

Monika Tomczyk^{1,*}, Karolina Ożóg², Anna Pasternakiewicz¹, Michał Miłek¹

WYKORZYSTANIE PRODUKTÓW UBOCZNYCH Z PRODUKCJI SOKÓW Z CZARNEJ PORZECZKI JAKO SKŁADNIKA FUNKCJONALNEGO CIASTEK KRUCHYCH

Streszczenie: Wytloki z czarnej porzeczki, pomimo iż stanowią produkt uboczny przemysłu przetwórczego, wykazują istotny potencjał jako surowiec funkcjonalny ze względu na wysoką zawartość związków bioaktywnych, w tym polifenoli. Celem niniejszej pracy było opracowanie receptur ciastek kruchych, wzbogaconych sproszkowanymi wytløkami z czarnej porzeczki poddanyymi suszeniu konwekcyjnemu i liofilizacji, oraz ocena ich właściwości przeciwutleniających, zawartości związków fenolowych i parametrów tekstury. Zastosowanie ekstrakcji wspomagananej ultradźwiękami pozwoliło na skuteczniejszy odzysk substancji antyoksydacyjnych niż tradycyjne wytrząsanie. Liofilizowane wyltøki wykazywały wyraźnie wyższy poziom polifenoli i zdolności antyoksydacyjnej (o 21–46%) w porównaniu do suszonych konwekcyjnie. Dodatek proszku z wyltøków, niezależnie od zastosowanej metody suszenia, istotnie zwiększał właściwości przeciwutleniające otrzymanych produktów. Ciastka zawierające wyltøki liofilizowane cchowała ponadto wyższą twardość oraz gumistość, co może być związane z odmienną strukturą materiału po liofilizacji.

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój przemysłu spożywczego ukierunkowanego na zrównoważony rozwój, innowacyjność oraz wykorzystanie surowców wtórnych zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym (circular economy). Zrównoważona produkcja żywności zgodna z polityką zrównoważonego rozwoju Unii Europejskiej [European Commission 2020] nabiera szczególnego znaczenia w kontekście globalnych wyzwań, takich jak zmiany klimatyczne, zmniejszające się zasoby naturalne oraz rosnąca ilość odpadów przemysłowych i konsumenckich. Produkty uboczne powstałe w wyniku przetwarzania żywności coraz częściej są postrzegane nie jako niepotrzebny balast, lecz jako cenne źródło składników bioaktywnych, które można ponownie wykorzystać w produkcji żywności funkcjonalnej [Shahidi i in. 2019, Hrelia i in. 2025].

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

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

* mwesolowska@ur.edu.pl

Produkty uboczne pochodzące z przetwórstwa owoców, zwłaszcza wytloki powstające podczas produkcji soków, zwracają szczególną uwagę nie tylko producentów żywności, ale też naukowców. Ich ponowne wykorzystanie może przyczynić się zarówno do ograniczenia strat surowcowych, jak i do poprawy wartości odżywczej finalnych produktów spożywczych [Kawecka i Galus 2021]. Czarna porzeczka (*Ribes nigrum* L.) to owoc o wysokim potencjale prozdrowotnym ceniony ze względu na dużą zawartość witaminy C, antocyjanów oraz innych przeciwutleniaczy [Jurgiel-Małecka i Buchwał 2016, Oczkowski 2021]. Jest szeroko wykorzystywana w przemyśle sokowniczym, a powstające w procesie produkcyjnym wytloki zawierające resztki mięszu, skórki i pestki stanowią potencjalnie wartościowy surowiec wtórny. Badania wskazują, że wytloki z czarnej porzeczki są bogatym źródłem naturalnych związków bioaktywnych takich jak polifenole, flawonoidy, witaminy, błonnik pokarmowy oraz naturalne barwniki, które zachowują właściwości antyoksydacyjne nawet po procesie suszenia [Michalska i in. 2017, Toscano Martinez i in. 2021].

Wzrost zainteresowania żywnością funkcjonalną i tzw. „clean label” sprawił, że coraz większą uwagę przykładą się do wzbogacania klasycznych prostych produktów spożywczych składnikami naturalnego pochodzenia, które wspierają zdrowie konsumentów. Dodatek suszonych wytlóków owocowych do produktów piekarniczych może nie tylko poprawić ich wartość odżywczą, ale również wpłynąć korzystnie na teksturę, barwę oraz stabilność oksydacyjną [Martins i in. 2017, Gómez i Martinez 2018, Melini i in. 2020].

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości zastosowania suszu z wytlóków czarnej porzeczki jako dodatku funkcjonalnego w produkcji ciastek kruchych. W szczególności skoncentrowano się na analizie właściwości antyoksydacyjnych produktów końcowych oraz ocenie ich parametrów teksturalnych i sensorycznych.

Materiał i metody

Materiał badany

Surowcem do wytworzenia materiału badanego były wytloki z owoców czarnej porzeczki (*Ribes nigrum* L.) powstałe jako produkt uboczny podczas produkcji soku. Owoce zebrano w pełni dojrzałości (ocena na podstawie zabarwienia – mocno granatowe przechodzące w czerń) w lipcu 2024 r. na plantacji własnej, w rejonie Sokołowa Młp. (woj. podkarpackie).

Otrzymywanie wytlóków

W celu uzyskania wytlóków porzeczkowych owoce z wodą w stosunku 1:1 gotowano na wolnym ogniu pod przykryciem przez około 30 min. Po tym czasie całość przecedzono przez sito kuchenne, a powstałą pulpę poddano dalszym zabiegom w dwóch wariantach:

- I. Pulpę poddano tłoczeniu za pomocą prasy ręcznej do owoców, a uzyskane wytloki suszono w suszarce laboratoryjnej w temp. 60°C do stałej masy (przez 8 godzin). Następnie materiał zmielono w młynku laboratoryjnym, a uzyskany proszek wykorzystano do wypieku ciastek.
- II. Pulpę poddano mrożeniu (-65°C) w niskich plastikowych pojemnikach przez 48 h. Następnie suszono próżniowo za pomocą liofilizatora przez 26 h (Alpha 1–2 LD plus, Martin Christ). Powstały susz zmielono w młynku laboratoryjnym i tak uzyskany proszek wykorzystano do wypieku ciastek.

Wypiek ciastek

Recepturę ciasta na ciastka kruche opracowano na podstawie przepisu opisanego przez Siemianowską i współpracowników [2016]. Składniki odważano zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli 1. Przygotowano wariant podstawowy jako próbę kontrolną (0) oraz próby badane, zastępując 10%, 20% oraz 30% mąki pszennej proszkiem z wytlóków z czarnej porzeczki. Wszystkie składniki połączono w naczyniu, a następnie wyrobiono ręcznie do uzyskania jednolitej konsystencji. Ciasto rozwałkowano na grubość ok 6 ± 2 mm, wykrojono ciastka za pomocą foremki i pieczono przez 15 min w temperaturze 180°C. Po upieczeniu ciastka pozostawiono do ostygnięcia na kratce. Tak przygotowane poddano dalszym analizom. Wykonano dwa warianty ciastek: I – z dodatkiem wytlóków suszonych konwekcyjnie (rysunek 1), II – z dodatkiem wytlóków liofilizowanych (rysunek 2).

Tabela 1. Skład ciastek kruchych z dodatkiem wytlóków z czarnej porzeczki

Dodatek wytlóków z czarnej porzeczki [%]	Skład surowcowy [g]				
	Mąka pszenna typ 450	Wytloki	Margaryna	Cukier puder	Żółtko
0	150	0	100	50	20
10	135	15	100	50	20
20	120	30	100	50	20
30	105	45	100	50	20



Rysunek 1. Ciastka z dodatkiem wytlóków suszonych konwekcyjnie



Rysunek 2. Ciastka z dodatkiem wytlóków liofilizowanych

K – próba kontrolna, 1 – ciastka z dodatkiem 10% wytlóków, 2 – ciastka z dodatkiem 20% wytlóków, 3 – ciastka z dodatkiem 30% wytlóków

Źródło: opracowanie własne

Przygotowanie ekstraktów do oznaczeń

Do czterech kolb stożkowych o pojemności 100 cm³ odważono po 1 g wytlóków porzeczkowych. Następnie do dwóch kolb dodano po 20 ml wody destylowanej, a do pozostałych dwóch po 20 ml 60% roztworu etanolu. Jedną próbkę z wodą i jedną z etanolem umieszczono w wytrząsarce na 15 minut/300 obr. Pozostałe kolby poddano ekstrakcji w łaźni ultradźwiękowej (Polsonic 10) o częstotliwości 40 kHz przez 20 minut. Po zakończeniu procesu ekstrakcji próbki przesączono przez bibułę filtracyjną i wykorzystano do dalszych analiz.

Ekstrakty z ciastek przygotowano w analogiczny sposób, ale wykorzystując 8 g ciastek (dla każdego wariantu) uprzednio rozdrobnionych w moździerzu.

Oznaczenie aktywności przeciwutleniającej i związków polifenolowych ogółem

Aktywność przeciwutleniająca

Analizę ciastek oraz wytlóków przeprowadzono zgodnie z procedurą zaproponowaną przez Ou i współpracowników [2005], z własnymi niewielkimi modyfikacjami, w następujący sposób, do 20 µl próbki dodano 180 µl odczynnika DPPH (0,1 mM). Po 30 minutach inkubacji w temperaturze pokojowej mierzono absorbancję prób badanych i próby ślepej względem metanolu za pomocą spektrofotometru Biotek EPOCH 2 przy długości fali 517 nm. Aktywność antyoksydacyjną wyrażono jako % inhibicji rodnika DPPH.

FRAP (*ferric reducing antioxidant power*) – zdolność do redukcji jonów żelaza

Analizę ciastek oraz wytlóków przeprowadzono zgodnie z procedurą zaproponowaną przez Firuzi i współpracowników [2005], z własnymi niewielkimi modyfikacjami, w następujący sposób, do 20 µl próbki dodano 180 µl odczynnika FRAP (2,5 ml 10 mM TPTZ w 40 mM HCl; 2,5 ml 20 mM FeCl₃ i 25 ml 0,3 M buforu octanowego o pH 3,6). Po 10 min inkubacji w temp. 37°C mierzono absorbancję względem próby ślepej przy długości fali 593 nm. Wyniki wyrażone w mmol troloksu na 100 g próbki (mmol TE/100 g próbki) obliczono na podstawie krzywej wzorcowej dla troloksu o wykresie funkcji $y = 0,0262x$.

TPC (*total phenolic content*) – całkowita zawartość polifenoli

Analizę ciastek oraz wytlóków przeprowadzono zgodnie z procedurą zaproponowaną przez Agbora i współpracowników [2014], z własnymi niewielkimi modyfikacjami, w następujący sposób, do 20 µl próbki, dodano 100 µl 10-krotnie rozcieńczonego odczynnika Folina i 80 µl 7,5% w/v roztworu Na₂CO₃. Po 60 min inkubacji w temperaturze pokojowej mierzono absorbancję względem próby ślepej przy długości fali 760 nm. Wyniki wyrażone w mg kwasu galusowego na 100 g próbki (g GAE/100 g próbki) obliczono na podstawie krzywej wzorcowej dla kwasu galusowego o wykresie funkcji $y = 0,0556x$.

Ocena tekstury ciastek

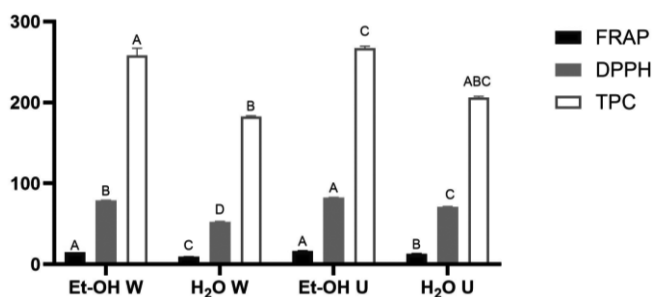
Analizę profilu teksturalnego (TPA – *Texture Profile Analysis*) ciastek wykonano za pomocą tekstuometru MECMESIN MultiTest 2.5i, stosując test podwójnego ściskania, który przeprowadzono przy użyciu głowicy o średnicy 30 mm z prędkością przesuwu 60 mm/min. do 70% odkształcenia próbek przy sile nacisku 0,2 N. Przy zastosowaniu testu TPA wyznaczono następujące parametry: sprężystość (N/mm), twardość (N), adhezyjność (N·mm), kohezyjność (Ratio), gumiałość (N). Testy przeprowadzono na trzech niezależnych ciastkach z każdego rodzaju po 24 godzinach od wypieku.

Analiza statystyczna wyników

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach, a wyniki przedstawiono jako średnie arytmetyczne oraz odchylenia standardowe. W celu oceny wpływu procentowego dodatku wyłoków do ciastek na wyniki parametrów tekstury wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA z zastosowaniem testu post-hoc Tukeya, uwzględniając poziom istotności $p < 0,05$. W celu sprawdzenia różnic pomiędzy wynikami tych samych wariantów ciastek w zależności od sposobu odwadniania wyłoków zastosowano test t-Studenta dla grup zależnych z uwzględnieniem poziomu istotności $p < 0,05$. Obliczenia wykonano w programie Statistica 13.1.

Wyniki i dyskusja

Aktywność przeciwutleniająca pulpy owocowej



Rysunek 3. Aktywność antyoksydacyjna (FRAP mm TE/100g ś.m.), przeciwrodnikowa (DPPH % inhibicji) i całkowita zawartość związków fenolowych (mg GAE/100g ś.m.) w pulpie owocowej

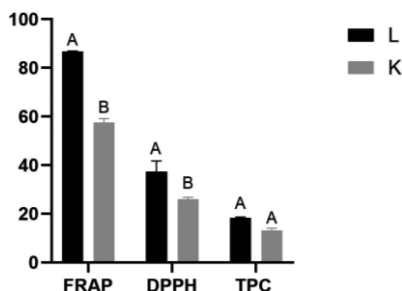
Et-OH W – ekstrakt etanolowy wspomagany wytrząsaniem, H₂O W – ekstrakt wodny wspomagany wytrząsaniem, Et-OH U – ekstrakt etanolowy wspomagany ultradźwiękami, H₂O U – ekstrakt wodny wspomagany ultradźwiękami. A, B, C, D – słupki oznaczone różnymi symbolami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie tego samego parametru (FRAP, DPPH, TPC)

Źródło: opracowanie własne

W celu optymalizacji ekstrakcji związków przeciwutleniających przygotowano cztery warianty ekstraktów z pulpy czarnej porzeczki: wodne i etanolowe (60%), wspomagane metodą klasycznego wytrząsania lub ultradźwiękami. Następnie oznaczono aktywność przeciwrodnikową (DPPH), antyoksydacyjną (FRAP) oraz całkowitą zawartość związków fenolowych (TPC), a wyniki przedstawiono na rysunku 3.

Przeprowadzone badania wykazały, że ekstrakty etanolowe charakteryzowały się istotnie ($p < 0,05$) wyższymi wartościami analizowanych parametrów w porównaniu do ekstraktów wodnych niezależnie od zastosowanej metody, co wskazuje na wyższą efektywność etanolu w izolowaniu związków biologicznie czynnych z badanego materiału. W konsekwencji w dalszych etapach eksperymentu stosowano 60% roztwór etanolu jako standardowy rozpuszczalnik do przygotowania ekstraktów. Według Blejan i współpracowników [2024] oraz Cacace i Mazzy [2003] ekstrakcja związków fenolowych z wyłoków czarnej porzeczki była najefektywniejsza przy użyciu 60% etanolu, dalszy wzrost jego stężenia do 80% obniżał skuteczność procesu. Uzyskane wyniki potwierdzają, że 60% roztwór etanolu to optymalny rozpuszczalnik przewyższający zarówno wodę, jak i etanol o wyższym stężeniu.

W dalszym etapie oceniono aktywność antyoksydacyjną (FRAP, DPPH) oraz zawartość polifenoli (TPC) w proszkach z wyłoków suszonych konwekcyjnie i liofilizowanych. Próbkki liofilizowane wykazały istotnie wyższe wartości wszystkich analizowanych parametrów (rysunek 4).



Rysunek 4. Aktywność antyoksydacyjna (FRAP mm TE/100g s.m.), przeciwrodnikowa (DPPH % inhibicji) i całkowita zawartość związków fenolowych (g GAE/100g s.m.) w suszach z wyłoków porzeczkowych uzyskanych na drodze liofilizacji (L) i suszenia konwekcyjnego (K)

A, B – słupki oznaczone różnymi symbolami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie tego samego parametru (L vs K)

Źródło: opracowanie własne

W próbkach liofilizowanych (L) potencjał redukcyjny oznaczony metodą FRAP wzrósł o 32%, natomiast zdolność do neutralizowania wolnych rodników mierzona testem DPPH była o 30% wyższa względem próbek suszonych konwekcyjnie (K), różnice te były statystycznie istotne ($p < 0,05$). Z kolei całkowita zawartość związków polifenolowych w próbkach L była o 21% wyższa i osiągnęła

wartość 18,40 g GAE/100 g s.m., jednak różnica ta nie była statystycznie istotna ($p > 0,05$). Uzyskane wyniki są porównywalne z danymi literaturowymi z badań przeprowadzonych przez Tańską i współpracowników [2016], którzy oznaczyli zawartość związków fenolowych w wyciekach z czarnej porzeczki na poziomie $20,35 \pm 0,15$ g GAE/100 g s.m.

Aktywność przeciwutleniająca ciastek z dodatkiem wycieków

Wyniki aktywności przeciwutleniającej ciastek z dodatkiem wycieków (DPPH, FRAP) oraz całkowitej zawartości związków fenolowych (TPC) przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki aktywności antyoksydacyjnej (DPPH i FRAP) i całkowitej zawartości polifenoli (TPC) w ciastkach kruchych z dodatkiem wycieków liofilizowanych i suszonych

Próbka	DPPH [% AA]	TPC [g GAE /100 g]	FRAP [mmol TE/100 g]
Ciastka z wyciekami liofilizowanymi (L)			
Kontrola U	$8,01 \pm 1,37^a$	$0,25 \pm 0,01^a$	$0,30 \pm 0,02^a$
10% U	$33,07 \pm 0,96^{*b}$	$1,01 \pm 0,08^{*b}$	$2,18 \pm 0,12^{*b}$
20% U	$47,16 \pm 0,96^{*c}$	$1,34 \pm 0,02^{*c}$	$5,40 \pm 0,09^{*c}$
30% U	$60,57 \pm 0,96^{*d}$	$1,46 \pm 0,04^{*d}$	$5,91 \pm 0,19^{*c}$
Kontrola W	$3,30 \pm 0,80^a$	$0,23 \pm 0,01^a$	$0,26 \pm 0,01^a$
10% W	$27,22 \pm 0,72^{*b}$	$0,71 \pm 0,05^{*b}$	$2,15 \pm 0,16^{*b}$
20% W	$39,72 \pm 2,49^{*c}$	$1,21 \pm 0,03^{*c}$	$4,76 \pm 0,12^{*c}$
30% W	$49,15 \pm 0,08^{*c}$	$1,31 \pm 0,02^{*c}$	$5,07 \pm 0,06^{*c}$
Ciastka z wyciekami suszonymi konwekcyjnie (K)			
Kontrola U	$2,21 \pm 1,28^a$	$0,24 \pm 0,01^a$	$0,27 \pm 0,07^a$
10% U	$22,11 \pm 1,42^{*b}$	$0,85 \pm 0,03^{*b}$	$2,09 \pm 0,06^{*b}$
20% U	$33,22 \pm 0,50^{*c}$	$1,02 \pm 0,07^{*c}$	$5,07 \pm 0,05^{*c}$
30% U	$36,98 \pm 0,28^{*c}$	$1,20 \pm 0,06^{*d}$	$5,58 \pm 0,13^{*c}$
Kontrola W	$1,61 \pm 0,14^a$	$0,194 \pm 0,01^a$	$0,18 \pm 0,01^a$
10% W	$17,79 \pm 0,99^{*b}$	$0,52 \pm 0,05^{*b}$	$2,08 \pm 0,05^{*b}$
20% W	$26,43 \pm 0,28^{*c}$	$0,81 \pm 0,08^{*c}$	$4,13 \pm 0,16^{*c}$
30% W	$34,22 \pm 0,64^{*c}$	$0,92 \pm 0,03^{*d}$	$4,95 \pm 0,37^{*c}$

* – próbki różnią się pomiędzy sobą istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie tych samych wariantów ciastek w zależności od sposobu suszenia wycieków (L:K); a, b, c, d – próbki oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie tego samego parametru (FRAP, DPPH, TPC)

U – ekstrakcja wspomagana ultradźwiękami, W – ekstrakcja wspomagana wytrząsaniem, 10–30% – udział wycieków

Źródło: opracowanie własne

Wyniki analizy DPPH, TPC i FRAP potwierdziły istotny wpływ rodzaju i ilości dodatku proszku z wycieków z czarnej porzeczki oraz metody ekstrakcji na właściwości prozdrowotne ciastek. Najwyższe wartości mierzonych parametrów odnotowano

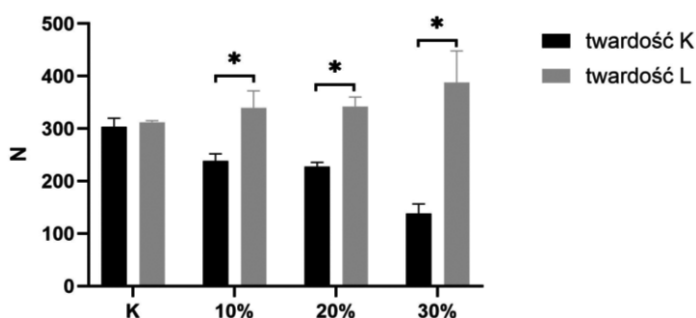
w próbkach z liofilizowanymi wytlókami poddanych ekstrakcji ultradźwiękowej (U). Już 10% dodatek liofilizatu zwiększał aktywność antyoksydacyjną ponad czterokrotnie, a 30% – ponad siedmiokrotnie. Podobny wzrost obserwowano dla TPC i FRAP, które osiągnęły maksimum przy 30% udziale liofilizatu (1,46 g GAE/100 g i 5,91 mmol TE/100 g). Podobne wyniki uzyskali Tańska i współpracownicy [2016], którzy odnotowali czterokrotny wzrost aktywności antyoksydacyjnej ciastek z dodatkiem wytlóków. Raczkowska i współpracownicy [2024] wykazali, że zwiększenie udziału wytlóków podnosi zawartość polifenoli i zdolność antyoksydacyjną (ABTS i ORAC) i wskazali na silną korelację tych parametrów. Jakobek i współpracownicy [2007] podkreślają, że antocyjaniny mogą stanowić nawet 56% polifenoli w czarnej porzeczce, co znacząco wpływa na jej potencjał antyoksydacyjny.

Ciastka z wytlókami suszonymi konwekcyjnie wykazywały wyższe wartości parametrów bioaktywnych niż próby kontrolne, lecz niższe niż te z dodatkiem liofilizatu, co sugeruje lepsze zachowanie związków fenolowych po liofilizacji. We wszystkich grupach wyższą skuteczność wykazywała ekstrakcja ultradźwiękowa w porównaniu do klasycznego wytrząsania (W), co potwierdza jej efektywność w uwalnianiu związków biologicznie czynnych.

Ocena tekstury

Ciastka z dodatkiem sproszkowanych wytlóków z czarnej porzeczki poddano również analizie tekstury metodą podwójnego zgniatania (TPA). Dodatek wytlóków suszonych konwekcyjnie obniżał twardość próbek z 303 N w próbie kontrolnej do $137,97 \pm 18,51$ N przy 30% udziale proszku. Odwrotną tendencję wykazywały próbki z dodatkiem suszu liofilizowanego, których twardość wzrastała wraz z udziałem surowca z 312 N (kontrola), osiągając wartość $387,62 \pm 60,50$ N przy 30% udziale proszku (rysunek 5). Dla porównania twardość ciastek z dodatkiem różnych tłuszczów według Żbikowskiej i współpracowników [2012] wynosiła 9–13 N, co wskazuje na znacznie mniej zwartą strukturę. Uzyskane wyniki potwierdzają, że dodatek liofilizowanych wytlóków powodował wyraźny wzrost twardości próbek, co może wynikać z ich bardziej porowatej struktury, lepszej zdolności do absorpcji wody oraz mniejszego stopnia degradacji składników strukturotwórczych w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym [Akcicek i in. 2023]. Adhezyjność ciastek wzrastała wraz z dodatkiem wytlóków suszonych, natomiast w próbkach z proszkiem liofilizowanym utrzymywała się na stałym poziomie ($0,03$ N·mm). Kohezyjność we wszystkich próbach była porównywalna (średnio $0,04$). Sprężystość ciastek malała wraz z dodatkiem wytlóków z $0,77$ mm (próba kontrolna) do $0,73$ mm (suszone konwekcyjnie) i $0,53$ mm (liofilizowane). Dodatek 30% wytlóków suszonych obniżał gumiaistość z $11/12$ N do $4,80 \pm 1,56$ N, natomiast ten sam udział proszku liofilizowanego zwiększał ją czterokrotnie do $20,20 \pm 13,42$ N (rysunek 6). Może to sugerować większe przesuszenie struktury wewnętrznej i trudniejszy powrót próbki do pierwotnego kształtu po deformacji.

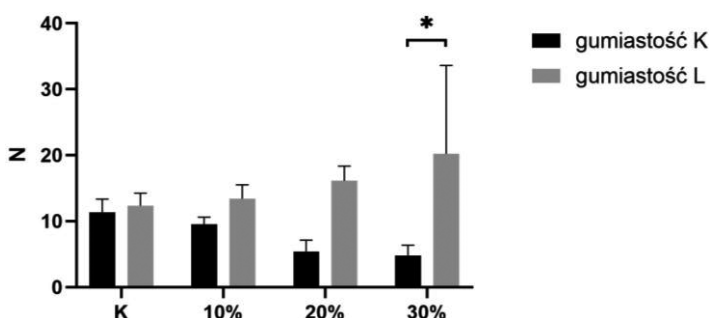
Takie wyniki są zgodne z danymi literaturowymi [Blanco Canalis i in. 2017], gdzie dodatki błonnikowe często pogarszały elastyczność wyrobów piekarniczych. Największe istotne różnice ($p < 0,05$) zaobserwowano w gumistości i twardości (odpowiednio o 76% i 64% wyższe w przypadku ciastek z liofilizatem). Mogą one wynikać z metod suszenia, które wpływają na strukturę i zawartość błonnika pokarmowego lub utratę części włókien strukturalnych i związków pektynowych podczas suszenia w wysokiej temperaturze, co osłabia zdolność ciasta do tworzenia trwałej sieci [Rabetafika i in. 2014].



Rysunek 5. Zmiany twardości ciastek w zależności od udziału dodatku proszku z wyłoków z czarnej porzeczki uzyskanego na drodze liofilizacji (L) i suszenia konwekcyjnego (K).

* próbki różnią się pomiędzy sobą istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w zależności od sposobu suszenia wyłoków (K vs L)

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 6. Zmiany gumistości ciastek w zależności od udziału dodatku proszku z wyłoków z czarnej porzeczki uzyskanego na drodze liofilizacji (L) i suszenia konwekcyjnego (K)

* – próbki różnią się pomiędzy sobą istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w zależności od sposobu suszenia wyłoków (K vs L)

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzone badania mają na celu nie tylko ocenę praktycznego zastosowania wyłoków porzeczkowych w produkcji żywności, ale także wpisują się w nurt gospodarki o obiegu zamkniętym i przeciwdziałanie marnowaniu

żywności. Wprowadzenie takich rozwiązań może przyczynić się do wzrostu innowacyjności w sektorze spożywczym oraz promocji żywności o podwyższonej wartości odżywczej.

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły opracować recepturę ciastek kruchych wzbogaconych proszkiem z wytlóków czarnej porzeczki suszonych konwekcyjnie oraz liofilizowanych. Liofilizacja wytlóków zapewniła wyższą zawartość w nich polifenoli i silniejszą aktywność przeciwutleniającą w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym. Dodatek proszku, niezależnie od metody suszenia, istotnie ($p < 0,05$) zwiększał zawartość związków fenolowych i zdolność antyoksydacyjną ciastek. Zwiększenie udziału proszku liofilizowanego powodowało wzrost twardości i gumistości produktu końcowego, natomiast proszek suszony konwekcyjnie obniżał te parametry. Ciastka z dodatkiem proszku liofilizowanego charakteryzowały się korzystniejszą teksturą i smakiem oraz uzyskały najwyższe oceny sensoryczne.

Bibliografia

- Agbor G., Vinson J., Donnelly P. (2014). Folin-Ciocalteu reagent for polyphenolic assay. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 3, 801.
- Akcicek A., Avcı E., Tekin Ç.Z., Kasapoglu M., Sagdic O., Karasu S. (2023). Influence of Different Drying Techniques on the Drying Kinetics, Total Bioactive Compounds, Anthocyanin Profile, Color, and Microstructural Properties of Blueberry Fruit. *ACS Omega*, 8 (44), 41603–41611.
- Blanco Canalis M.S., Steffolani M.E., León A.E., Ribotta P.D. (2017). Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (5), 1607–1615.
- Blejan A., Nour V., Corbu A., Popescu S. (2024). Recovery of phenolic compounds from wild bilberry, blackcurrant and blackberry pomaces by maceration and ultrasound-assisted extraction. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*, 69, 201–218.
- Cacace J.E., Mazza G. (2003). Optimization of Extraction of Anthocyanins from Black Currants with Aqueous Ethanol. *Journal of Food Science*, 68, 240–248.
- European Commission. (2020). A new Circular Economy Action Plan. Brussels.
- Firuzi O., Lacanna A., Petrucci R. (2005). Evaluation of the antioxidant activity of flavonoids by „ferric reducing antioxidant power” assay and cyclic voltammetry. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1721, 174–184.
- Gómez M., Martínez M.M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 2119–2135.
- Hrelia S., Barbalace M.C., Angelon C. (2025). Agri-Food Wastes as Natural Source of Bioactive Antioxidants—Third Edition. *Antioxidants*, 14, 198.
- Jakobek L., Šeruga M., Medvidović-Kosanović M., Novak I. (2007). Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht*, 103, 58–64.

- Jurgiel-Malecka G., Buchwał A. (2016). Charakterystyka składu chemicznego owoców porzeczki uprawianej w regionie Pomorza Zachodniego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6 (109), 90–101.
- Kawecka L., Galus S. (2021). Wytłoki owocowe – charakterystyka i możliwości zagospodarowania. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1/2021, 156–167.
- Martins Z., Pinho O., Ferreira I. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106–128.
- Melini V., Melini F., Luziatelli F., Ruzzi M. (2020). Functional Ingredients from Agri-Food Waste: Effect of Inclusion Thereof on Phenolic Compound Content and Bioaccessibility in Bakery Products. *Antioxidants*, 9, 1216.
- Michalska A., Wojdyło A., Lech K., Łysiak G.P., Figiel A. (2017). Effect of different drying techniques on physical properties, total polyphenols and antioxidant capacity of blackcurrant pomace powders. *LWT – Food Science and Technology*, 78, 114–121.
- Oczkowski M. (2021). Health-promoting effects of bioactive compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) berries. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 72 (3), 229–238.
- Ou B., Prior R.L., Huang D. (2005). The chemistry behind dietary antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841–1856.
- Rabetafika H.N., Bchir B., Aguedo M., Paquot M., Blecker C. (2014). Effects of Processing on the Compositions and Physicochemical Properties of Fibre Concentrate from Cooked Fruit Pomaces. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 749–760.
- Raczkowska E., Wojdyło A., Nowicka P. (2024). The use of blackcurrant pomace and erythritol to optimise the functional properties of shortbread cookies. *Sci. Rep.*, 15;14(1), 3788.
- Shahidi F., Varatharajan V., Oh W.Y., Peng H. (2019). Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. *Journal of Food Bioactives*, 5, 57–119.
- Siemianowska E., Radzymińska M., Aljewicz M., Tyburski J., Wesołowski A., Barszcz A. (2016). Wytłoki owocowe jako dodatek do kruchych ciastek. *Przemysł Spożywczy*, 70 (10), 41–45.
- Tańska M., Roszkowska B., Czaplicki S., Borowska E.J., Bojarska J., Dąbrowska A. (2016). Effect of Fruit Pomace Addition on Shortbread Cookies to Improve Their Physical and Nutritional Values. *Plant Foods in Human Nutrition*, 71, 307–313.
- Toscano Martinez H., Gagneten M., Diaz-Calderon P., Enrione J., Salvatori D., Schebor C., Leiva G. (2021). Natural food colorant from blackcurrant spray-dried powder obtained by enzymatic treatment: Characterisation and acceptability. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15011.
- Żbikowska A., Kowalska M., Rutkowska J. (2012). Zawartość fazy stałej jakoś i przydatność technologiczna szorteningów do produkcji ciast kruchych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 2 (81), 173–185.

The use of waste from blackcurrant juice production as a functional ingredient in shortbread cookies

Abstract: Blackcurrant pomace, although a by-product of the processing industry, has significant potential as a functional raw material due to its high content of bioactive compounds, including polyphenols. The aim of this work was to develop recipes for shortbread cookies enriched with powdered blackcurrant pomace, subjected to convective drying and freeze-drying, and to assess their antioxidant properties, phenolic compound content and texture parameters. The use of ultrasound-assisted extraction allowed for more effective determination of antioxidant activity than traditional shaking. Freeze-dried pomace showed a significantly higher level of polyphenols and antioxidant capacity (by 21–46%) compared to convectively dried pomace. The addition of pomace powder, regardless of the drying method used, significantly increased the antioxidant properties of the obtained products. Cookies containing freeze-dried pomace also showed higher hardness and gumminess, which may be related to the different structure of the material after freeze-drying.

