

Upcycling of distillery waste as part of the cosmetics industry's sustainable development strategy

Upcykling odpadów gorzelniczych jako element strategii zrównoważonego rozwoju przemysłu kosmetycznego



DOI: 10.15199/62.2025.9.8

Raspberry pomace was analyzed for polyphenol content and antioxidant potential. Antioxidant potential was detd. by measuring its oxidizing properties using the DPPH method and its ability to reduce Fe(III) ions using the FRAP method, which were 0.424 and 0.159 $\mu\text{mol TE/g}$ fresh weight, resp. The polyphenol content was 0.136 mg GAE/g fresh mass. The extract, made from raspberry pomace, a post-prodn. waste product of the distillery industry, contained 0.136 mg GAE/g f.m. of polyphenolic compds. The extract's antioxidant potential showed that the amt. of antioxidants was equal to 0.424 $\mu\text{mol TE/g f.m.}$ (DPPH method) and 0.159 $\mu\text{mol TE/g f.m.}$ (FRAP method). Compared to literature data, these concns. were low, but sufficient to use raspberry pomace extract as an additive in multi-ingredient cosmetic raw materials.

Keywords: upcycling, sustainable development, distillery waste, polyphenols

Wytłoki z maliny właściwej są surowcem możliwym do zagospodarowania w przemyśle kosmetycznym jako ekstrakt lub drobiny pelingujące. Ekstrakt wytwarzany z wytłoków malinowych, odpadów poprodukcyjnych przemysłu gorzelniczego, zawierał 0,136 mg GAE/g ś.m. związków polifenolowych. Badanie potencjału antyoksydacyjnego ekstraktu wykazało, że ilość przeciwutleniaczy wynosiła 0,424 $\mu\text{mol TE/g ś.m.}$ (metoda DPPH) i 0,159 $\mu\text{mol TE/g ś.m.}$ (metoda FRAP). Badany odpad pochodzący z przetwórstwa owoców w przemyśle gorzelniczym, pomimo że zawierał już niewiele substancji o charakterze antyoksydacyjnym, wciąż może zostać wykorzystany jako dodatek do ekstraktów wieloskładnikowych, natomiast po wysuszeniu i zmieleniu odpadu można uzyskać surowiec o właściwościach ściernych, co umożliwia całkowite zagospodarowanie odpadu.

Słowa kluczowe: upcykling, zrównoważony rozwój, odpady gorzelniane, polifenole

W 1987 r. Światowa Komisja Środowiska i Rozwoju opublikowała Raport Brundtland, w którym po raz pierwszy przedstawiono definicję zrównoważonego rozwoju¹⁾. Uważa się, że był to moment przełomowy dla gospodarki, która stopniowo zaczęła wdrażać działania dążące do pogodzenia dobrobytu i wzrostu gospodarczego z włączeniem społecznym i dbałością o środowisko. Zrównoważony rozwój stał się podstawą do stworzenia przez Unię Europejską Europejskiego Zielonego Ładu i licznych programów na rzecz ochrony środowiska. Jednym z założeń Europejskiego Zielonego Ładu jest wykorzystanie odpadów jako surowców

do wytwarzania nowych, wartościowych produktów. Proces ten nazywa się upcyklingiem²⁾.

Spośród wielu potencjalnych dostawców surowców do procesu upcyklingu warto zwrócić uwagę na przemysł gorzelniczy. W trakcie produkcji napojów alkoholowych powstają liczne odpady w postaci wytłoków i resztek roślinnych. Dodatkowo stale rosnące koszty utylizacji odpadów wymuszają poszukiwanie alternatywnych metod ich zagospodarowania. Pomimo wykorzystania materiału roślinnego do procesu fermentacji oraz nadania alkoholom odpowiednich walorów smakowych i kolorystycznych,



Mgr inż. Magdalena MYŚLEK-BĘBEN w roku 2017 ukończyła studia na Wydziale Przyrodniczo-Technicznym Uniwersytetu Opolskiego. Obecnie jest słuchaczką szkoły doktorskiej Politechniki Opolskiej i kierownikiem działu produkcji w firmie N Cosmetics Edyta Wilk-Domalewska. Specjalność – proekologiczne rozwiązania w przemyśle kosmetycznym.



Dr Magdalena LIPOK w roku 2015 ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Uniwersytetu Opolskiego. W 2022 r. uzyskała stopień doktora nauk biologicznych na Wydziale Biotechnologii Uniwersytetu Wrocławskiego. Od 2019 r. pracuje jako technolog w firmie N Cosmetics Edyta Wilk-Domalewska. Specjalność – tworzenie i badanie surowców kosmetycznych.

* Adres do korespondencji:

Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska, ul. St. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole,
e-mail: m.myslek-beben@student.po.edu.pl

odpady poprodukcyjne wciąż mogą stanowić źródło białek, antyoksydantów, lipidów i włókien naturalnych³⁾.

Przemysł kosmetyczny wykazuje ogromne możliwości przetworzenia odpadów do produkcji nowych surowców kosmetycznych. Takie rozwiązanie jest doskonałą implementacją zasad zrównoważonego rozwoju w procesie tworzenia kosmetyków. Na każdym etapie projektowania nowego produktu istnieje możliwość wdrożenia rozwiązań proekologicznych, tak aby jego wytworzenie nie wpływało negatywnie na środowisko.

Celem pracy było oznaczenie substancji o charakterze antyoksydacyjnym w wyłokach z maliny właściwej.

Część doświadczalna

Surowce

Wyłoki z maliny właściwej (*Rubus idaeus* L.), w których oznaczano całkowitą zawartość związków polifenolowych i ich aktywność antyoksydacyjną, pochodziły z zakładu produkującego alkohole rzemieślnicze. Po odebraniu od producenta wyłoki przechowywano w temp. -15°C.

Materiały

Do przeprowadzenia badań stosowano: bezwodny węglan sodu (Na_2CO_3), bezwodny octan sodu (CH_3COONa), sześciowodny chlorek żelaza(III) ($\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), 96-proc. alkohol etylowy ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), 80-proc. kwas octowy (CH_3COOH) i 36-proc. kwas solny (HCl). Wymienione odczynniki o czystości cz.d.a. zostały wyprodukowane przez Chempur. Bezwodny kwas galusowy i troloks zakupiono w Merck KGaA. Do eksperymentów wykorzystano również odczynnik Folina i Ciocalteu (Chempur), DPPH (1,1-difenylo-2-(2,4,6-trinitrofenylo)hydrazyl) od producenta Alfa Aesar oraz TPTZ (2,4,6-tri(2-pirydylo)-s-triazyna) z POL-AURA. Do przygotowania próbek stosowano wodę dejonizowaną, a do filtracji ekstraktów stosowano filtry MN611 (Macherey-Nagel).

Metodyka badań

Ekstrakcję prowadzono za pomocą myjki ultradźwiękowej JPS-30A (CNCTech). Próbkę inkubowano w wytrząsarce termicznej LLG-uniTHERMIX 1 pro. Pomiar absorpcji przeprowadzono, używając spektrofotometru Specord 210 Plus (Analytik Jena).



Dr hab. inż. Joanna GUZIAŁOWSKA-TIC, prof. PO (ORCID: 0000-0003-2598-2672), ukończyła studia z zakresu inżynierii środowiska na Politechnice Opolskiej. Obecnie pracuje jako profesor uczelni w Katedrze Inżynierii Procesowej i Środowiska tej samej uczelni. Specjalność – REACH, metody QSAR, katalizatory w procesach ochrony środowiska, zarządzanie chemikaliami, ochrona środowiska.

10 g wyłoków malin umieszczono w szklanej butelce o pojemności 100 mL i zalano 100 g wody. Butelkę zakręcono i umieszczono w myjce ultradźwiękowej. Ekstrakcję prowadzono przez 30 min w temperaturze pokojowej, przy częstotliwości 40 kHz. Po tym czasie materiał roślinny odseparowano od ekstraktu na sicie z gęstymi oczkami. Dodatkowo, w celu pozbycia się drobnych zanieczyszczeń, ekstrakt przefiltrowano przez filtr jakościowy MN611. Gotowy ekstrakt przetrzymywano w temp. 4°C.

Oznaczenie całkowitej zawartości polifenoli przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną przez Rajeshwari⁴⁾. Ekstrakt z wyłoków malin wymieszano z 10-krotnie rozcieńczonym odczynnikiem Folina i Ciocalteu i 7,5-proc. roztworem węgla sodu w stosunku objętościowym 1:5:4. Badane ekstrakty odwirowano i umieszczono na 30 min w ciemnym miejscu w temperaturze pokojowej. Absorbancję próbek na spektrofotometrze mierzono przy długości fali 760 nm. Jako ślepej próby użyto wody dejonizowanej. Krzywą kalibracyjną dla kwasu galusowego przygotowano w zakresie stężeń 0,006–0,04 mg/mL. Wyniki pomiaru podano w przeliczeniu na ekwiwalent kwasu galusowego na 1 g świeżej masy (ś.m.) odpadu.

Oznaczenie właściwości przeciwutleniających metodą DPPH przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną w pracy Ivanković⁵⁾. Ekstrakt z wyłoków malin wymieszano z 0,2 mM DPPH w stosunku objętościowym 1:1. Badane ekstrakty odwirowano i umieszczono na 30 min w ciemnym miejscu w temperaturze pokojowej. Absorbancję próbek na spektrofotometrze mierzono przy długości fali 517 nm. Jako ślepa próbę stosowano mieszaninę wody dejonizowanej z alkoholem etylowym w stosunku objętościowym 1:1. Krzywą kalibracyjną dla troloksu przygotowano w zakresie stężeń 2,5–50 µM. Wyniki pomiaru podano w przeliczeniu na ekwiwalent troloksu na 1 g ś.m.

Oznaczenie zdolności do redukcji jonów żelaza(III) metodą FRAP przeprowadzono zgodnie z opisem zawartym w publikacji⁶⁾. 40 µL ekstraktu z wyłoków malin dodano do 1400 µL odczynnika FRAP składającego się z 300 mM buforu octanowego (pH 3,6), 20 mM chlorku żelaza(III) i 10 mM roztworu 2,4,6-tri(2-pirydylo)-s-triazyny w stosunku objętościowym 10:1:1. Badane ekstrakty inkubowano w wytrząsarce termicznej w temp. 37°C, przez 10 min, przy 650 rpm. Absorbancję próbek na spektrofotometrze mierzono przy długości fali 593 nm. Jako ślepej próby użyto wody dejonizowanej. Krzywą kalibracyjną dla troloksu przygotowano w zakresie stężeń 5–20 µM. Wyniki pomiaru podano w przeliczeniu na ekwiwalent troloksu na 1 g ś.m.

Badanie zawartości witaminy C w ekstrakcie z wyłoków malin przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną w literaturze⁷⁾. Badania wykonano w akredytowanym laboratorium zewnętrznym.

Przeprowadzono rozeznanie rynku pod względem dostępności i deklaracji pochodzenia surowców kosmetycznych oferowanych w sektorze produktów kosmetycznych. W tym celu zweryfikowano surowce w bazie UL

Prospector. Bazę przeszukano pod kątem frazy „upcycling”, zawężono wyszukiwania tylko do surowców kosmetycznych. Surowce sklasyfikowano pod względem ich klas chemicznych, wyróżniono 6 najważniejszych klas, do których przyporządkowanych było więcej niż 2 surowce kosmetyczne.

Wyniki badań i ich omówienie

Wykorzystanie odpadów do produkcji surowców kosmetycznych nie jest nowym zjawiskiem, natomiast skala tego procesu wciąż jest niewielka. Na podstawie badania rynku surowców kosmetycznych pochodzących z upcyklingu w bazie UL Prospector uzyskano zaledwie 254 wyniki wyszukiwania. Dla porównania ilość pozostałych surowców kosmetycznych w tej bazie internetowej wynosiła ponad 10 tys.⁸⁾

Surowce znalezione w ramach badania zaklasyfikowano do 6 klas chemicznych (tabela 1). W każdej z nich znajdowały się przynajmniej 3 wyniki wyszukiwania. Najliczniejszą klasą surowców kosmetycznych były mieszaniny. Należało do niej aż 45,7% spośród znalezionych surowców pochodzących z upcyklingu. Są to produkty o charakterze złożonym, w skład których, poza substancją aktywną, wchodzi najczęściej rozpuszczalnik i konserwanty. W tej kategorii znajdują się np. fermenty i wody kwiatowe. Druga klasa, która stanowiła 34,7% wyników wyszukiwania, to produkty pochodzenia botanicznego. Są to pojedyncze substancje aktywne lub ich mieszaniny, najczęściej w postaci proszku. Tu znajdują się np. drobiny peelingujące i niektóre ekstrakty olejowe. Kolejne klasy chemiczne stanowiły znacznie mniejszy procent wyników

wyszukiwania. Do tłuszczów i olejów zaklasyfikowano tylko 6% surowców pochodzących z upcyklingu, 5,1% stanowiły związki nieorganiczne, 4,3% białka i ich pochodne, a 2,4% barwniki. Ze względu na stosunkowo niewielki udział w rynku omawianych surowców warto skupić się na poszukiwaniu rozwiązań powodujących zmniejszenie ilości odpadów trafiających na składowiska oraz ograniczenie zużycia energii i wody, co wpisuje się w cele SDG 12 i 13 Agendy ONZ.

Przygotowanie ekstraktu rozpoczęto od przeprowadzenia procesu ekstrakcji ultradźwiękami. Ze względu na dużą zawartość polisacharydów w wyłokach malin, wraz z czasem trwania ekstrakcji zwiększała się lepkość i gęstość ekstraktu. Parametry te wpłynęły znacząco na wydajność filtracji, która wynosiła ok. 50%.

Oznaczenie zawartości związków polifenolowych może być wskaźnikiem właściwości antyoksydacyjnych badanego materiału⁹⁾. Zawartość polifenoli w ekstrakcie z wyłoków malin wynosiła 0,136 mg GAE/g ś.m. (tabela 2). Była to stosunkowo niewielka ilość w porównaniu z danymi, jakie można znaleźć w literaturze, ale nieodso-
biona. Podobną zawartość związków polifenolowych otrzymał Jiang¹⁰⁾, badający odpady z transportu owoców. Po przeprowadzeniu ekstrakcji odpadów z malin w 80-proc. roztworze etanolu otrzymał 0,73 mg GAE/g ś.m. Vergara-Castro¹¹⁾, sprawdzający wyłoki malin po produkcji soku, które poddano ekstrakcji wodą, uzyskał wynik 13,152 mg GAE/100 g suchej masy (s.m.). Większe ilości związków polifenolowych można znaleźć u innych autorów badających odpady z malin powstałe po procesie tłoczenia soku. Vipotnik¹²⁾ po ekstrakcji wyłoków 80-proc. etanolem otrzymała 472,9 mg GAE/g s.m. Laroze¹³⁾, ekstrahując wyłoki 25-proc. etanolem, uzyskała 11,35 mg GAE/g s.m., a Ivanković⁵⁾, po ekstrakcji w 1 M buforze octowym, 5,28 mg GAE/g s.m. Dla porównania zawartość związków polifenolowych dla świeżych owoców maliny może zawierać się w przedziale 1137–2112 mg/100 g s.m.¹⁴⁾. Jak widać, duży wpływ na otrzymaną ilość związków polifenolowych w badanych ekstraktach ma wybór ekstrahenta. Związki polifenolowe z reguły bardzo dobrze rozpuszczają się w rozpuszczalnikach polarnych, a w szczególności w roztworach wodno-alkoholowych¹⁵⁾. Jednak ze względu na drażniące i wysuszające właściwości wyższych stężeń alkoholu etylowego, producenci kosmetyków starają się go unikać w recepturach kosmetycznych.

Table 1. Chemical classes of upcycling raw materials⁸⁾

Tabela 1. Klasy chemiczne surowców upcyklingowych⁸⁾

Klasa chemiczna	Udział, % mas.	Przykład
Mieszaniny	45,66	ekstrakt wodno-glicerynowy z szyszek sosny zwyczajnej; ekstrakt glikolowy z masy perłowej
Produkty pochodzenia botanicznego	34,65	fusy z kawy stosowane jako dodatki peelingujące; proszkowy ekstrakt z nasion karobu
Tłuszcze i oleje	5,90	olej z pestek jabłek powstających w procesie produkcji cydru; olej kawowy wytwarzany z fusów po kawie
Związki nieorganiczne	5,12	fluorokrzemian magnezowo-potasowy uzyskiwany z produktów ubocznych przemysłu nawo- wego
Białka i ich pochodne	4,30	hydrolizowany kolagen rybi pochodzący z odpadów powstających w przetwórstwie rybnym
Barwniki	2,36	CI77268:1 (nadaje czarny kolor) otrzymywany z łupin orzechów kokosowych
Pozostałe	2,01	

Table 2. Content of polyphenolic compounds and antioxidant properties of raspberry pomace extract

Tabela 2. Zawartość związków polifenolowych i właściwości antyoksydacyjne ekstraktu z wyłoków malin

Zawartość związków polifenolowych, mg GAE/g ś.m.	DPPH, μmol TE/g ś.m.	FRAP, μmol TE/g ś.m.
0,136±0,044	0,424±0,012	0,159±0,027

GAE – ekwiwalent kwasu galusowego, TE – ekwiwalent troloksu, ś.m. – świeża masa (n = 3)

Potencjał antyoksydacyjny ekstraktu z wyłóków malin został zbadany poprzez oznaczenie właściwości utleniających metodami DPPH i FRAP. Zastosowanie metody DPPH polega na wychwytywaniu wolnych rodników pochodzących od związków o charakterze antyoksydacyjnym przez stabilny rodnik DPPH¹⁶. W przypadku badanego ekstraktu z wyłóków malin otrzymano wynik 0,424 $\mu\text{mol TE/g s.m.}$ (tabela 2). Dla porównania Kriviokapic¹⁷, badając wyłoki malin pozostałe po produkcji soku, otrzymała 567 $\mu\text{mol TE/100 g ekstraktu}$. Inni badacze uzyskali odpowiednio 3,76 $\text{mmol TE/100 g s.m.}$ ¹³, 22,86 $\mu\text{mol TE/g s.m.}$ ¹¹ i 18,132 $\text{g TE/100 g ekstraktu}$ ⁷. Otrzymany wynik był stosunkowo niski w porównaniu z danymi uzyskanymi dla wyłóków po tłoczeniu soków. Bardzo prawdopodobne, że tak niewysoki wynik uzyskano ze względu na wcześniejsze wykorzystanie owoców malin do produkcji nalewek. Owoce macerowano nawet do paru tygodni w 28-proc. roztworze etanolu. W przypadku tak długiego czasu maceracji, w odpowiedniej temperaturze i przy zastosowaniu odpowiedniego ekstrahenta, większość związków o potencjale antyoksydacyjnym mogła zostać wyekstrahowana. Dla przykładu w próbce domowej nalewki malinowej zdolność do wychwytywania wolnych rodników metodą DPPH wynosiła 880 $\mu\text{M TE/100 mL nalewki}$ ¹⁸.

W metodzie FRAP bada się zdolność badanego materiału do redukcji kompleksu jonów żelaza(III) do kompleksu jonów żelaza(II)⁹. Ekstrakt z wyłóków malin charakteryzował się 0,159 $\mu\text{mol TE/g s.m.}$ siłą redukcji kompleksu żelaza(III) (tabela 2). Dla porównania, badając potencjał oksydacyjny metodą FRAP, inni badacze uzyskali odpowiednio 1002 $\mu\text{mol TE/L ekstraktu}$ ¹⁷, 53,1 $\mu\text{mol/g s.m.}$ ¹² i 2,84 $\mu\text{mol TE/g s.m.}$ ⁵ dla ekstraktów z wyłóków po produkcji soku. Tak jak w przypadku wyników dla metody DPPH, zawartość antyoksydantów w badanej próbce była mniejsza w porównywanych ekstraktach. Jak już wspomniano, duży wpływ na zawartość przeciwutleniaczy miał na pewno inny sposób przetworzenia owoców w przemyśle gorzelniczym, w porównaniu z produkcją soków. Inną przyczyną tak rozbieżnych wyników mogło być wyjściowe stężenie badanych ekstraktów, metoda, czas i temperatura ekstrakcji.

Wielu autorów zwraca uwagę na fakt, że właściwości utleniające surowców mogą ulec zmianie zależnie od sposobu i czasu ich przetwarzania i przechowywania. W badanym ekstrakcie zawartość witaminy C okazała się być poniżej granicy oznaczalności. Już dawno udowodniono, że stężenie kwasu askorbinowego spada wraz z czasem¹⁹. Witamina C jest również czuła na wysoką temperaturę i światło słoneczne. Proces produkcji nalewek jest stosunkowo długi, a sposób składowania odpadów może nie zawsze sprzyjać zachowaniu przez materiał roślinny pozostałych substancji aktywnych.

Podsumowanie i wnioski

W Polsce wytwarzane jest rocznie średnio 2,5 mln t odpadów z przetwórstwa owoców i warzyw²⁰. Przytoczone

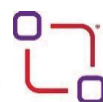
w tabeli 1 surowce kosmetyczne powstały z odpadów pochodzących z różnych gałęzi przemysłu, co pokazuje, że jest to obszar zainteresowań producentów surowców. Projektując jednak takie surowce, trzeba mieć na uwadze odpowiednie regulacje prawne, możliwości produkcyjne, koszty energii i wytworzenia produktu.

Przebadany ekstrakt z wyłóków malin, pomimo że zawierał już niewiele substancji o charakterze antyoksydacyjnym, wciąż może zostać wykorzystany jako dodatek do ekstraktów wieloskładnikowych. Odpady z przemysłu gorzelniczego mogą zostać wykorzystane nie tylko do produkcji ekstraktów, ale także innych surowców kosmetycznych, takich jak np. drobiny peelingujące²¹. Ponowne wykorzystanie materiału roślinnego z przetwórstwa spożywczego bardzo wyraźnie wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju przemysłu kosmetycznego. Trend ten nie umyka również uwadze klientów, którzy coraz chętniej wybierają produkty wytworzone z poszanowaniem środowiska naturalnego.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”.



Minister
Nauki



Regionalna
Inicjatywa
Doskonałości



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Otrzymano: 29-08-2025

Zrecenzowano: 29-08-2025

Zaakceptowano: 04-09-2025

Opublikowano: 18-09-2025

LITERATURA

- [1] <https://eur-lex.europa.eu/PL/legal-content/glossary/sustainable-development.html>, dostęp 22.08.2025 r.
- [2] V.P. Glăveanu, L. Tanggaard, C. Wegener, *A new vocabulary. Palgrave studies in creativity and culture*, Palgrave Macmillan, London 2016.
- [3] B. Dong, Y. Wang, L. Han, G. Cui, Y. Wang, Z. Su, *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2025, **24**, 191.
- [4] S. Rajeshwari, S. Jyoti, *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Research* 2013, **21**, 24.
- [5] A. Petrov Ivanković, M. Čorović, A. Milivojević, M. Simović, K. Banjanac, M. Veljković, D. Bezbradica, *Int. J. Fruit Sci.* 2024, **24**, 85.
- [6] V. Radenkova, T. Püssa, K. Juhnevič-Radenkova, D. Anton, D. Seglina, *Food Biosci.* 2018, **24**, 56.
- [7] P. Fontannaz, T. Killinç, O. Heudi, Olivier, *Food Chem.* 2006, **94**, 626.
- [8] <https://www.ulprospector.com/en>, dostęp 23.08.2025 r.
- [9] A. Skoczeń, M. Marzec, I. Nowak, *Przem. Chem.* 2025, **104**, nr 8, 779.
- [10] Y. Jiang, V. Subbiah, H. Wu, A. Bk, J. Sharifi-Rad, H. Suleria, *J. Food Qual.* 2022, ID 5605739.
- [11] M. Vergara-Castro, C. Soto, M. Zuñiga Hansen, A. Arancibia, P. Fuentes Robert, C. Altamirano, *Appl. Food Res.* 2025, **5**, 100781.
- [12] Z. Vipotnik, M. Golob, A. Albrecht, *Plants* 2025, **14**, 2444.
- [13] L. Laroze, C. Soto, M. Zuñiga Hansen, *Electronic J. Biotechnol.* 2010, **13**, nr 6.
- [14] G. Pantelidis, M. Vasilakakis, G. Manganaris, G. Diamantidis, *Food Chem.* 2013, **102**, 773.
- [15] G. Baron, G. Ferrario, C. Marinello, M. Carini, P. Morazzoni, G. Aldini, *Molecules* 2021, **26**, 5454.
- [16] H. Bartoń, M. Foltá, Z. Zachwieja, *Nowiny Lekarskie* 2005, **74**, 4.
- [17] S. Krivokapic, M. Vlaović, B. Damjanović Vratnica, A. Perovic, S. Perovic, *Foods* 2021, **10**, 706.
- [18] J. Polak, M. Bartoszek, R. Bernat, *Sci. Rep.* 2019, **9**, 6148.
- [19] J.A. Zee, L. Carmichael, D. Codère, D. Poirier, M. Fournier, *J. Food Compos. Anal.* 1991, **4**, 1.
- [20] FAO (2024), Food Wastage Footprint: Full-Cost Accounting, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [21] I. Ćirić, D. Dabić, M. Sredojević, M. Fotirić Aksić, B. Rabrenović, S. Blagojević, M. Natić, *Pharmaceutics* 2024, **16**, 606.