

Michał Miłek^{1,*}, Karolina Kasiedczak (z d. Szymaniak)²,
Małgorzata Dżugan¹

WPŁYW WYBRANYCH METOD UTRWALANIA ORAZ WZBOGACANIA EKSTRAKTEM PROPOLISU NA AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNĄ OWOCÓW GRUSZY

Streszczenie: Gruszki (owoce gruszy, *Pyrus communis*) należą do najważniejszych owoców produkowanych w Europie Środkowej, w tym w Polsce, o cennych właściwościach odżywczych i dużym potencjale biologicznym. Celem pracy było zbadanie wpływu wybranych metod utrwalania (suszenie, liofilizacja) na zawartość związków fenolowych oraz potencjał przeciwutleniający owoców gruszy (3 odmiany), a także możliwość wzbogacenia w antyoksydanty poprzez zastosowanie przed suszeniem moczenia w ekstrakcie propolisu. Zawartość związków fenolowych ogółem kształtowała się w przedziale 87 – 266 mg GAE/100 s.m., po utrwalaniu wartości te uległy obniżeniu o 8,25 – 22,87%, podobnie jak aktywność antyoksydacyjna mierzona metodami FRAP i DPPH. Uzyskane wyniki wskazują, że liofilizacja pozwala na lepsze zachowanie właściwości prozdrowotnych owoców. Zastosowanie ekstraktu propolisu do wzbogacenia owoców odmiany Lukaszówka przed suszeniem pozwoliło osiągnąć istotne wzmocnienie oznaczanych parametrów (wzrost od 17 do 40%), co potencjalnie wskazuje na wyższą wartość prozdrowotną otrzymanych owoców, a jednocześnie stanowi metodę wprowadzenia propolisu do diety.

Wprowadzenie

Owoce są ważnym źródłem składników odżywczych, a także substancji bioaktywnych w prawidłowej diecie człowieka. Wraz z warzywami, przy zachowaniu odpowiedniej proporcji, stanowią jeden z podstawowych poziomów piramidy żywieniowej. Dostarczają wody, węglowodanów, błonnika, składników mineralnych, witamin (zwłaszcza witaminy C) oraz przeciwutleniaczy [Płocharski i in. 2017]. Wśród owoców polskich istotne miejsce zajmują gruszki. W 2023 r. w skali kraju uprawy gruszy zajmowały powierzchnię 5587 ha, a całkowity zbiór owoców wyniósł ponad 79 000 ton [GUS 2024].

¹ Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-959 Rzeszów.

² Absolwentka kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów.

* mmilek@ur.edu.pl

Grusza (*Pyrus* L.) jest drzewem z rodziny różowatych (*Rosaceae*) rosnącym naturalnie w Europie Zachodniej, Afryce Południowej i Azji (Chiny, Pakistan) [Ibrahim i Hammoudi 2020]. Znanych jest ponad 20 gatunków z rodzaju *Pyrus*, a liczba podgatunków i odmian przewyższa 5000 [Wu i in. 2018]. W warunkach europejskich uprawiana jest grusza pospolita (*P. communis* L.) z jej licznymi odmianami różniącymi się morfologią i właściwościami owoców. Owoce są typu jabłkowatego o charakterystycznym gruszkowatym kształcie, długości 4–12 cm, z ziarnistym miąższem i skórka o barwie od zielonej do żółtej, czasem z odcieniem czerwieni, zawierają kilka ciemnobrązowych nasion. Wśród odmian gruszy uprawianych w Polsce najpopularniejsze są Konferencja, Lukaszówka, Faworytka, Bera, Concorde czy Hortensja, ostatnio popularyzuje się także uprawę odmian dawnych, np. Dobra Szara, Dziekanka Lipcowa, Kongresówka [Wawrzyńczak i in. 2008, Hodun 2020].

Owoce gruszy spożywane na surowo oraz w postaci różnego rodzaju przetworów (przeciery, konfitury, marynaty, kompoty) dostarczają składników odżywczych oraz cennych substancji bioaktywnych. Gruszki składają się w głównej mierze z wody (84%), węglowodanów (14%), błonnika (2%), białka (0,3%) i tłuszczu (0,1%). Stugramowa porcja gruszek dostarcza ok. 54 kalorii [Kolniak-Ostek 2016a]. Ponadto zawierają witaminy (A, B1, B2, B3, B6) oraz składniki mineralne: potas, fosfor, wapń, magnez, sód, żelazo, miedź. Są również bogate w aminokwasy, m.in. leucynę, izoleucynę, metioninę, fenyloalaninę, lizynę, treoninę i histydynę [Mahammad i in. 2010]. Skład fitochemiczny owoców gruszy obejmuje przede wszystkim związki polifenolowe, terpenoidy oraz karotenoidy. Wśród związków polifenolowych dominują flawonoidy i kwasy fenolowe, a skórka owoców jest także źródłem antocyjanin i procyanidyn. Flawonoidy obecne w gruszkach zaliczane są do klas flawan-3-oli (katechiny), flawonoli (pochodne kemferolu, kwercetyny i izoramnetyny) oraz flawonów (pochodne apigeniny) [Kolniak-Ostek 2016a]. Wśród kwasów fenolowych dominują pochodne kwasu chinowego, kawowego, p-kumarowego i ferulowego [Kolniak-Ostek 2016a]. W gruszkach oznaczono także związki z klasy terpenoidów: kwas ursolowy, betulonowy, oleanonowy, a także betulinę i lupeol [Kolniak-Ostek 2016a, 2016b, Singh i in. 2024].

Dzięki substancjom bioaktywnym owoce gruszy wykazują szereg właściwości prozdrowotnych. Z obecności licznych polifenoli oraz kwasu askorbionowego wynikają antyoksydacyjne właściwości gruszek, co wykazano wielokrotnie za pomocą różnorodnych metod analitycznych (m.in. ABTS, DPPH, FRAP) [Kolniak-Ostek 2016a, Ibrahim i Hammoudi 2020, Singh i in. 2024]. Ponadto w badaniach *in vitro* oraz *in vivo* dowiedziono m.in. przeciwdrobnoustrojowego, przeciwcukrzycowego, przeciwzapalnego, hepatoprotekcyjnego, antyproliferacyjnego i przeciwartretycznego działania gruszek i preparatów uzyskanych na ich bazie [Kolniak-Ostek i in. 2020, Ibrahim i Hammoudi 2020, Singh i in. 2024].

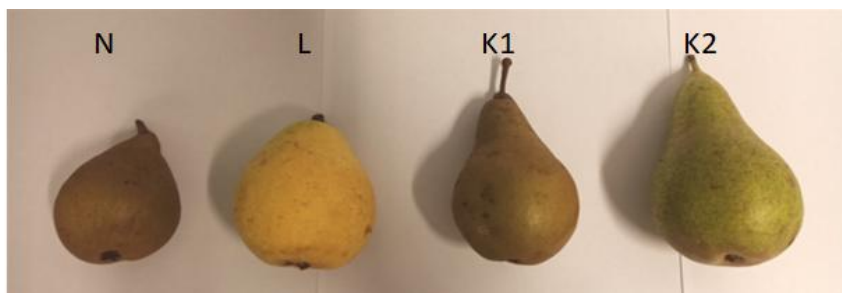
Świeże owoce mają krótki termin spożycia, a występujące w nich składniki odżywcze mogą ulegać degradacji podczas przechowywania, dlatego też stosuje się różnorodne metody utrwalania owoców. Zwraca się uwagę, by stosowane techniki utrwalania pozwalały na utrzymanie możliwie największej części składników i korzystnych właściwości produktu. Tradycyjnymi metodami konserwacji gruszek są suszenie, marynowanie w zalewach oraz przetwarzanie na dżemy, konfitury i kompoty.

Celem pracy było zbadanie wpływu zastosowanych metod konserwacji gruszek na ich potencjał antyoksydacyjny i zawartość związków polifenolowych. Ponadto oceniono możliwość wzbogacenia suszonych owoców gruszki w związki bioaktywne propolisu.

Materiał i metody

Materiał badany

Materiał do badań stanowiły owoce gruszy *P. communis* zebrane i zakupione we wrześniu 2021 w gospodarstwach sadowniczych oraz na targach w województwach podkarpackim i lubelskim. Pozyskano 4 próbki: jedną nieokreśloną odmianę (N), jedną odmianę Lukasówka (L) oraz dwie odmiany Konferencja (K1 i K2). Zdjęcia owoców przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Badane odmiany gruszek

(N – odmiana nieokreślona, L – odmiana Lukasówka, K1 i K2 – odmiana Konferencja)

Źródło: opracowanie własne

Zawartość wody w owocach ustalono metodą wagową przy użyciu wagosuszarki Radwag MA.50 R.

Ekstrakt propolisu (EEP) przygotowano poprzez zalanie 10 g rozdrobnionego propolisu 100 ml roztworu etanolu (70%). Mieszaninę poddano wytrząsaniu przez 30 minut na wytrząsarce laboratoryjnej (400 obr/min), a następnie pozostawiono do maceracji na 5 dni z okazjonalnym wstrząsaniem. Po tym czasie ekstrakt przesączono przez filtr bibułowy.

Utrwalanie owoców

Suszenie konwekcyjne

Po 6 sztuk owoców każdej odmiany obrano, usunięto gniazda nasienne i zważono. Następnie pokrojono w kostki o wymiarach $2 \times 1,5$ cm i plastry o grubości 0,2–0,3 mm. Tak przygotowane próbki poddano suszeniu przez 48 godzin w temperaturze 60°C i 20 godzin w temperaturze 65°C przy użyciu suszarki SLN 53 STD (Pol-Eko Aparatura, Wodzisław Śląski). Po suszeniu oznaczono ponownie masę próbek i obliczono stratę masy podczas suszenia.

Liofilizacja

Owoce pokrojone w kostki o wymiarach $2 \times 1,5$ cm zamrożono w temperaturze -65°C (48 godzin), a następnie poddano liofilizacji przy użyciu liofilizatora Alpha 1-2 LDPLUS (Martin Christ). Proces prowadzono przez 75 godzin.

Wzbogacenie owoców ekstraktem propolisu

Do wzbogacenia etanolem ekstraktem propolisu wybrano owoce odmiany Łukasówka. Plastry owocu ($66,0 \pm 0,5\text{g}$) zanurzano w ekstrakcie propolisu na 5 sekund, a następnie odsączało nadmiar cieczy na bibule. Plastry gruszek poddano suszeniu w warunkach opisanych powyżej.

Ocena całkowitej zawartości związków fenolowych i właściwości antyoksydacyjnych

Do oceny zawartości związków fenolowych oraz właściwości antyoksydacyjnych przygotowano ekstrakty z gruszek poddanych utrwalaniu. Próbkę zhomogenizowano w mrożdziej, a następnie odważano po 1 g materiału badanego, zalewano 10 ml 50% alkoholu etylowego i ekstrahowano w łaźni ultradźwiękowej Sonic-10 (Polsonic, Warszawa) przez 15 minut. Ekstrakty przesączono przez filtry bibułowe i do czasu analiz przechowywano w chłodziarce.

Całkowitą zawartość związków fenolowych oznaczono metodą kolorymetryczną z odczynnikiem Folina-Ciocalteu według zmodyfikowanej metody Singletona i Rossiego [1965]. Do studzienek płytki 96-dołkowej wprowadzono w trzech powtórzeniach po 20 μl ekstraktów gruszek, następnie dodano po 100 μl odczynnika Folina-Ciocalteu (10%) i 80 μl 7,5% Na_2CO_3 . Płytkę inkubowano w ciemności przez godzinę, a następnie dokonano pomiaru absorpcji przy długości fali 760 nm przy pomocy czytnika mikropłytek EPOCH2 (Biotek). Zawartość związków fenolowych wyrażono w równoważnikach kwasu galusowego [$\text{mg GAE}/100\text{ g s.m.}$] według krzywej wzorcowej ($y = 0,3364x$, $r^2 = 0,9914$).

Aktywność antyoksydacyjną oznaczono zmodyfikowanymi metodami DPPH [Blois 1958] oraz FRAP [Benzie i Strain 1996].

W celu określenia potencjału przeciwrodnikowego do 20 μ l ekstraktu dodawano 180 μ l odczynnika DPPH (0,1 M w metanolu, rozcieńczony do absorbancji $0,900 \pm 0,050$). Mieszaniny inkubowano bez dostępu światła przez 30 minut, a następnie zmierzono absorbancję przy długości fali 517 nm przy pomocy czytnika mikroplatek EPOCH2 (Biotek) względem metanolu. W próbie kontrolnej ekstrakt zastąpiono wodą destylowaną. Aktywność antyoksydacyjną, wyrażoną jako % inhibicji wolnych rodników, obliczono za pomocą wzoru: $AA\% = [(AB - AA)/AB] \times 100$, gdzie AA – to absorbancja badanej próbki, AB – absorbancja próby kontrolnej. Uzyskane wyniki wyrażono w równoważnikach troloksu [μ mol Tx/100 g s.m.] z równania krzywej kalibracyjnej: $y = 15,555x$ ($r^2=0,9898$).

Zdolność do redukcji jonów żelaza(III) określono metodą FRAP. Do 20 μ l ekstraktu dodawano 180 μ l odczynnika FRAP [2,5 ml 10 mM roztworu 2,4,6-tripirydyliotriazyny (TPTZ) w 40 mM HCl, 2,5 ml 20 mM $FeCl_3$ i 25 ml 0,3 M buforu octanowego (pH 3,6)]. Płytkę inkubowano przez 10 minut w temperaturze 37°C i po tym czasie dokonano pomiaru absorbancji przy długości fali 593 nm przy pomocy czytnika mikroplatek EPOCH2 (Biotek). Uzyskane dane zostały przeliczone na równoważniki troloksu [μ mol Tx/100 g s.m.] z równania krzywej kalibracyjnej: $y = 0,152x$ ($r^2=0,9998$).

Analiza statystyczna

Wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach, wyniki przedstawiono jako średnia $\pm$ odchylenie standardowe. Istotność statystyczną różnic oceniono testem post-hoc Tukeya poprzedzonym analizą wariancji (ANOVA) oraz testem t-Studenta. Do obliczeń zastosowano oprogramowanie Statistica 13 (Statsoft) oraz GraphPad Prism 10.

Wyniki i dyskusja

W zbiorczej tabeli (tabela 1) zestawiono dane uzyskane dla gruszek świeżych (na świeżą masę oraz z uwzględnieniem zawartości wody w przeliczeniu na suchą masę), suszonych oraz liofilizowanych.

Tabela 1. Zawartość wody, związków fenolowych oraz właściwości antyoksydacyjne próbek świeżych oraz utrwalonych

Próbka		Zawartość wody [%]	Całkowita zawartość związków fenolowych [mg GAE/100 g]	Aktywność przeciwrodnikowa DPPH [μ mol TE/100 g]	Sila redukująca FRAP [μ mol TE/100 g]
1	2	3	4	5	6
N	świeża [s.m.]	83,41	$41,5^d \pm 0,01$	$108,56^c \pm 0,06$	$150,33^c \pm 0,04$
	świeża [s.m.]*	–	$250,15^c \pm 0,60$	$654,36^c \pm 0,36$	$906,14^c \pm 0,24$
	suszona	n.o.	$229,5^d \pm 0,06$	$389,19^c \pm 0,02$	$771,71^c \pm 0,003$
	liofilizowana	n.o.	$239,5^b \pm 0,01$	$337,22^b \pm 0,01$	$792,43^d \pm 0,03$

1	2	3	4	5	6
L	świeża [ś.m.]	90,43	25,5 ^b ± 0,01	65,44 ^a ± 0,03	98,68 ^b ± 0,01
	świeża [s.m.]*	–	266,46 ^c ± 1,04	683,83 ^c ± 0,31	1031,18 ^d ± 0,14
	suszona	n.o.	205,5 ^c ± 0,01	219,43 ^b ± 0,03	539,80 ^b ± 0,05
	liofilizowana	n.o.	214,0 ^c ± 0,02	275,81 ^b ± 0,02	549,34 ^b ± 0,04
K1	świeża [ś.m.]	83,01	38,5 ^c ± 0,05	53,51 ^a ± 0,01	107,24 ^b ± 0,02
	świeża [s.m.]*	–	226,60 ^b ± 0,29	314,95 ^b ± 0,06	631,18 ^b ± 0,18
	suszona	n.o.	178,5 ^b ± 0,03	264,47 ^b ± 0,002	623,68 ^b ± 0,02
	liofilizowana	n.o.	238,0 ^b ± 0,01	429,61 ^c ± 0,008	628,29 ^c ± 0,04
K2	świeża [ś.m.]	83,44	14,5 ^a ± 0,50	76,14 ^b ± 0,01	57,24 ^a ± 0,01
	świeża [s.m.]*	–	87,56 ^a ± 3,02	163,54 ^a ± 0,06	345,63 ^a ± 0,06
	suszona	n.o.	75,5 ^a ± 0,04	149,45 ^a ± 0,02	373,36 ^a ± 0,06
	liofilizowana	n.o.	84,0 ^a ± 0,01	128,19 ^a ± 0,01	383,22 ^a ± 0,02

a, b, c, d – średnie w kolumnach dla danej metody utrwalania oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$), N – odmiana nieokreślona, L – Lukasówka, K1, K2 – Konferencja, ś.m. – świeża masa, s.m. – sucha masa (100% – zawartość wody); * – wynik przeliczony na zawartość suchej masy, n.o. – nie oznaczono

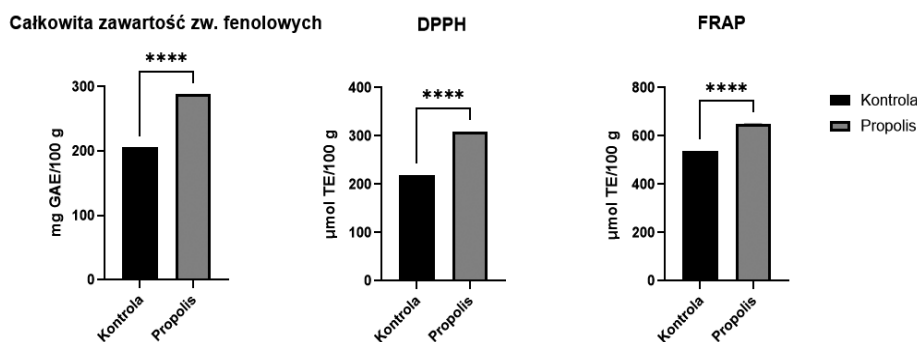
Źródło: opracowanie własne

W przypadku świeżych owoców gruszki najwyższą zawartością polifenoli oraz aktywnością przeciwutleniającą charakteryzowały się owoce nieokreślonej odmiany (N), a najniższą odmiany Konferencja (K2, odmiana o największych owocach). Istotną różnicę wykazano również w przypadku zawartości polifenoli ogółem pomiędzy dwiema próbkami odmiany Konferencja. Różnice w aktywności owoców tej samej odmiany mogą być spowodowane warunkami uprawy drzew, zabiegami agrotechnicznymi czy też różnym stopniem dojrzałości. Zróżnicowanie odmianowe gruszek pod kątem zawartości polifenoli oraz antyoksydantów potwierdzają także inne badania. Kolniak-Ostek i współpracownicy [2020] wskazali na Konferencję jako odmianę o najsłabszych właściwościach przeciwutleniających. Owoce tradycyjnych odmian, takich jak badane owoce N, mogą być cennym źródłem substancji bioaktywnych. Potwierdzają to m.in. badania Savić i współpracowników [2021], którzy w porównaniu tradycyjnych serbskich odmian gruszek do gruszek dzikich oraz komercyjnych ('Williams Bartlett') potwierdzili silniejsze właściwości odmian tradycyjnych.

Suszenie jest najbardziej powszechną metodą utrwalania owoców takich jak gruszki. Stwierdzono obniżenie całkowitej zawartości związków fenolowych w granicach od 8,26 do 22,88% dla wszystkich badanych owoców. Suszenie owoców gruszki K2 spowodowało natomiast wzrost całkowitej zawartości związków fenolowych o 49,89%. Suszenie wpłynęło na obniżenie aktywności antyoksydacyjnej, mierzonej zdolnością do wygaszania rodnika DPPH, większości badanych odmian gruszek. Największe straty aktywności obserwowano dla gruszki L (67%), natomiast najmniejsze dla K1 (16,03%). Ponownie tendencję wzrostu właściwości przeciwutleniającej zaobserwowano dla gruszki K2. Analogiczne zmiany wykazano metodą redukcji jonów żelaza(III) (FRAP).

Spadek zawartości polifenoli podczas suszenia jest zjawiskiem typowym dla owoców. Obniżenie poziomu tych związków, a także aktywności antyoksydacyjnej podczas suszenia jabłek różnymi metodami obserwowali Nowacka i współpracownicy [2011]. Z kolei liofilizacja jest procesem utrwalania pozwalającym na najlepsze zachowanie wartości odżywczych suszonych produktów [Sadowska i in. 2017]. We wszystkich ocenianych próbkach liofilizowanych zawartość związków fenolowych była wyższa niż w suszonych konwekcyjnie, z wyjątkiem próbek K2 oraz N (w przypadku metody DPPH), odnotowano również wyższy potencjał antyoksydacyjny owoców liofilizowanych niż suszonych. W badaniach Gębczyńskiego i współpracowników [2017] stwierdzono wyższą retencję witamin C i E gruszek liofilizowanych niż w produktach suszonych konwekcyjnie, natomiast w przypadku polifenoli i aktywności antyoksydacyjnej była ona podobna. Na przykładzie jabłek potwierdzono również, że suszenie sublimacyjne zapewnia najniższą degradację związków bioaktywnych i najwyższą jakość sensoryczną produktu [Kidoń i Grabowska 2021].

Zastosowanie ekstraktu propolisu miało w założeniu przedłużyć trwałość suszonych owoców, ze względu na znane właściwości przeciwdrobnoustrojowe i konserwujące propolisu [Wolska i in. 2016, Przybyłek i Karpiński 2019, Segueni i in. 2023], a także wzbogacić uzyskany w ten sposób produkt w składniki bioaktywne. Dane pokazujące wzbogacenie suszonej gruszki w związki fenolowe z propolisu oraz wzrost potencjału przeciwutleniającego przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Wzbogacenie suszonej gruszki odmiany Lukaszówka w składniki bioaktywne propolisu podczas suszenia konwekcyjnego

**** – istotne różnice ($p < 0,0001$)

Źródło: opracowanie własne

Wszystkie trzy oznaczane parametry wskazują na istotne wzbogacenie gruszki w składniki bioaktywne pochodzące z ekstraktu propolisu. Zaobserwowano ok. 40% wzrost zawartości związków fenolowych w owocach suszonych z dodatkiem ekstraktu propolisu. Także potencjał antyoksydacyjny uległ podwyższeniu,

co jest ściśle związane ze wzbogaceniem w polifenole. Propolis jest bogatym źródłem związków fenolowych, głównie kwasów fenolowych i flawonoidów [Kurek-Górecka i in. 2013, Miłek i in. 2024]. Ze względu na złożony skład chemiczny i nierozpuszczalność w wodzie jego zastosowanie jako funkcjonalnego składnika żywności wymaga ekstrakcji i uzyskania odpowiedniej formy, np. w postaci proszków (suszenie rozpyłowe, liofilizacja) czy emulsji [Irigoit i in. 2021].

Zwiększenie zawartości związków fenolowych i aktywności antyoksydacyjnej przy jednoczesnym efekcie hamującym pleśnienie zaobserwowano np. w przypadku dodatku suchego ekstraktu propolisu do chleba [Hosseini Khabbazi i in. 2023]. Wielokrotnie badano możliwość przedłużania trwałości owoców poprzez ich zanurzanie, nastrzykiwanie oraz spryskiwanie ekstraktami propolisu, jak również stosowanie cienkich filmów opartych na ekstraktach propolisu powlekających powierzchnię owoców [Pu i in. 2023]. Badania naukowców z Portugalii dowiodły skuteczności aplikacji ekstraktu propolisu na uszkodzone gruszki w celu zahamowania rozwoju grzybów z gatunku *Stemphylium vesicarium* [Loebler i in. 2020]. Z kolei krótkotrwale zanurzanie bananów w ekstrakcie propolisu pozwoliło na wydłużenie ich trwałości, ograniczenie strat wody i witaminy C, zmian pH i barwy przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości związków fenolowych [Awad i Al-Qurashi 2019].

Podsumowanie i wnioski

Spośród badanych owoców gruszy najwyższą zawartością związków fenolowych odznaczały się małe owoce nieokreślonej starej odmiany. Jednak przy uwzględnieniu wyższej zawartości wody duże owoce odmiany Łukasówka były bogatsze w antyoksydanty. Zastosowanie liofilizacji pozwoliło w największym stopniu zachować prozdrowotne właściwości gruszek, nieco większe straty zaobserwowano w przypadku suszenia konwekcyjnego. Jako innowacyjny sposób utrwalania owoców pozwalający dodatkowo wzbogacić je w związki polifenolowe zaproponowano krótkotrwale zanurzanie ich w ekstrakcie propolisu przed procesem suszenia. Z drugiej strony, owoce suszone z dodatkiem ekstraktu propolisu stanowią funkcjonalną przekąskę i mogą być ciekawą formą wprowadzenia tego cennego produktu pszczelego do diety.

Bibliografia

- Awad M.A., Al-Qurashi A.D. (2019). Quality and Biochemical Changes of 'Sukkari' Bananas during Shelf Life as Affected by Postharvest Dipping in Ethanolic Extract of Propolis. The Philippine Agricultural Scientist, 102 (2), 132–140.

- Benzie I.F.F., Strain J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239, 70–76.
- Blois M.S. (1958). Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature* 181(4617), 1199–1200.
- Gębczyński P., Skoczeń-Słupska R., Kur K. (2017). Effect of storage on the content of selected antioxidants and quality attributes in convection and freeze-dried pears (*Pyrus communis* L.). *Italian Journal of Food Science*, 29, 454–462.
- [GUS 2024] Główny Urząd Statystyczny (2024). Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2023 roku, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/produkcja-upraw-rolnych-i-ogrodnich-w-2023-roku,9,22.html> (dostęp: 17.03.2025).
- Hodun G. (2020). Dawne odmiany do ogrodów przydomowych. Rośliny sadownicze. Grusze do sadu i ogrodu. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, 1–33.
- Hosseini Khabbazi S., Mansouripour S., Saremnezhad S. (2023). The effect of propolis extract as a valuable natural additive on the quality characteristics of toast bread. *Food Science & Nutrition*, 11, 5438–5445.
- Ibrahim R.M., Hammoudi Z.M. (2020). Phytochemistry and pharmacological activity of pear (*Pyrus communis* L.): a review. *Plant Archives*, 20 (2), 7820–7828.
- Irigoitia Y., Navarro A., Yamul D., Libonatti C., Tabera A., Basualdo M. (2021). The use of propolis as a functional food ingredient: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 297–306.
- Kidoń M., Grabowska J. (2021). Bioactive compounds, anti-oxidant activity, and sensory qualities of red-fleshed apples dried by different methods, *LWT – Food Science and Technology*, 136, 110302.
- Kolniak-Ostek J. (2016a). Chemical composition and antioxidant capacity of different anatomical parts of pear (*Pyrus communis* L.). *Food Chemistry*, 203, 491–497.
- Kolniak-Ostek J. (2016b). Identification and quantification of polyphenolic compounds in ten pear cultivars by UPLC-PDA-Q/TOF-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 65–77.
- Kolniak-Ostek J., Kłopotowska D., Rutkowski K.P., Skorupińska A., Kruczyńska D.E. (2020). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Pear (*Pyrus communis* L.) Fruits. *Molecules*, 25, 4444.
- Kurek-Górecka A., Rzepecka-Stojko A., Górecki M., Stojko J., Sosada M., Świerczek-Zięba G. (2013). Structure and Antioxidant Activity of Polyphenols Derived from Propolis. *Molecules*, 19 (1), 78–101.
- Loebler M., Sanchez C., Mauchagato Maurizio E., Diogo E., Santos M., Vasilenko P., Cruz A.S., Mendes B., Goncalves M., Duarte M.P. (2020). Potential Application of Propolis Extracts to Control the Growth of *Stemphylium vesicarium* in "Rocha" Pear. *Applied Sciences*, 10, 1990.
- Mahammad M.U., Kamba A.S., Abubakar L., Bagna E.A. (2010). Nutritional composition of pear fruits (*Pyrus communis*). *African Journal of Food Science and Technology*, 1 (3), 76–81.
- Milek M., Franke G., Tomczyk M., Górecki M., Cwikova O., Jarošova A., Džugan M. (2024). The Influence of Geographical Origin on Poplar Propolis Composition and the Impact of Human Microbiota. *Pharmaceutics*, 17 (6), 768.
- Nowacka M., Witrowa-Rajchert D., Ruła J. (2011). Wpływ procesów technologicznych na aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli w tkance jabłka. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 12–15.
- Płocharski W., Markowski J., Rutkowski K.P., Konopacka D. (2017). Wartości odżywcze i zdrowotne owoców i warzyw. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, 8–12.
- Przybyłek I., Karpiński T.M. (2019). Antimicrobial properties of propolis. *Molecules*, 24 (11), 2047.
- Pu Y., Jiang H., Zhang Y., Cao J., Jiang W. (2023). Advances in propolis and propolis functionalized coatings and films for fruits and vegetables preservation. *Food Chemistry*, 414, 135662.

- Sadowska A., Dybkowska E., Rakowska R., Hallmann E., Świderski F. (2017). Ocena zawartości składników bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających proszków wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych surowców roślinnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 24 (4), 59–75.
- Savić A., Aradski A.A., Živković J., Šavakin K., Jarić S., Marin P.D., Duletić-Laušević S. (2021). Phenolic Composition, and Antioxidant and Antineurodegenerative Potential of Methanolic Extracts of Fruit Peel and Flesh of Pear Varieties from Serbia. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71 (2), 225–236.
- Segueni N., Boutaghane N., Asma S.T., Tas N., Acaroz U., Arslan-Acaroz D., Ali Shah S.R., Abdelatiff H.A., Akkal S., Penalver R., Nieto G. (2023). Review on Propolis Applications in Food Preservation and Active Packaging. *Plants*, 12 (8), 1654.
- Singh S., Verma R., Sharma H. (2024). Exploring the therapeutic potential and bioactive compounds in *Pyrus* species. *Pharmacological Research – Modern Chinese Medicine*, 10, 100342.
- Singleton V.L., Rossi J.A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Wawrzyńczak A., Rutkowski K.P., Kruczyńska D.E. (2008). Jakość owoców wybranych odmian gruszy w zależności od temperatury przechowywania. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa*, 16, 153–162.
- Wolska K., Górka A., Adamiak A. (2016). Właściwości przeciwbakteryjne propolisu. *Postępy Mikrobiologii*, 55 (4), 343–350.
- Wu J., Wang Y., Xu J., Korban S.S., Fei Z., Tao S., Ming R., Tai S., Khan A.M., Postman J.D., Gu C., Yin H., Zheng D., Qi K., Li Y., Wang R., Deng C.H., Kumar S., Chagne D., Li X., Wu J., Huang X., Zhang H., Xie Z., Zhang M., Li Y., Yue Z., Fand X., Li J., Li L., Jin C., Qin M., Zhang J., Yang H., Zhang S. (2018). Diversification and independent domestication of Asian and European pears. *Genome Biology*, 19, 77.

Effect of selected preservation methods and propolis extract enrichment on the antioxidant activity of pear fruits

Abstract: Pears (Pear fruit, *Pyrus communis*) are among the most important fruits produced in Central Europe, including Poland, with valuable nutritional properties and high biological potential. The aim of the study was to investigate the effect of selected preservation methods (drying, freeze-drying) on the content of phenolic compounds and the antioxidant potential of pear fruit (3 varieties) and the possibility of enriching them with antioxidants by soaking in propolis extract before drying. The content of total phenolic compounds ranged from 87.56 to 266.46 mg GAE/100 d.m. After preservation, these values decreased by 8.25–22.87%, as did the antioxidant activity, measured by FRAP and DPPH methods. The results obtained indicate that freeze-drying allows for better preservation of the health-promoting properties of the fruit. The use of propolis extract to enrich the fruit of the Lukasówka variety before drying allowed for a significant enhancement of the determined parameters (increase from 17 to 40%), which indicates a higher health-promoting value of the obtained fruit and, at the same time, constitutes a method of introducing propolis into the diet.