified crops [Janiszewska 2019].

### References

- Absalome M.A., Massara C.C., Alexandre A.A. et al., 2020. Biochemical properties, nutritional values, health benefits and sustainability of palm oil. *Biochimie* 178, 81–95, <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.09.019>
- Acid L., 1987. Final report on the safety assessment of oleic acid, laurie acid, palmitic acid, myristic acid, and stearic acid. *J. Am. Coll. Toxicol.* 6(3), 321–401.
- Adriana G., Parente M.E., Gimenez A., 2006. Free-choice-profile descriptive analysis of sticks with conditioning agents. *J. Cosmetic. Sci.* 57, 455–463.
- Api A.M., Belmonte F., Belsito D. et al., 2019. RIFM fragrance ingredient safety assessment, palmitic acid, CAS Registry Number 57-10-3. *Food Chem. Toxicol.* 134, 110980, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110980>
- Armengot-Carbo M.A.C., Rodríguez-Serna M., Taberner-Bonastre P. et al., 2016. Allergic contact dermatitis from cetearyl alcohol in Thrombocid® ointment. *Dermatol. Online J.* 22(7), <https://doi.org/10.5070/D3227031656>
- Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., et al., 2010. Final report of the amended safety assessment of myristic acid and its salts and esters as used in cosmetics. *Int. J. Toxicol.* 29(4), 162S–186S, <https://doi.org/10.1177/1091581810374127>
- Biotechnologia. Podstawy recepturowania Make-up w kremie. Available: <https://biotechnologia.pl/kosmetologia/podstawy-recepturowania-make-up-w-kremie,13143> [access: 20.08.2023].
- Cafasso J., 2023. Cetearyl alcohol: what you need to know about this common ingredient. Available: <https://www.healthline.com/health/cetearyl-alcohol> [access: 16.08.2023].

- European Commission, 2023a. CosIng – Cosmetic ingredients, Isopropyl myristate. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/34699> [access: 19.08.2023].
- European Commission, 2023b. CosIng – Cosmetic ingredients, Palmitic acid. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/78421> [access: 19.08.2023].
- European Commission, 2023c. CosIng – Cosmetic ingredients, Glyceryl stearate. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/34103> [access: 19.08.2023].
- European Commission, 2023d. CosIng – Cosmetic ingredients, Sorbitan stearate. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/38187> [access: 19.08.2023].
- European Commission, 2023e. CosIng – Cosmetic ingredients, Cetearyl alcohol. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/75132> [access: 19.08.2023].
- European Commission, 2023f. CosIng – Cosmetic ingredients, Oleyl alcohol. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/78022> [access: 19.08.2023].
- European Commission, 2023g. CosIng – Cosmetic ingredients, Octyldodecanol. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/details/35610> [access: 19.08.2023].
- ECHA (European Chemicals Agency). 2-octyldodecan-1-ol. Available: <https://echa.europa.eu/pl/substance-information/-/substanceinfo/100.023.857> [access: 14.08.2022].
- Fiume M.M., Bergfeld W.F., Belsito D.V. et al., 2019. Safety assessment of sorbitan esters as used in cosmetics. *Int. J. Toxicol.* 38(2), 60–80, <https://doi.org/10.1177/1091581819871877>
- Fiume M.M., Bergfeld W.F., Belsito D.V. et al., 2020. Safety assessment of monoglyceryl monoesters as used in cosmetics. *Int. J. Toxicol.* 39(3), 93–126, <https://doi.org/10.1177/1091581820966951>
- Gaveau D.L., Sheil D., Salim M.A. et al., 2016. Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Sci. Rep.* 6(1), 1–13, <https://doi.org/10.1038/srep32017>
- Henson I.E., 2020. A brief history of the oil palm. In: L. Oi-Ming, T. Chin-Ping T., CA Casimir (eds.), *Palm oil production, processing, characterization, and uses*. AOCs Press: Bristol, United Kingdom, 1–29, <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50004-6>
- Janiszewska M., 2019. The elephant and the urban issue, or the fate of megafauna in the hands of all of us. *Stud. Materials Nature Forest Edu. Center* 21(58), 89–95.
- Japir A.A.W., Salih N., Salimon J., 2021. Synthesis and characterization of biodegradable palm palmitic acid based bioplastic. *Turk. J. Chem.* 45(3), 585–599, <https://doi.org/10.3906/kim-2011-31>
- Johnson W., 2000. Final report on the safety assessment of elaeis guineensis (palm) oil, elaeis guineensis (palm) kernel oil, hydrogenated palm oil and hydrogenated palm kernel oil. *Int. J. Toxicol.* 19, 7–28.
- Keng P.S., Basri M., Zakaria M.R.S. et al., 2009. Newly synthesized palm esters for cosmetics industry. *Ind. Crops Prod.* 29(1), 37–44, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.002>
- Kowalska M., Aljewicz M., Mroczek E. et al., 2012. Palm oil – a cheaper and healthier alternative. *Bromate. Chem. Toxicol.* 2(45), 171–180.
- Lanigan R.S., Yamarik T.A., 2002. Final report on the safety assessment of sorbitan caprylate, sorbitan cocoate, sorbitan diisostearate, sorbitan dioleate, sorbitan distearate, sorbitan isostearate, sorbitan olivate, sorbitan sesquiosostearate, sorbitan sesquisteate, and sorbitan triisostearate. *Int. J. Toxicol.* 21(1), 93–112, <https://doi.org/10.1080/10915810290096414>
- Libert M.A., 1985. Final report on the safety assessment of stearyl alcohol, oleyl alcohol, and octyl dodecanol. *J. Am. Co. Toxicol.* 4(5), 1–29.
- Maktabi B., 2021. Testing meadowfoam seed oil as a dispersing agent for pigments. Doctoral dissertation. University of Toledo, 1–14.
- Maktabi B., Liberatore M.W., Baki G., 2021. Meadowfoam seed oil as a natural dispersing agent for colorants in lipstick. *Int. J. Cosmetic Sci.* 43(4), 484–493, <https://doi.org/10.1111/ics.12724>



- Mancini A., Imperlini E., Nigro E. et al., 2015. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effects on health. *Molecules* 20(9), 17339–17361, <https://doi.org/10.3390/molecules200917339>
- Mozaffarian D., Clarke R., 2009. Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *Eur J. Clin. Nutr.* 63(2), S22–S33, <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602976>
- National Center for Biotechnology Information, 2023a. PubChem compound summary for CID 985, palmitic acid. Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Palmitic-Acid> [access: 14.07.2022].
- National Center for Biotechnology Information, 2023b. PubChem compound summary for CID 8042, isopropyl myristate. Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isopropyl-Myristate> [access: 14.07.2022].
- National Center for Biotechnology Information, 2023b. PubChem compound summary for CID 86472. Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Alpha-Tocopherol-Acetate> [access: 14.08.2022].
- Odia OJ, Ofori S., Maduka O., 2015. Palm oil and the heart: a review. *World J. Cardiol.* 7(3), 144, <https://doi.org/10.4330%2Fwjcv7.i3.144>
- Personal Care Product Council. INCI decoder: cetearyl alcohol. Available: <https://incidecoder.com/ingredients/cetearyl-alcohol> [access: 14.08.2022].
- Personal Care Products Council On-Line. INFOBASE 1A. Available: <https://access.personalcare-council.org/Security/Sign-In?returnUrl=https%3A%2F%2Fincipedia.personalcarecouncil.org%2FSignIn%3FreturnUrl%3D%252F> [access: 20.08.2022].
- Sadowska J., Włodarczyk K., 2022. Selected technological and health aspects of using palm oil in food production. *Food. Technol. Science. Quality.* 29(1), 5–22, <https://doi.org/10.15193/zntj/2022/130/404>
- Schuster Institute for Investigative Journalism at Brandeis University. Ubiquitous palm oil: products with palm oil and its derivatives. Available: <https://www.schusterinstituteinvestigations.org/products-with-palm-oil/> [access: 7.10.2022].
- Sikora E., 2019. Cosmetic emulsions. Cracow University of Technology, Cracow.
- SpecialChem. Stearyl alcohol. Available: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/stearyl-alcohol#> [access: 14.08.2022].
- Tan Y.D., Lim J.S., 2019. Feasibility of palm oil mill effluent elimination towards sustainable Malaysian palm oil industry. *Renew. Sust. Energy. Rev.* 111, 507–522, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.043>
- Tiong J.S.M., Chan Y.J., Lim J.W. et al., 2021. Simulation and optimization of anaerobic co-digestion of food waste with palm oil mill effluent for biogas production. *Sustainability* 13(24), 13665, <https://doi.org/10.3390/su132413665>
- Van Gelder J.W., 2004. Greasy palms. European buyers of Indonesian palm oil. Netherlands.
- Węgiel A., Nowaczyk P., Śmidowicz A. et al., 2018. Properties of palm oil and the environmental impact of Guinea oil plantations (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Kosmos* 67(3), 647–659, [https://doi.org/10.36921/kos.2018\\_2453](https://doi.org/10.36921/kos.2018_2453)

## Fitoterapeutyczne metody redukcji łupieżu

Phytotherapeutic methods of dandruff reduction

### Wstęp

Łupież jest globalną dolegliwością dotyczącą 50% populacji. Występuje u kobiet i u mężczyzn, natomiast bardzo rzadko spotykany jest u dzieci. Jest schorzeniem skóry głowy powodującym zarówno dyskomfort, jak i niepożądany wizerunek społeczny [Szkłarczyk i in. 2012, Meray i in. 2018]. Wyróżnia się kilka rodzajów łupieżu. Najczęściej występujące odmiany to łupież zwykły (*pityriasis simplex*), nazywany suchym, oraz łupież tłusty (*pityriasis seborrhoica*). Łupież zwykły występuje zwykle w obrębie owłosionej skóry głowy, w niektórych przypadkach może pojawiać się również na rękach i brwiach [Borda i Wikramanayake 2015]. Praca oparta jest na przeglądzie literatury dotyczącej metod redukcji łupieżu, głównie w oparciu o surowce roślinne. Celem pracy był przegląd doniesień naukowych dotyczących możliwości wykorzystania wybranych fitoproduktów w terapii łupieżu.

### Przyczyny i objawy łupieżu

Wśród czynników sprzyjających i nasilających przebieg łupieżu znajdują się czynniki endogenne i egzogenne. Pierwsza grupa obejmuje zaburzenia hormonalne, stres, nadmierne picie alkoholu, nieprawidłową dietę i uwarunkowania genetyczne. Czynniki o charakterze egzogennym to nieprawidłowa pielęgnacja włosów, nadmierna ekspozycja na promieniowanie UV i częsty kontakt skóry z nakryciem głowy [Brzezińska-Wcisło i in. 2007]. Na powstawanie łupieżu suchego mogą mieć wpływ również niewłaściwe czynności pielęgnacyjne, m.in. spanie z mokrymi włosami, drapanie skóry głowy podczas mycia czy intensywne pocieranie włosów ręcznikiem. Uważa się, że łupież jest wynikiem szybkiej wymiany warstwy rogowej naskórka, która wykazuje zaburzoną spójność między keratynocytami. Jedną z głównych przyczyn łupieżu tłustego są grzyby z rodzaju *Malassezia*, m.in. *M. furfur*, *M. globosa* i *M. restricta*, a także obecność bakterii, które rozkładają tłuszcz wchodzący w skład sebum, co powoduje stan zapalny wywołany substancjami wytworzonymi w procesie rozkładu. Reakcją obronną skóry jest wytwarzanie większej ilości łoju i komórek naskórka, co sprzyja namnażaniu się mikroorganizmów [Sedlak-Kaczmarczyk i Ciołkowski 2020a]. Drożdżaki przeprowadzają hydrolizę łoju

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Koło Naukowe Biologów, Sekcja Biokosmologii, julka.wisz@gmail.com

i wiązań estrowych triacylogliceroli, co prowadzi do uwalniania wolnych kwasów tłuszczowych, które podrażniając skórę, prowadzą do stanu zapalnego, hiperprolifracji i łuszczenia [Meray i in. 2018]. Na powstanie łupieżu ma wpływ także uszkodzenie warstwy rogowej naskórka skóry głowy, wrażliwość na kwas oleinowy oraz wysuszona, tłusta i podrażniona skóra. Nagromadzenie brudu, choroby skóry, takie jak łuszczyca czy egzema również przyczyniają się do rozwoju łupieżu [Narshana i Ravikumar 2018].

Łupież suchy objawia się małymi, białymi łuskami, które odchodzą od podłoża samoistnie lub w trakcie czesania, a włosy stają się suche i łamliwe. Nie odnotowuje się przy tym innych dolegliwości, a skóra nie reaguje zapalnie [Bednarek i Musiał 2019]. Z upływem czasu łupież zwykły może przekształcić się w łupież tłusty, przy którym mogą występować żółte, tłuste łuski. Najczęściej występuje on po okresie dojrzewania, zwłaszcza u osób, u których zaobserwowano problem z nadmiernym wydzielaniem łoju. Włosy w tym przypadku wydają się lśniąco, ale również cienkie i łamliwe [Sedlak-Kaczmarczyk i Ciołkowski 2020a]. Występuje także nawarstwianie łusek i powstawanie strupów. W przypadku łupieżu tłustego łuski występują na podłożu zapalnym. Osoby dotknięte tym rodzajem schorzenia skarżą się na świąd i wypadanie włosów [Meray i in. 2018].

### Leczenie konwencjonalne łupieżu

Leczenie łupieżu opiera się na eliminowaniu objawów oraz utrzymywaniu choroby w stanie remisji [Borda i Wikramanayake 2015]. W tym celu wykorzystuje się głównie preparaty miejscowe, a w poważniejszych przypadkach wymagane jest zastosowanie terapii ogólnej [Brzezińska-Weisło i in. 2007]. Wśród substancji używanych miejscowo można wyróżnić: przeciwgrzybicze, keratolityczne oraz cytostaticzne. Do preparatów przeciwgrzybiczych zaliczają się m.in. azole, które hamują syntezę ergosterolu, głównego składnika błony komórkowej grzybów, pirytonian cynku hamujący wzrost grzybów czy siarczek seleny wykazujący działanie bójcze przeciw *Malassezia* spp. [Ranganathan i Mukhopadhyay 2010, Park i in. 2018, Thomas i Khasgrahi 2020]. Do preparatów keratolitycznych należy kwas salicylowy zwiększający nawilżenie skóry i ułatwiający pozbycie się złuszczonej komórki, mocznik, który rozluźnia zawartą w naskórku keratynę i zwiększa ilość miejsc wiązania wody oraz siarka osłabiająca połączenia między korneocytami [Pan i in. 2013, Narshana i Ravikumar 2018]. Preparaty cytostaticzne to siarczek seleny, który zmniejsza tempo mitozy i obrotu komórkowego warstwy podstawnej naskórka, oraz dziegieć rozpraszający złuszczone komórki, co hamuje wzrost grzybów [Cohen i Anderson 2018, Thomas i Khasgrahi 2020].

### Fitoterapeutyczne metody redukcji łupieżu

Palczatka cytrynowa (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf), inaczej zwana trawą cytrynową, należy do rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*). Innym gatunkiem palczatki kulturowanym ze względu na skład jest palczatka pogięta (*Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) Wats.) [Haque i in. 2018]. Cennym składnikiem jest pozyskiwany z nich olejek eteryczny, bogaty w mono-, di- i seskwiterpeny, triterpenoidy, ketony, aldehydy, związki fenolowe, alkohole, estry, taniny, fosforany, azotany i chlorki [Negrelle i Gomes 2007]. Wykazano, że ma on działanie hamujące wzrost w stosunku do grzybów *Malassezia* spp.

[Wuthi-Udomlert i in. 2011]. Wpływa również na ekspresję czynnika adhezji powierzchniowej *M. furfur*, zmniejszając jego zdolność do adhezji i agregacji [Liu i in. 2022]. Olejek ma też właściwości przeciwzapalne dzięki obecności związków takich jak cytral, neral i geranial [Shruti i Padma 2015]. Oprócz tego olejek eteryczny wpływa na syntezę błony komórkowej grzyba *Malassezia* poprzez wiązanie z ergosterolem [Carmo i in. 2012]. Skuteczność przeciwłupieżowego działania olejku z palczatki została potwierdzona w badaniu przeprowadzonym przez Chaisripipat i in. [2015], w którym przygotowane trzy formuły toniku o stężeniach olejku (5%, 10% i 15%) wykazały działanie przeciwłupieżowe. Najskuteczniejszy okazał się tonik z 10-procentową zawartością olejku.

Pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.) jest pospolitym gatunkiem z rodziny pokrzywowatych (*Urticaceae*). Działa przeciwbakteryjnie, wzmacniająco na włosy, poprawia jędrność i ukrwienie skóry dzięki zawartej w niej krzemionce [Kowalczyk i Adamśka-Szewczyk 2022]. Wyciągi z pokrzywy zawierające związki, takie jak rutyna, kemferol, witamina A i E, są wykorzystywane ze względu na swoje właściwości odżywcze, przeciwzapalne i usprawniające mikrokrążenie. Odwary z pokrzywy zawierają znaczne ilości krzemu, który wykazuje działanie przeciwzapalne i przeciwalergiczne. [Sedlak-Kaczmarczyk i Ciołkowski 2020b, Devkota i in. 2022]. Witamina B<sub>2</sub> zawarta w korzeniu wpływa na aktywność gruczołów łojowych, zmniejsza wydzielanie sebum. Witamina B<sub>5</sub> przeciwdziała nadmiernemu łuszczeniu się skóry, działa regenerująco, metabolicznie, przeciwzapalnie i nawilżająco [Urbańska i Dawid-Peć 2020]. Korzeń i liść pokrzywy stosuje się w celu usunięcia łojotoku, który przyczynia się do powstania łupieżu. Ekstrakty z pokrzywy wykazały silne działanie farmakologiczne przeciwzapalne, bakterio- i grzybobostaticzne, dlatego sprawdzają się przy leczeniu łupieżu owłosionej skóry głowy [Urbańska i Dawid-Peć 2020, Devkota, i in. 2022].

Olejek z drzewa herbacianego (tea tree oil – TTO) jest pozyskiwany na drodze destylacji parą wodną liści *Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche), należącej do rodziny mirtowatych (*Myrtaceae*). W jego skład wchodzi ponad 100 związków chemicznych, z czego terpinen-4-ol, stanowiący ponad 30% olejku,  $\gamma$ -terpinen, 1,8-cineol,  $\alpha$ -terpinen,  $\alpha$ -terpineol, p-cymen i  $\alpha$ -pinen wykazują największą aktywność [Larson i Jacob 2012, Pazyar i in. 2012, Walasek-Janusz i in. 2021a]. Dzięki obecności terpinen-4-olu oraz  $\alpha$ -terpineolu TTO ma działanie antybakteryjne i przeciwgrzybicze. Wymienione związki niszczą funkcje biologiczne komórek niektórych mikroorganizmów, m.in. grzybów rodzaju *Malassezia* [Wyszowska-Kolatko i in. 2015, Yadav i in. 2017]. Badania przeprowadzone przez Umar i in. [2020] sprawdzały m.in. skuteczność działania przeciwgrzybiczego szamponów przeciwłupieżowych na grzyby *Candida albicans*. Sporządzono 6 szamponów o różnym stężeniu TTO: 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, a jako próbę kontrolną użyto samego olejku o stężeniach analogicznych do podanych w przypadku szamponów. Nie zauważono zależności hamowania wzrostu grzybów od stężenia, ale strefy zahamowania wzrostu były większe w przypadku szamponów niż czystego TTO, co spowodowane było obecnością innych składników szamponu: środka myjącego Sodium Lauryl Sulphate oraz kwasu salicylowego, które również wykazują pewne działanie przeciwgrzybicze.

Tymianek pospolity (*Thymus vulgaris* L.) to roślina z rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*). Surowcem jest aromatyczne ziele tymianku zawierające olejek eteryczny i inne substancje bioaktywne [Nurzyńska-Wierdlak i Chrapek 2022]. Tymianek działa przeciwbakteryjnie i przeciwzapalnie dzięki obecności kwasów fenolowych, takich jak kwas rozmarynowy i kawowy. Olejek eteryczny z tymianku zawiera tymol, karwakol, p-cymen,

$\gamma$ -terpinen,  $\beta$ -mircen, terpinen-4-ol, flawonoidy, triterpeny, pochodne kwasu ursolowego i oleanolowego [Kozłowska i Kałuzny 2015]. Głównym składnikiem olejku jest tymol wykazujący działanie przeciwbakteryjne, przeciwzapalne, przeciwutleniające i odkażające. Przyczynia się do regulacji wydzielania sebum, łagodzi dolegliwości spowodowane zakażeniami bakteryjnymi, czyli pomaga zwalczyć łupież, łojotok oraz przetłuszczanie się włosów [Moksa i Teległów 2021, Nurzyńska-Wierdlak i Chrapek 2022, Hammoudi Halat i in. 2022]. Ziele tymianku wykorzystywane jest również do kąpieli odkażających. Napary z zieleńki stosowane są do pielęgnacji włosów w przypadku ich wypadania, łupieżu lub szybko przetłuszczających się włosów [Kędzia i in. 2012, Kraśnicka 2021].

Olejek lawendowy (lavender oil – LO) powstaje w wyniku destylacji parą wodną kwiatów lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.) z rodziny *Lamiaceae*. LO zawiera głównie alkohole (58,8%) i estry (32,2%), ale są w nim również obecne garbniki, kumaryny oraz związki mineralne. W jego skład wchodzi też związki chemiczne, takie jak: kamfora, limonen, borneol, 1,8-cyneol,  $\alpha$ -pinen czy  $\alpha$ -terpineol [Kędzia i in. 2018]. Jednak głównymi składnikami LO są octan linalilu (43,1%) i linalol (32,7%), które są odpowiedzialne za jego działanie farmakologiczne. Wykazuje on działanie przeciwdrobnoustrojowe, które może pomóc w niektórych schorzeniach skóry, m. in. poprzez ograniczenie wzrostu *Malassezia* spp. Ponadto jego właściwości przeciwzapalne i przeciwbólowe mogą łagodzić ból i ukoić podrażnioną skórę [Abelan i in. 2021]. Z uwagi na działanie aseptyczne LO jest on wykorzystywany w terapii niemalże każdego rodzaju łupieżu, trądziku i grzybic [Walasek-Janusz i in. 2021b].

Miodla indyjska (*Azadirachta indica* A. Juss.) z rodziny *Meliaceae* jest rośliną występującą w tropikalnych i półtropikalnych regionach: Indie, Indonezja, Pakistan, Tajlandia. Częściami rośliny wykorzystywanymi w farmacji i medycynie są kora, liście, owoce oraz nasiona [Czarniecka 2018]. Związki w nich zawarte zostały podzielone na dwa typy: izoprenoidowe, do których zalicza się limonoidy, geduninę i C-sekomeliacyny (salanina, nimbina i azadirachtyna), oraz związki niezoprenoidowe, którymi są aminokwasy, polisacharydy, polifenole, związki siarki, glikozydy, garbniki, kumaryny i związki alifatyczne [Ahmad i in. 2019]. Miodla wykazuje właściwości przeciwzapalne, głównie dzięki obecności nimbidyny, która wykazuje właściwości przeciwrzybicze [Rahmani i in. 2018, Tembe-Fokunang 2019]. Flawonoidy polifenolowe, takie jak kwercetyna i  $\beta$ -sitossterol, znajdują się w liściach rośliny i mają działanie antybakteryjne i przeciwrzybicze [Alzohairy 2016]. Olej z miodli reguluje pracę gruczołów łojowych oraz proces łuszczenia się skóry. Działa nawilżająco na warstwę rogową naskórki, reguluje ilość wydzielanego sebum i łagodzi świąd [Czarniecka 2018]. W badaniu przeprowadzonym przez Gebremedhin i in. [2020] wykazano, że ekstrakty z miodli zarówno etanolowe, jak i wodne mają działanie bójcze przeciwko grzybom z rodzaju *Malassezia*. Potwierdza to, że mogą być one wykorzystywane jako skuteczne preparaty przeciwłupieżowe.

## Podsumowanie

Fitoprodukty, takie jak olejki eteryczne pozyskiwane z palczatki cytrynowej, liści drzewa herbacianego oraz lawendy, wykazują silne działanie przeciwrzybicze, szczególnie przeciwko grzybom rodzaju *Malassezia*. Wyciągi i ekstrakty z pokrzywy zwyczajnej i miodli indyjskiej oraz tymiankowy olejek eteryczny łagodzą stany zapalne

skóry głowy, regulują aktywność gruczołów łojowych, jak również wykazują właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Metody fitoterapii, głównie z wykorzystaniem olejków eterycznych i ekstraktów, mogą stanowić skuteczną alternatywę dla metod konwencjonalnych (preparatów przeciwgrzybiczych, keratolitycznych i cytostatycznych) redukcji łupieżu. Preparaty roślinne uważane są za łagodniejsze i bezpieczniejsze w porównaniu do środków konwencjonalnych, które mogą powodować podrażnienia podczas użytkowania, z tego względu najnowsze doniesienia naukowe wskazują na duże zainteresowanie wykorzystaniem metod fitoterapeutycznych w walce z tą dermatozą.

## Bibliografia

- Abelan U.S., de Oliveira A.C., Velasco M.V.R. i in., 2021. Potential use of essential oils in cosmetic and dermatological hair products: A review. *J. Cosmet. Dermatol.* 5, <https://doi.org/10.1111/jocd.14286>
- Ahmad S., Maqbool A., Srivastava A. i in., 2019. Biological detail and therapeutic effect of *azadirachta indica* (neem tree) products – a review. *Evid. Based Med. Healthcare* 6(22), 1607–1612.
- Alzohairy M.A., 2016. Therapeutics role of *Azadirachta indica* (Neem) and their active constituents in diseases prevention and treatment. *Evid. Based Compl. Alternat. Medicine* 2016, 1–11, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7382506>
- Bednarek M., Musiał C., 2019. Najczęstsze problemy pacjenta trychologicznego – choroby skóry głowy. *Kosmetol. Estet.* 3(8), 393–396.
- Borda L.J., Wikramanayake T.C., 2015. Seborrheic dermatitis and dandruff: a comprehensive review. *J. Clin. Investig. Dermatol.* 3(2), <https://doi.org/10.13188/2373-1044.1000019>
- Brzezińska-Wcisło L., Wcisło-Dziadecka D., Lis-Święty A. i in., 2007. Łupież i łojotokowe zapalenie owłosionej skóry głowy – patogenezę, obraz kliniczny oraz aspekty terapeutyczne. *Post. Dermatol. Alergol.* 24(2), 59–64.
- Carmo E.S., Pereira F.D.O., Moreira A.C.P. i in., 2012. Essential oil from *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf: a promising natural product against *Malassezia* spp. *Rev. Inst. Adolfo Lutz.* 71(2), 386–391.
- Chaisripipat W., Lourith N., Kanlayavattanakul M., 2015. Anti-dandruff hair tonic containing lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) oil. *Comp. Med. Res.* 22(4), 226–229, <https://doi.org/10.1159/000432407>
- Cohen P.R., Anderson C.A., 2018. Topical selenium sulfide for the treatment of Hyperkeratosis. *Dermatol. Ther.* 8(4), 639–646, <https://doi.org/10.1007/s13555-018-0259-9>
- Czarniecka A., 2018. Miodla indyjska (*Azadirachta indica*) – zastosowanie w kosmetyce i lecznictwie. *Herbalism* 1(4), 120–132, <https://doi.org/10.12775/HERB.2018.010>
- Devkota H.P., Paudel K.R., Khanal S. i in., 2022. Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.): nutritional composition, bioactive compounds, and food functional properties. *Molecules* 27, 5219, <https://doi.org/10.3390/molecules27165219>
- Gebremedhin G., Tesfay T., Chaithanya K. K. i in., 2020. Phytochemical screening and in vitro anti-dandruff activities of bark extracts of neem (*Azadirachta indica*). *Drug. Invent. Today* 13, 707–713.
- Hammoudi Halat D., Krayem M., Khaled S. i in., 2022. A focused insight into thyme: biological, chemical and therapeutic properties of an indigenous mediterranean herb. *Nutrients*, 14(10), 2104.
- Haque A.N.M.A., Remadevi R., Naebe M., 2018. Lemongrass (*Cymbopogon*): a review on its structure, properties, applications and recent developments. *Cellulose* 25(10), 5455–5477, <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1965-2>

- Kędzia A., Dera-Tomaszewska B., Ziółkowska-Klinkosz M., i in., 2012. Aktywność olejku tymiankowego (*Oleum Thymi*) wobec bakterii tlenowych. *Post. Fitoter.* 67–71.
- Kędzia A., Hołderna-Kędzia E., Wiśniewska J., 2018. Działanie olejku lawendowego (*Oleum Lavandulae*) na bakterie beztlenowe. *Post. Fitoter.* 19(3), 171. <https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.3.170>
- Kowalczyk A., Adamska-Szewczyk A., 2022. Medicinal plants in a seborrheic scalp care. *Aesth. Cosmetol. Med.* 11(4), 117–121.
- Koźmińska A., Kałużny K., 2015. Właściwości lecznicze wybranych gatunków z rodzaju *Thymus*. W: M. Kuczera, K. Piech (red.) *Zagadnienia aktualnie poruszane przez młodych naukowców*. CreativeTime, 98–100.
- Kraśnicka K., 2021. Oznaczenie potencjału antyoksydacyjnego oraz związków polifenolowych w suszonych produktach zielarskich. W: M. Babicz, K. Kropiwiiec-Domańska (red.) *Wybrane zagadnienia z zakresu produkcji surowców, żywności i kosmetyków*. Lublin, 65–73.
- Larson D., Jacob S.E., 2012. Tea tree oil. *Dermatitis* 23(1), 48–49, <https://doi.org/10.1097/DER.0b013e31823e202d>
- Liu Y.T., Lee M.H., Lin Y.S., i in., 2022. The inhibitory activity of citral against *Malassezia furfur*. *Processes* 10(5), <https://doi.org/10.3390/pr10050802>
- Meray Y., Gençalp D., Güran M., 2018. Putting it all together to understand the role of *Malassezia* spp. in dandruff etiology. *Mycopathologia* 183(6), 893–903, <https://doi.org/10.1007/s11046-018-0283-4>
- Moksa K., Teległów A., 2021. Zioła polecane przez świętą Hildegardę w pielęgnacji skóry. *Post. Fitoter.* 22(1), 61–69, <https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.61>
- Narshana M., Ravikumar, P., 2018. An overview of dandruff and novel formulations as a treatment strategy. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 9(2), 417–431.
- Negrelle R.R.B., Gomes E.C., 2007. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: chemical composition and biological activities. *Rev. Bras. Pl. Med.* 9(1), 80–92.
- Nurzyńska-Wierdlak R., Chrapek A., 2022. Rodzaj *Thymus* L. – walory aromatyczne i lecznicze. Przegląd wybranych gatunków. *Annales Horticulturae*, 33–53.
- Pan M., Heinecke G., Bernardo S. i in., 2013. Urea: a comprehensive review of the clinical literature. *Dermat. Onl. J.* 19(11), <https://doi.org/10.5070/D31911020392>
- Park M., Cho Y.J., Lee Y.W. i in., 2018. Understanding the mechanism of action of the anti-dandruff agent zinc pyrithione against *Malassezia restricta*. *Sci Rep.* 8, 12086 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30588-2>
- Pazyar N., Yaghoobi R., Bagherani N. i in., 2012. A review of applications of tea tree oil in dermatology. *Int. J. Dermatol.* 52(7), 784–790 <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2012.05654.x>
- Rahmani A.H., Almatroudi A., Alrumaihi F. i in., 2018. Pharmacological and therapeutic potential of Neem (*Azadirachta indica*). *Pharmacogn. Rev.* 12, 250–255, [https://doi.org/10.4103/phrev.phrev\\_8\\_18](https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_8_18)
- Ranganathan S., Mukhopadhyay T., 2010. Dandruff: the most commercially exploited skin disease. *Ind. J. Derm.* 55(2), 130–134, <https://doi.org/10.4103/0019-5154.62734>
- Sedlak-Kaczmarczyk I., Ciołkowski A., 2020a. Zioła w medycynie. Choroby skóry włosów i paznokci. Tom 1., Warszawa.
- Sedlak-Kaczmarczyk I., Ciołkowski A., 2020b. Zioła w medycynie. Choroby skóry, włosów i paznokci. Tom 2., Warszawa.
- Shruti A., Padma T., 2015. Lemongrass. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 35(2), 162–167.
- Szklarczyk M., Goździalska A., Jaśkiewicz J., 2012. Choroby oraz pielęgnacja skóry głowy i włosów. W: A. Goździalska, J. Jaśkiewicz (red.), *Stan skóry wykładnikiem stanu zdrowia*. Kraków, 65–73.
- Tembe-Fokunang E.A., Charles F., Kaba N. i in., 2019. The potential pharmacological and medicinal properties of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) in the drug development of phytomedicine. *JOCAMR* 7(1), 1–18, <https://doi.org/10.9734/jocamr/2019/v7i130093>

- Thomas L.M., Khasraghi A.H., 2020. Topical treatment of seborrhoeic dermatitis and dandruff: an overview. *Trop. Med. Health* 23(S18), 231–823, <http://doi.org/10.36295/ASRO.2020.231823>
- Umar H., Mahmood T., Hussain T. i in., 2020. Formulation and *in vitro* characterization of tea tree oil anti-dandruff shampoo. *Curr. Cosmet. Sci.* 1(1), e250521193009 <http://dx.doi.org/10.2174/2666779701666210426085302>
- Urbańska M., Dawid-Peć R., 2020. Wybrane rośliny o potwierdzonej aktywności kosmetycznej. W: A. Kołodziejczak (red.), *Kosmetologia*. Tom 2., Warszawa, 226–235.
- Walasek-Janusz M., Zalewska E.D., Zawiaślak G., i in., 2021a. Przegląd wybranych olejków eterycznych wykorzystywanych w kosmetyce i aromaterapii W: M. Chwil, B. Denisow (red.), *Wybrane aspekty biokosmetyki*, Lublin, 66–74.
- Walasek-Janusz M., Zalewska E.D., Zawiaślak G. i in., 2021b. Zastosowanie olejków eterycznych w kosmetyce. W: M. Chwil, B. Denisow (red.), *Wybrane aspekty biokosmetyki*, Lublin, 58–65.
- Wuthi-Udomlert M., Chotipatoomwan P., Panyadee S. i in., 2011. Inhibitory effect of formulated lemongrass shampoo on *Malassezia furfur*: a yeast associated with dandruff. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 42(2), 363–369.
- Wyszkowska-Kolatko M., Koczurkiewicz P., Wójcik K. i in., 2015. Rośliny lecznicze w terapii chorób skóry. *Post. Fitoter.* 3, 184–192.
- Yadav E., Kumar S., Mahant S. i in., 2017. Tea tree oil: a promising essential oil. *J. Essent. Oil Res.* 29(3), 201–213, <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2016.1232665>



## **Chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.) jako cenny surowiec w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym i spożywczym**

Cornflower (*Centaurea cyanus* L.) as a valuable raw material in the cosmetic, pharmaceutical and food industries

### **Wstęp**

Chaber bławatek pochodzi z północnych rejonów basenu Morza Śródziemnego. Obecnie można go znaleźć niemal w każdym miejscu na świecie. Kwitnienie występuje od maja do września. Zbiór odbywa się na początku kwitnienia. Podczas zbioru całe kwiatostany są oddzielane. Właściwie dobrane i przechowywane płatki bławatka powinny zachować prawie niezmienny kolor. Stwierdzono, że gdy surowiec zmienia kolor (zaczyna blaknąć), traci cenne składniki aktywne. Kwiaty *Centaurea cyanus* L. są bogate w naturalne składniki o działaniu przeciwzapalnym i rozjaśniającym skórę. Wykorzystywane są do produkcji kremów pod oczy, płynów do higieny intymnej oraz kosmetyków do pielęgnacji skóry naczyniowej. Naturalne składniki aktywne zawarte w chabrze działają wszechstronnie i łagodnie na organizm ludzki w porównaniu do związków wytwarzanych syntetycznie. Dzięki zawartym w roślinie substancjom biologicznie czynnym działa ona przeciwbólowo, przeciwgorączkowo i kardiotonizująco. Chaber stosowany jest również w problemach z niestrawnością. Ze względu na swoje właściwości przeciwutleniające i chemoprewencyjne jadalne chabry są cennymi składnikami odżywczymi, które wzbogacają żywność i przynoszą korzyści zdrowotne.

Celem pracy był przegląd wykorzystania bławatka w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym i spożywczym. Opisano skład poszczególnych związków zawartych w roślinie oraz metody ich otrzymywania.

### **Chaber bławatek – charakterystyka rośliny**

Chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.) należy do rodziny *Asteraceae* (astrowate). Jest to roślina zielna, roczna lub dwuletnia. Rozgałęziona łodyga osiąga do metra wysokości i wytwarza szare, owłosione, lancetowate liście. Koszyczki zbudowane są z obu-

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologów Sekcja Biokosmologii, elizawargala@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin

płciowych kwiatów rurkowatych, usytuowanych w centralnej części, oraz jęczyczkowatych, skoncentrowanych w części brzeżnej [Stobiecka i in. 2020].

Owoc stanowi niełupka, jest to typ suchego owocu jednonasiennego, który posiada skórzastą owocnię, niezrośniętą z nasieniem [Korzeniowski 2021]. Chaber bławatek jest zaliczany do chwastów trudnych do usunięcia. W ostatnich latach odnotowano nasilenie zachwaszczania upraw ozimych tym gatunkiem [Paradowski 2020]. Mimo że przez niektórych klasyfikowany jest jako roślina niepożądana w uprawach, to z uwagi na piękne oraz barwne (białe, różowe i brunatnopurpurowe) kwiaty chaber uznawany jest za roślinę ozdobną.

Gatunek ten pochodzi z północnych rejonów Morza Śródziemnego. Obecnie występuje niemalże na całym świecie [Waniakowa 2019]. Chaber bławatek zaliczany jest do roślin pyłko- i nektarodajnych [Denisow 2011]. Ze względu na długi okres kwitnienia jest gatunkiem cennym do uzupełniania bazy pokarmowej owadów zapylających [Kwiatkowski i in. 2017]. Jego wymogi siedliskowe są niewielkie, rośnie na wszystkich glebach, ale najczęściej występuje na glebach o niskiej zawartości wapnia. Najchętniej rozprzestrzenia się na polach uprawnych, gdzie pojawia się wśród zbóż. Często rośnie również na terenach nieużytkowanych, poboczach lub na gruntach odłogowanych [Józefczyk i in. 2018]. W zależności od wielkości obszaru, w którym się rozrasta, chaber bławatek może powodować zróżnicowane szkody. Silnie rozplenając się na polu pszenicy jarej, staje się jej konkurencją, co powoduje zmniejszenie plonów. Udowodniono jednak, że chaber bławatek występujący w niewielkiej liczebności może pozytywnie wpływać na wzrost innych odmian pszenicy oraz zwiększyć plonowanie [Korzeniowski 2021]. W zbożach próg ekonomicznej szkodliwości chabra wynosi 1–5 roślin m<sup>2</sup>. Z uwagi na powszechność upraw pszenicy ozimej w Polsce chaber bławatek stanowi coraz większy problem [Wacławowicz i in. 2022].

Kwitnienie bławatka przypada od maja do września. Zbioru dokonuje się na początku kwitnienia. Podczas pozyskiwania surowca oddziela się całe kwiatostany, następnie delikatnie odseparowuje się brzeżne kwiaty jęczyczkowe. Pozyskanie materiału wysokiej jakości może być kłopotliwe ze względu na delikatność rośliny, dlatego suszenie należy wykonać jak najszybciej po oddzieleniu frakcji kwiatu. Metoda suszenia (naturalna lub za pomocą strumieni powietrza) wpływa na czas trwania tego procesu, dlatego też należy pamiętać, aby nie doprowadzić do całkowitego wysuszenia surowca, co wiąże się z utratą wartościowych składników biologicznie aktywnych. Płatki chabra bławatka, właściwie pozyskane i przechowywane, powinny charakteryzować się prawie niezmienną barwą. Stwierdzono, że gdy surowiec zmienia barwę (zaczyna blaknąć), traci cenne związki czynne [Stobiecka i in. 2020].

W gwarach polskich nazwy chabra bławatka są inspirowane wyglądem (kolorem kwiatów, kształtem koszyczków), właściwościami (głównie dotykowymi lub porą kwitnienia), miejscem osiedlania się rośliny czy wykorzystaniem we wszelakiego rodzaju dziedzinach. Większość określeń sugerowana jest niebieską barwą, gdyż to najbardziej widoczna cecha. Nazwy definiujące chabra bławatka to m.in.: bławacz (błachacz), bławat (błachat, błachot, błachut, bławot, bławut), bławatek, bławatka, bławatnik (gławatnik) czy modrak (modrok) [Waniakowa 2019].

## Substancje biologicznie czynne

Naturalne substancje biologicznie czynne posiadają wszechstronny wpływ na organizm człowieka oraz działają łagodniej w stosunku do związków pozyskiwanych syntetycznie [Matysek-Nawrocka i in. 2016]. Surowiec, którym są kwiaty/kwiatostany chabra bławatka, zawiera liczne substancje biologicznie czynne, m.in. glikozydy antocyjanowe (pelargonina, cyjanina), gorycz centaury, flawonoidy, śluzu oraz sole mineralne, w których znaczącą zawartość stanowi mangan [Sarwa 2013].

Charakterystycznymi związkami występującymi w chabrze bławatku są antocyjany zmieniające kolor w zależności od kwasowości środowiska. W środowisku kwaśnym zyskują kolor czerwony, w zasadowym niebieski, a w środowisku obojętnym przyjmują kolor fioletowy [Kolodziejczyk 2015]. Połączenie antocyjanu z polimerami kwasu D-galaktonowego skutkuje zachowaniem barwy kwiatów [Molski 2021]. Antocyjany wykazują właściwości przeciwutleniające, przeciwobrzękowe, przeciwzapalne i przeciwzkrzepowe [Lamer-Zarawska i in. 2013]. Flawonoidy to związki chemiczne występujące naturalnie w roślinach, które posiadają działanie antyoksydacyjne. Jest to grupa związków chemicznych odgrywająca dużą rolę w świecie roślin ze względu na bogate właściwości lecznicze i kosmetyczne [Nowak i in. 2013]. Działanie flawonoidów polega na udziale w procesie rozpadu wolnych rodników tlenu oraz jego reaktywnych postaci [Dudka i in. 2016]. Chiru [2009] wykazała, że poziom flawonoidów w surowcu z chabra bławatka w przeliczeniu na kwercetynę wynosi 1,31–2,72 mg/100 g s.m. Przeprowadzone badania dotyczące składu chemicznego kwiatostanów dowiodły, że najwyraźniejsza koncentracja frakcji flawonoidów w chabrze bławatku znajduje się w kwiatach o barwie fioletowej (0,21–0,22%) oraz różowej (0,19%). Biorąc pod uwagę antocyjany, największą zawartość wykazano w odmianach o kwiatach fioletowych (1,36–3,68%) oraz niebieskich (0,24–0,67%) [Chiru 2009].

Ekstrakcja garbników w surowcu z chabra bławatka jest możliwa poprzez reakcję z dichromianem potasu. Garbniki, jak również flawonoidy, należą do grupy związków fenolowych. Te naturalne związki chemiczne są odpowiedzialne za aromat kwiatów i owoców, co jest istotne dla przyciągania owadów zapylających. Prócz tego związki te chronią roślinę przed różnego rodzaju stresami biotycznymi i abiotycznymi oraz funkcjonują jako oryginalny filtr UV [Haratym i in. 2019].

## Wykorzystanie chabra bławatka w przemyśle kosmetycznym

Naturalne składniki kwiatów chabra bławatka wykazują działanie przeciwzapalne oraz rozjaśniające skórę, pozytywnie wpływając na cerę naczyniową [Enerlich 2018].

Antyoksydanty, będące bioaktywnymi cząsteczkami, mają zdolność neutralizowania wolnych rodników [Dudka i in. 2016]. Chaber bławatek jest składnikiem kosmetyków m.in. płynów do płukania jamy ustnej oraz żeli antybakteryjnych [Vademecum botaniczne 2021]. Ze względu na swoje właściwości jest częstym składnikiem dodawanym przy produkcji płynów do demakijażu oczu [Enerlich 2018]. Składniki zawarte w wyciągach z chabra bławatka są wykorzystywane w kremach rozjaśniających pod oczy oraz płynach do higieny intymnej [Kolenda 2013].

Chaber bławatek jest składnikiem receptur kosmetycznych. Liście bławatka są używane do tworzenia oczyszczającej pary do twarzy dla cery suchej i wrażliwej, która wykazuje właściwości przeciwzapalne i tonizujące [Chiru 2009]. Ekstrakty uzyskane z tej rośliny znalazły odrębne zastosowanie w szamponach przeciwłupieżowych [Kolenda 2013]. Kąpiele z dodatkiem napar z chabra bławatka działają odprężająco oraz są pomocne w leczeniu schorzeń skóry [Kohlmunzer 2013]. Napar z kwiatów zalecany jest do przemywania małych zranień, krost oraz wyprysków [Sarwa 2013].

### Wykorzystanie chabra bławatka w przemyśle farmaceutycznym

W przemyśle farmaceutycznym znaczącą rolę odgrywa cyjanina, która jest antocyjanem znajdującym się w kwiatach chabra bławatka. Ze względu na swoje właściwości przeciwzapalne odgrywa ona kluczową rolę w leczeniu chorób wątroby, a także jest stosowana jako środek diuretyczny w chorobach nerek i dróg moczowych, m.in. kamicy nerkowej, odmiedniczkowym zapaleniu nerek i kłębuszkowym zapaleniu nerek [Piątkowska i in. 2011].

Etnofarmakologiczne analizy badawcze wykazały, że chaber bławatek jest w wielu krajach wykorzystywany w medycynie ludowej. Substancje zawarte w roślinie sprawiają, że wykazuje ona działanie przeciwbólowe, przeciwgorączkowe oraz kardiotoniczne [Józefczyk i in. 2018]. Ze względu na właściwości przeciwzapalne antocyjany zawarte w chabrze bławatku zmniejszają przepuszczalność śródbłonek kapilarnych i wykazują działanie skurczowe na kapilary. Konsekwencją tych własności jest zwiększenie odporności ścian włosniczek i zmniejszenie ich przepuszczalności, wzmocnienie oraz przywrócenie im elastyczności [Molski 2021].

Napar z kwiatów bławatka stosowany jest również zewnętrznie, m.in. przy stanach zapalnych oczu, zapaleniu spojówek, nadwrażliwości na promienie słoneczne czy w zmęczeniu oczu spowodowanym pracą przy urządzeniach elektronicznych [Lamer-Zarawska 2013]. Wyciąg wodny z kwiatów chabra bławatka stanowi bazę w produkcji kropli do oczu o działaniu ściągającym, usuwającym podrażnienia i przekrwienie. Płatki kwiatów tej rośliny są surowcem wykorzystywanym w wytwarzaniu kompozycji mieszanek regulujących trawienie, leczących zaburzenia żołądkowe, działających moczopędnie oraz pobudzających przemianę materii [Grzeszczuk i Kawecka 2011]. Wodne odwary przygotowane z płatków rośliny działają leczniczo i łagodząco na zaburzenia nerwowe. Suszone kwiaty pełnią ważną rolę w przemyśle farmaceutycznym w produkcji preparatów przeciwświądowych, przeciwkaszlowych, łagodnie przeczyszczających [Chiru 2009]. Przewłutleniacze zawarte w roślinie charakteryzują się korzystnym działaniem w przypadku uszkodzenia mięśnia sercowego [Molski 2021].

Gatunek *C. cyanus* jest stosowany jako środek moczopędny oraz tonizujący w medycynie [Sharonova i in. 2021]. Naukowcy z dziedziny fitoterapii twierdzą, że chaber bławatek jest rośliną cechującą się dobroczynnymi własnościami przy leczeniu schorzeń grzybiczych [Kolenda 2013]. Wykazano, że ekstrakty z chabra bławatka zapobiegają uszkodzeniom komórek. Zawartym w chabrze bławatku antocyjanom przypisuje się właściwości przeciwcukrzycowe, przeciwzapalne oraz zapobiegające powstawaniu nowotworów [Stobiecka i in. 2020].

## Wykorzystanie chabra bławatka w przemyśle spożywczym

W przemyśle spożywczym do wytwarzania wyrobów nadających się do spożycia wykorzystywane są kwiaty chabra bławatka, gdyż jako jedyne stanowią jadalną część rośliny [Stobiecka i in. 2020]. Ze względu na właściwości przeciwutleniające i chemoprewencyjne dla konsumentów są pożywieniem przynoszącym korzyści zdrowotne. Antocyjany, w tym cyjanidyna, określane są jako nietoksyczne barwniki spożywcze [Kołodziejczyk 2015]. Związki bioaktywne zawarte w kwiatach mają doskonałą zdolność barwienia, dlatego powszechnie stosowane są jako naturalne barwniki w produktach spożywczych o właściwościach prozdrowotnych [Lockowandt i in. 2019]. Nadają ciekawy smak, zapach, teksturę i atrakcyjny wygląd potrawom podawanym do spożycia [Kalemba-Dróżdż i in. 2022].

Wzbogacenie diety poprzez wprowadzenie do codziennego jadłospisu kwiatów chabra bławatka może prowadzić do zwiększenia wartości odżywczych potraw, a także nadać nowy wygląd kreacjom kulinarnym [Dujmović i in. 2022]. Skrzystalizowane płatki stanowią element deserów [Stobiecka i in. 2020]. Kwiaty chabra bławatka są dodawane do herbat ziołowych [Lockowandt i in. 2019]. Herbata z płatków chabra bławatka pobudza przemianę materii, a także zwiększa przebieg procesów trawiennych [Sarwa 2013]. Chaber bławatek stanowi źródło surowca miodowego. Wydajność miodowa tej rośliny szacowana jest na ok. 200–250 kg/ha, a pyłkowa na ok. 50 kg/ha [Kołtowski 2006, Denisow 2011, Wałęjko 2015]. Miód chabrowy charakteryzuje się dużą zawartością lizozymu, białka enzymatycznego, które wykazuje działanie antybakteryjne, przeciwgrzybiczne oraz wzmacnia odporność organizmu [Kuś i in. 2013]. Kwiaty rośliny są używane do produkcji fermentowanych napojów. Nalewki, wina oraz sok bławatkowy ze względu na obecność antocyjanów mają wpływ na poprawę wzroku [Łuczaj 2011]. W smaku chaber bławatek podobny jest do koniczyny. Jest używany do barwienia żywności [Wałęjko 2015].

## Podsumowanie

Chaber bławatek charakteryzuje się niewielkimi wymaganiami siedliskowymi. Występuje na wszystkich glebach, ale preferuje siedliska o niskiej zawartości wapnia. Najczęściej pojawia się w zbożach. Niebieski kolor kwiatów wynika z obecności antocyjanów. Ziele to jest surowcem wykorzystywanym do produkcji ekstraktów zawierających flawonoidy i antocyjany, które mają działanie zmiękczające, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne oraz obkurczające i wzmacniające naczynka, jak również zmniejszające zaczerwienienia. Chaber znajduje zastosowanie w kremach pod oczy, kremach do higieny intymnej oraz kosmetykach do cery naczynkowej. Napar z kwiatów bławatka stosuje się przy infekcjach oczu, zapaleniu spojówek, nadwrażliwości na światło oraz zmęczeniu oczu spowodowanym pracą z urządzeniami elektronicznymi. Wzbogacenie diety poprzez dodanie do codziennego jadłospisu kwiatów chabra bławatka może prowadzić do zwiększenia wartości odżywczej potraw i nadać nowy wygląd kulinarnym specjałom.

## Bibliografia

- Chiru T., 2009. Phytochemical study of *Centaurea cyanus* L., USAMV Bucharest 52, 293–297.
- Denisow B., 2011. Pollen production of selected ruderal plant species in the Lublin area. Univ. Life Sciences in Lublin Press, 351, 86–88.
- Dudka K., Baran M., Karpik E., 2016. Roślinne metabolity wtórne i ich zastosowanie w kosmetyce. W: B. Zdunek, M. Olszówka (red.), Przegląd wybranych prac z zakresu enzymologii, Wyd. Tygiel, Lublin, 99–124.
- Dujmović M., Radman S., Opačić N. i in., 2022. Edible flower species as a promising source of specialized metabolites. Plants, <https://doi.org/10.3390/plants11192529>
- Enerlich K., 2018. Piękno z pól i łąk. Wyd. MG, 187–188.
- Grzeszczuk M., Kawecka A., 2010. Kwiaty jadalne – właściwości zdrowotne i wykorzystanie kulinarne. Panacea 1(30), 21–23.
- Haratym W., Weryszko-Chmielewska E., Konarska A., 2020. Microstructural and histochemical analysis of aboveground organs of *Centaurea cyanus* used in herbal medicine. Protoplasma 257, 285–298, <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01437-4>
- Herbapol Polana, 2021. Vademecum botaniczne, <https://www.herbapol-polana.com/vademecum-botaniczne> [dostęp: 1.04.2023].
- Józefczyk A., Kowalska J., 2018. Ocena składu i zastosowanie olejków eterycznych z rodzaju *Centaurea* L. Kosmos. Probl. Nauk Biol. 67 (2), 319–334, [https://doi.org/10.36921/kos.2018\\_2392](https://doi.org/10.36921/kos.2018_2392)
- Kalemba-Drożdż M., Cierniak A., Kwiecień I., 2022. Owoce, jadalne kwiaty i liście dzikich roślin – surowce polifenolowe działają jako skuteczne czynniki przeciwutleniające i genoprotekcyjne. W: M. Kalemba-Drożdż, A. Grzywacz-Kisielewska, A. Cierniak (red.), Surowce polifenolowe. Zastosowanie i perspektywy, Oficyna Wyd. AFM, 51–98, <https://doi.org/10.48269/978-83-66007-99-4-003>
- Kohlmunzer S., 2013. Farmakognozja – podręcznik dla studentów farmacji. PZWL, Warszawa, 45–52.
- Kolenda M., 2013. Chaber bławatek w kosmetyce, <https://biotechnologia.pl/kosmetologia/chaber-blawatek-w-kosmetyce,12843> [dostęp: 1.04.2023].
- Kołodziejczyk A., 2015. Naturalne związki organiczne, PWN, Warszawa, 32–41.
- Kołtowski Z., 2016. Wielki atlas roślin miododajnych. Przedsiębiorstwo Wyd. „Rzeczpospolita” S.A., 23–34.
- Korzeniowski S., 2021. Polowa produkcja roślinna. T. 1. Podstawy produkcji roślin rolniczych, PWSZ, Suwałki, 78–85.
- Kuś P.M., Jerković I., Tuberoso C.I.G. i in., 2013. Cornflower (*Centaurea cyanus* L.) honey quality parameters: chromatographic fingerprints, chemical biomarkers, antioxidant capacity and others. Food Chem. 12–18, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.050>
- Kwiatkowski C., Chabuz W., Kwiecińska-Poppe E. i in., 2017. Produkcja rolnicza a turystyka, W: M. Stanial (red.), Wpływ turystyki wiejskiej i rekreacji na zmiany w architekturze krajozbrazu wsi, Spatium, Radom, 169–177.
- Lamer-Zarawska E., Kowal-Gierczak B., Niedworok J., 2013, Fitoterapia i leki roślinne, PZWL.
- Lockowandt L., Pinela J., Roriz C.L. i in., 2019. Chemical features and bioactivities of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) capitula. The blue flowers and the unexplored non-edible part, <https://doi.org/10.1016/j.inderop.2018.11.059>
- Łuczaj Ł., 2011, Dziko rosnące rośliny jadalne użytkowane w Polsce od połowy XIX w. do czasów współczesnych. Etnobiol. Pol. 1, 57–125.
- Matysek-Nawrocka M., Cyrankiewicz P., 2016, Substancje biologicznie aktywne pozyskiwane z herbaty, kawy i kakao oraz ich zastosowanie w kosmetykach, Post. Fitoter. 17(2), 139–144.
- Molski M., 2021. Chemia piękna – podział substancji ze względu na budowę i funkcje. T. 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Nowak K., Jaworska M., Ogonowski J., 2013. Rozmaryn – roślina bogata w związki biologicznie czynne, *Chemik* 67(2), 11–13.
- Paradowski A., 2020. Trudna strategia zwalczania chabra bławatka. *Przeds. Rol.* 12, 1–10.
- Piątkowska E., Kopeć A., Leszczyńska T. 2011. Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka. *Nauka Technol. Jakość*, 4 (77), 24–35.
- Sarwa A., 2013. Wielka encyklopedia roślin leczniczych. *Armoryka*, 154–156.
- Sharonova N., Nikitin E., Terenzhev D. i in., 2021. Comparative assessment of the phytochemical composition and biological activity of extracts of flowering plants of *Centaurea cyanus* L., *Centaurea jacea* L. and *Centaurea scabiosa* L. *Plants* 10(7), 1–19. <https://doi.org/10.3390/plants10071279>
- Stobiecka M., Zdulski J., Wajs J. i in., 2020. Zastosowanie i właściwości kwiatów chabra bławatka (*Centaurea cyanus*). W: M. Babicz, K. Kropiwiiec-Domańska (red.), *Wybrane zagadnienia z zakresu przemysłu spożywczego oraz zarządzania i inżynierii produkcji*. T. 1. Wyd. Uniw. Przyr. w Lublinie, Lublin, 106–113, <https://doi.org/10.24326/mon.2020.5>
- Wacławowicz R., Tendziągolska E., Synowiec A. i in., 2022. Competition between winter wheat and cornflower (*Centaurea cyanus* L.) resistant or susceptible to herbicides under varying environmental conditions in Poland. *Agronomy* 12(11), 1–23, <https://doi.org/10.3390/agronomy12112751>
- Wałęjko A., 2015. Kwiaty jadalne – dekoracyjne i pełne wartości odżywczych. W: M. Kuczera, K. Piech (red.), *Zagadnienia aktualnie poruszone poprzez młodych naukowców*. Wyd. Creativetime, Kraków, 122–126.
- Waniakowa J., 2019. Polskie gwarowe nazwy chabra bławatka, *Centaurea cyanus* L., na tle słowiańskim i europejskim, *Prace Fil.* 24, 173–187.