

Muffiny jako przykład upcyklingowych produktów piekarniczych – wybrane aspekty jakościowe i zdrowotne

Alicja Kulik

SKN Zarządzania Bezpieczeństwem w Organizacji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Ewa Biazik

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

e-mail: ewa.biazik@ue.wroc.pl

ORCID: [0000-0002-8167-8002](https://orcid.org/0000-0002-8167-8002)

© 2025 Alicja Kulik, Ewa Biazik

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji dostępna jest online na

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Kulik, A. i Biazik, E. (2025). Muffiny jako przykład upcyklingowych produktów piekarniczych – wybrane aspekty jakościowe i zdrowotne. *Nauki Inżynierskie i Technologie. Journal of Food and Engineering Sciences*, 41, 23-32.

DOI: [10.15611/nit.2025.41.03](https://doi.org/10.15611/nit.2025.41.03)

JEL: I3, L6

Streszczenie

Cel: Celem pracy było przedstawienie aktualnych danych literaturowych dotyczących możliwości wykorzystania produktów ubocznych pochodzących z przemysłu spożywczego w produkcji wyrobów piekarniczych typu muffiny oraz określenie wpływu tych dodatków na wybrane cechy jakościowe wzbogaconych produktów na podstawie istniejących już opublikowanych wyników badań.

Metodyka: W pracy zawarto przegląd literatury dotyczący zastosowania składników upcyklingowanych w produkcji wyrobów piekarniczych typu muffiny. W przeprowadzonym badaniu wykorzystano następujące bazy danych: WoS, Scopus i Google Scholar oraz raporty projektowe.

Wyniki: Praca opisuje aktualne badania dotyczące cech jakościowych muffin wzbogaconych w składniki niekonwencjonalne, takie jak liście kalafiora, sproszkowana skórka jabłka czy mąka z nasion słonecznika. Składniki te przeważnie są gorszej jakości niż składniki tradycyjne, dlatego też parametry technologiczne i sensoryczne produktów końcowych mogą odbiegać od wartości optymalnych. Z drugiej strony ich dodatek pozytywnie wpływa na niektóre inne atrybuty jakościowe, jak m.in. wartość odżywcza.

Implikacje i rekomendacje: Upcykling jest coraz popularniejszym sposobem na przeciwdziałanie marnotrawstwu żywności. Ulepszenie niektórych funkcji upcyklingowych muffin może być jednak wyzwaniem i wymaga dalszych badań z wykorzystaniem zaawansowanych technik analitycznych.

Oryginalność/wartość: Artykuł porządkuje wiedzę o dotychczasowym rozwoju nauki na temat wykorzystania w produkcji wyrobów piekarniczych typu muffiny produktów ubocznych pochodzących z sektora rolno-spożywczego, wskazując jednocześnie obszary wymagające dalszych badań empirycznych.

Słowa kluczowe: ocena jakości, żywność, zdrowie konsumentów, upcykling, muffiny

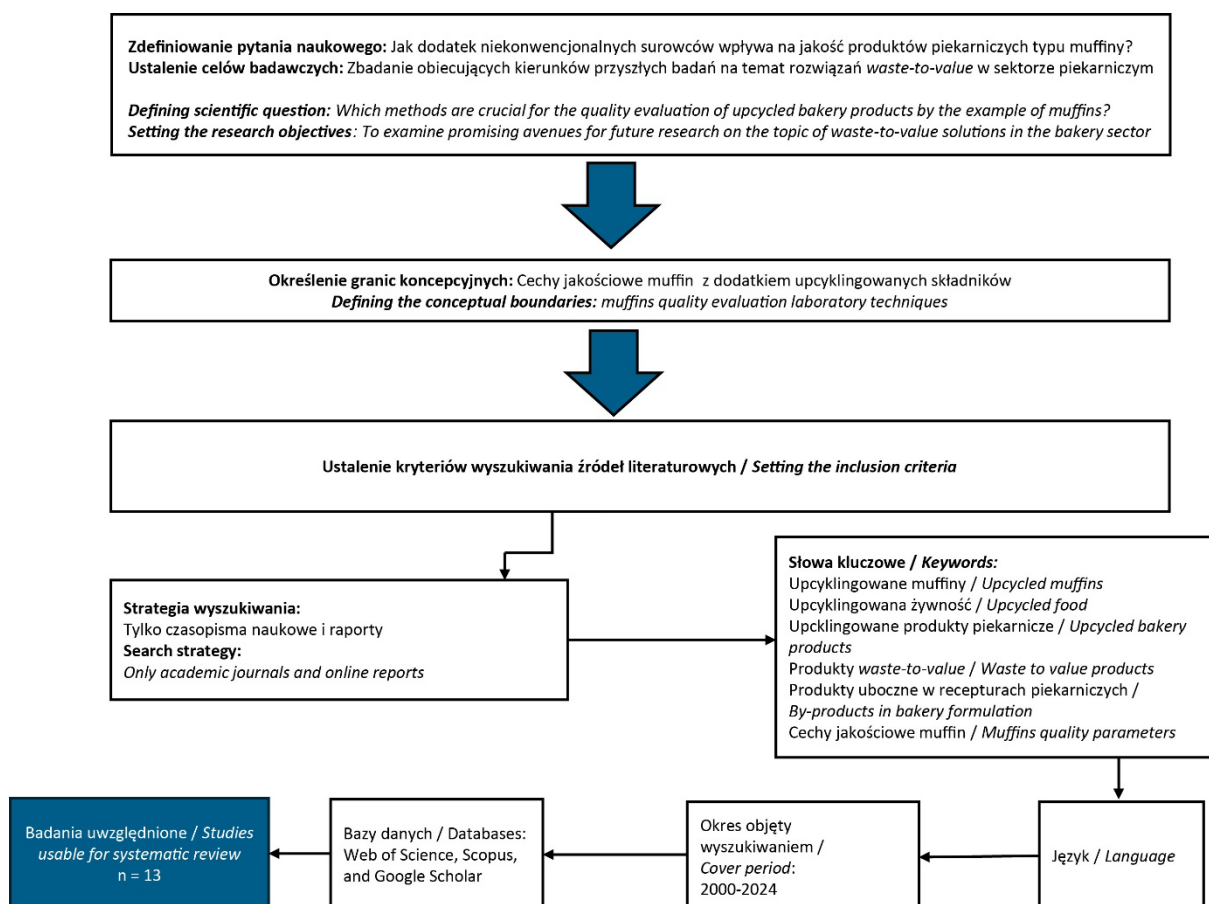
1. Wstęp

Ze względu na rosnący globalny popyt na żywność w ostatnich latach dużo uwagi poświęca się zagadnieniu marnotrawstwa żywności i możliwości redukcji tych strat dzięki wykorzystaniu produktów ubocznych w innych procesach produkcyjnych (Facchini i in., 2023). Raport FAO wskazuje, że jedna trzecia wyprodukowanej na świecie żywności jest marnowana, co odpowiada ilości 1,3 miliarda ton rocznie i stracie finansowej w przybliżeniu 1 biliona dolarów amerykańskich (Bangar i in., 2024; United Nations, 2015). Głównym wyzwaniem jest zmniejszenie ilości generowanych strat żywności w celu zagwarantowania bardziej zrównoważonego i sprawiedliwego wykorzystania zasobów naturalnych. Zasady gospodarki o obiegu zamkniętym zastosowane do strat żywności pozwoliły na identyfikację nowych koncepcji zrównoważonego zarządzania jadalnymi żywnościowymi produktami ubocznymi (Facchini i in., 2023). Z kolei agenda ONZ wskazuje nie tylko na poprawę wartości odżywczej żywności przy zrównoważonym wykorzystaniu zasobów naturalnych, ale również na potrzebę oddzielenia wzrostu gospodarczego od postępującej degradacji środowiska naturalnego (Bianchi i in., 2022; Food and Agriculture Organization of the United Nations, b.d.). Upcycling żywności lub jej składników minimalizuje ilość odpadów poprzez przekształcanie jadalnych produktów ubocznych w zrównoważone produkty żywnościowe (Serventi i McNeill, 2024).

Polska jest jednym z czołowych producentów i eksporterów wyrobów piekarniczych w Unii Europejskiej. W ostatniej dekadzie struktura asortymentu branży piekarniczej uległa znacznej przemianie. Konsumenci ograniczają spożycie chleba na rzecz innych produktów piekarniczych, takich jak pączki czy muffiny (Bankier.pl, 2024). Produkty uboczne przemysłu spożywczego (owocowo-warzywnego, przetwórstwa zbóż, roślin strączkowych, orzechów czy nasion oleistych) mogą być dodawane do produktów piekarniczych, co wpływa na zmianę właściwości fizykochemicznych i organoleptycznych czy wartości odżywczej wzbogaconych produktów (Shukla i in., 2024). Ze względu na skład chemiczny oraz bogactwo składników bioaktywnych często są wykorzystywane do tworzenia nowych produktów spożywczych lub wpływania na cechy jakościowe tych istniejących (Kaszuba i Pycia, 2022). Źródła literaturowe wskazują, że często udaje się podnieść jakość innowacyjnych produktów poprzez włączenie funkcjonalnych składników do produktów piekarniczych na poziomie około 10%. Te niekonwencjonalne składniki zwiększają wartość odżywczą produktów piekarniczych, ale również mogą pogorszyć niektóre cechy sensoryczne i technologiczne (Shukla i in., 2024). Celem artykułu była analiza dostępnej informacji naukowej na temat wpływu dodatku wybranych produktów ubocznych pochodzących z sektora spożywczego, określonych jako produkty upcyklingowane, na wybrane cechy jakościowe wyrobów piekarniczych typu muffiny.

2. Metodologia

W pracy zastosowano systematyczne podejście do przeglądu istniejącej literatury dotyczącej zagadnienia wpływu dodatku upcyklingowanych składników do receptur muffin na parametry jakościowe wyrobów finalnych. Systematyczny przegląd literatury pomaga wyjaśnić konkretne pytanie badawcze, pokazuje aktualne dowody w danej dziedzinie, identyfikuje główne luki badawcze i wskazuje kierunki przyszłych badań (Aschemann-Witzel i Stangherlin, 2021; Petticrew i Roberts, 2008). Schemat badań został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat badań literaturowych

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 1. Systematic review outline

Source: own study.

W pracy przeanalizowano opublikowane artykuły naukowe oraz raporty projektowe opisujące wpływ różnych dodatków będących produktami ubocznymi przemysłu rolno-spożywczego na parametry tekstury i barwy, aktywność antyoksydacyjną, wartość odżywczą oraz parametry sensoryczne wzbogaconych muffin.

3. Wpływ upcyklingowanych dodatków na parametry barwy i tekstury muffin

Spośród różnych cech jakościowych barwa skórki produktów piekarniczych jest jedną z krytycznych cech jakościowych, ponieważ jej wartość bezpośrednio wpływa na początkową akceptację konsumentów (Mundt i Wedzicha, 2007). Barwa powierzchni wyrobów piekarniczych jest konsekwencją reakcji brązowienia: karmelizacji cukrów i reakcji Maillarda. Gdy temperatura wypieku przekracza 100°C, aktywowane są reakcje brązowienia, dlatego skórka wyrobów staje się ciemniejsza (Broyart i in., 1998). Muffiny charakteryzują się również porowatą strukturą i gąbczastą teksturą. Cechy jakościowe produktów piekarniczych są mierzone m.in. przez oznaczenie zawartości wody, ocenę współczynnika porowatości oraz ocenę parametrów tekstury, które wynikają w znacznym stopniu z warunków wypieku (Ureta i in., 2014). W tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące wpływu dodatku niekonwencjonalnych upcyklingowanych składników na parametry barwy i tekstury muffin.

Tabela 1. Wpływ upcyklingowanych dodatków na parametry barwy i tekstury muffin

Table 1. The influence of upcycled additives on the color and texture parameters of muffins

Produkt/ Product	Wpływ dodatku na cechy produktu finalnego/ The impact of the additive on the characteristics of the final product	Źródło/ Source
Muffiny z dodatkiem upcyklingowanych sproszkowanych marchwi (CP)/ Waste carrot powder (CP) muffins	Parametr L* skórki i miększu muffin ryżowych (kontrolnych) był istotnie wyższy niż w muffinach wzbogaconych CP, podczas gdy wartości L* miększu i skórki muffin zmniejszyły się wraz z dodatkiem CP/ The crust and crumb lightness (L*) of rice muffins (control) were significantly higher than in CP enriched muffins, whereas the L* values of the muffin crumb and crust decreased with CP addition Dodatek CP istotnie obniżył twardość muffin/ The addition of CP in increasing percentages significantly decreased muffin hardness	Bas-Bellver i in., 2024
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych przetwórstwa migdałów/ Muffins with almond skin addition	Zaobserwowano istotne zróżnicowanie parametrów tekstury (żuwalność i twardość) między badaniami próbami i próbą kontrolną/ Significant differences in texture parameters (chewiness and hardness) were observed between the test samples and the control sample	Vuono i in., 2024
Muffiny z dodatkiem modyfikowanego enzymatycznie młota browarniczego (BSGB)/ Enzyme-modified brewers' spent grain muffin (BSGB)	Muffiny zawierające dodatek modyfikowanego enzymatycznie młota browarniczego (BSGB) miały niższe wartości parametru twardości w porównaniu z próbami z dodatkiem młota niemodyfikowanego oraz próbami kontrolnymi bez dodatku/ Baked BSGB-containing muffins had lower hardness values compared to non-modified BSG and control without added BSG	Cermeño i in., 2021
Muffiny z wytlókami z pomidorów/ Tomato pomace muffin	Dodatek wytlóków pomidorowych powodował obniżenie wartości parametru L* i zwiększenie wartości parametrów a* i b*/ Addition of tomato pomace was observed for decreasing effect on L* color value and increasing effect on a* and b* color values Dodatek wytlóków pomidorowych prowadził do zwiększenia twardości muffin/ Tomato pomace addition was found to increase the crumb firmness leading to lower hardness value in muffins Zaobserwowano, że dodanie wytlóków pomidorowych do muffin zwiększało wartości parametrów: żuwalności, spoistości, sprężystości/ Tomato pomace incorporation in muffin was observed to increase the value of chewiness, cohesiveness, springiness	Mehta i in., 2018
Muffiny z dodatkiem osadów z wina (WL)/ Wine lees (WL) muffins	Parametry L* i b* zmniejszyły się ($p < 0,05$) zarówno w skórce, jak i miększu po zastąpieniu tłuszczu osadem z wina, podczas gdy parametr a* istotnie wzrósł ($p < 0,05$)/ The L* and b* parameters decreased ($p < 0.05$), both in crust and crumb, following the substitution level of the fat with WL, while the a* parameter significantly increased ($p < 0.05$)	Bianchi i in., 2023
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych produkcji kimchi (KBP)/ Kimchi by products (KBP) muffins	Wysokość i objętość zmniejszyły się znacząco ($p < 0,05$) po dodaniu produktów ubocznych produkcji kimchi/ The height and volume decreased significantly ($p < 0.05$) with the addition of KBP Wartości koloru skórki i miększu muffin wykazały znaczące obniżenie wartości parametrów L*, a* i b* zarówno skórki, jak i miększu po dodaniu KBP/ The crust and crumb color values of the muffins revealed a significant decrease in L*, a*, and b* values of both the crust and crumbs, by adding KBP Próba kontrolna cechowała się najniższą twardością (412 N), a wraz ze wzrostem zawartości produktów ubocznych produkcji kimchi twardość wzrastała/ The control showed the lowest hardness value (412 N), and as the KBP content increased, the hardness values of the muffins gradually increased Sprężystość miększu muffin z dodatkiem produktów ubocznych produkcji kimchi była znacząco niższa niż próby kontrolnej/ The springiness of muffins with added KBP were significantly lower than in the controls	Heo i in., 2019

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

4. Wpływ upcyklingowanych dodatków na potencjał antyoksydacyjny muffin

Produkty uboczne sektora rolno-spożywczego mogą być źródłem znacznych ilości związków bioaktywnych, takich jak flawonoidy i karotenoidy, które wykazują działanie przeciwutleniające. Właściwości antyoksydacyjne flawonoidów i karotenoidów wynikają z ich zdolności do neutralizacji wolnych rodników, które łatwo reagują z kwasami tłuszczowymi obecnymi w błonach komórkowych, powodując procesy peroksydacji, zmniejszenie przepuszczalności i uszkodzenia białek błonowych, co w konsekwencji prowadzi do inaktywacji komórek (Vergara-Valencia i in., 2007). W tabeli 2 przedstawiono opis efektów zastosowania niekonwencjonalnych upcyklingowanych dodatków na potencjał antyoksydacyjny muffin.

Tabela 2. Wpływ upcyklingowanych dodatków na potencjał antyoksydacyjny muffin

Table 2. The influence of upcycled additives on the antioxidant potential of muffin

Produkt/ Product	Wpływ dodatku na cechy produktu finalnego/ The impact of the additive on the characteristics of the final product	Źródło/ Source
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych przetwórstwa migdałów/ Muffins with almond skin addition	Wyniki reakcji ekstraktów z muffin w kierunku inhibicji rodników DPPH i ABTS nie były spójne/ The results of the reaction of muffin extracts towards inhibition of DPPH and ABTS radicals were not consistent	Vuono i in., 2024
Muffiny z dodatkiem upcyklingowanej sproszkowanej marchwi/ Wastecarrot powder muffins	Zawartość cukru uległa obniżeniu, całkowita zawartość fenoli i aktywność antyoksydacyjna (DPPH) znacząco wzrosły po dodaniu sproszkowanej marchwi zarówno w miększu, jak i skórce w porównaniu z grupą kontrolną/ The reduced sugar content, total phenol content, and antioxidant activity (DPPH) significantly increased with CP addition in both the crumb and crust as compared to the control	Bas-Bellver i in., 2024
Muffiny z dodatkiem sproszkowanej skórki jabłek/ Apple skin powder muffin	Całkowita zawartość fenoli i całkowity potencjał antyoksydacyjny muffin korelował dodatnio z ilością sproszkowanej skórki jabłek włączonej do muffin/ Total phenolic content, and total antioxidant capacity of muffins were positively correlated to the amount of ASP incorporated into muffins	Vasantha Rupasinghe i in., 2009
Muffiny z mąki słonecznikowej poddanej recyklingowi/ Upycled sunflower flour muffin	Dodatek mąki słonecznikowej spowodował zależny od dawki znaczny wzrost aktywności przeciwutleniającej wzbogaconych muffin/ The addition of sunflower flour resulted in a dose-dependent significant increase in the antioxidant activity of the muffins	Grasso i in., 2021
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych produkcji kimchi (KBP)/ Kimchi by products muffins KBP	Aktywność przeciwutleniająca wyrażana jako zdolność do wymiatania kationorodnika DPPH przez dodatek produktów ubocznych z produkcji kimchi została zmierzona na poziomie 41,71%. Kontrola miała najniższą wartość aktywności antyoksydacyjnej, a wraz ze wzrostem zawartości przez dodatek produktów ubocznych z produkcji kimchi z 0% do 4% aktywność przeciwutleniająca DPPH wzrastała (24,87-37,56%)/ DPPH radical scavenging activity of KBP was measured as 41.71%. Control had the lowest antioxidant activity value, and as the KBP content increased from 0% to 4%, the DPPH radical scavenging activity of muffins gradually increased (24.87-37.56%)	Heo i in., 2019

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

5. Wpływ upcyklingowanych dodatków na wartość odżywczą muffin

Właściwości prozdrowotne i wartości odżywcze stały się kluczowymi elementami przy opracowywaniu nowych produktów ze względu na rosnącą świadomość konsumentów (Singh i in., 2017). Rozwój technologii wyrobów piekarniczych o wysokiej wartości odżywczej i niskiej zawartości cukru nie tylko może poszerzyć gamę specjalistycznych produktów żywieniowych, ale także urozmaicić asortyment dostępny na rynku (Ivanova i in., 2021). W tabeli 3 przedstawiono opis efektów zastosowania niekonwencjonalnych upcyklingowanych dodatków na wartość odżywczą muffin.

Tabela 3. Wpływ upcyklingowanych dodatków na wartość odżywczą muffin

Table 3. The influence of upcycled additives on the nutritional value of muffins

Produkt/ Product	Wpływ dodatku na cechy produktu finalnego/The impact of the additive on the characteristics of the final product	Źródło/ Source
Muffiny z dodatkiem osadów z wina (WL)/ Wine lees (WL) muffins	Zawartość białka i węglowodanów ogółem pozostała niezmienną pomiędzy różnymi wariantami. Jednak zawartość popiołu wzrosła wraz ze wzrostem poziomu osadów z wina w recepturze. Ten wzrost jest związany z obecnością makro- i mikroelementów, takich jak P, K, Mn, Zn, Ca i Mg w WL/ <i>The protein and total carbohydrate content remained unchanged between the different formulations. However, the ash content increased with increasing levels of WL in the recipe. This increase is related to the presence of macro- and micro-elements such as P, K, Mn, Zn, Ca, and Mg in WL</i> Zawartość tłuszczu w muffinach została pomyślnie zmniejszona z 13,14% dla próbki bez dodatku osadów z wina do 1,82% w próbce, gdzie zastąpiono olej rzepakowy osadem z wina w 100%/ <i>Muffin fat content was successfully reduced from 13.14% for sample ML0 to 1.82% in sample ML10</i>	Bianchi i in., 2023
Muffiny z dodatkiem mąki ze skórek ananasa (PPF)/ Pineapple peel flour muffin (PPF)	W przypadku dodatku mąki ze skórek ananasa wyższa zawartość błonnika całkowitego i nierozpuszczalnego/ <i>The PPF determined higher total and insoluble fiber contents</i>	Brigagão i in., 2021
Muffiny z dodatkiem sproszkowanej skórki jabłek (ASP)/Apple skin powder (ASP) muffin	Całkowita zawartość błonnika pokarmowego w muffinach znacząco wzrosła wraz ze wzrostem poziomu (0%, 8%, 16% i 24%) włączenia sproszkowanej skórki jabłek odmiany 'Idared'/ <i>The total dietary fibre content of muffins significantly increased with the level (0%, 8%, 16%, and 24%) of incorporation of ASP of 'Idared</i>	Vasanth Rupasinghe i in., 2009
Muffiny z mąki słonecznikowej poddanej recyklingowi/ Upcycled sunflower flour muffin	Rozpuszczalny błonnik pokarmowy był poniżej granicy wykrywalności. Zawartość nierozpuszczalnego błonnika pokarmowego i białka wzrosła wraz ze wzrostem zawartości mąki słonecznikowej. W wyniku dodania mąki słonecznikowej wszystkie minerały podlegające analizie znacznie wzrosły (z wyjątkiem sodu)/ <i>Soluble dietary fibre was below the limit of detection. The insoluble dietary fibre and protein content increased with increasing sunflower flour inclusion. As a result of the sunflower flour inclusion, all minerals subject to analysis significantly increased (except for sodium)</i> W przypadku czterech endogennych aminokwasów (kwas asparaginowy, glicyna, alanina, arginina) i trzech egzogennych aminokwasów (walina, metionina, leucyna) dodanie mąki słonecznikowej spowodowało znaczny wzrost zawartości aminokwasów/ <i>For four non-essential amino acids (aspartic acid, glycine, alanine, arginine) and three essential amino acids (valine, methionine, leucine), the addition of sunflower flour resulted in a significant amino acid increase</i>	Grasso i in., 2021
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych produkcji kimchi (KBP)/ Kimchi by-products (KBP) muffins	Zawartość białka i popiołu znacznie wzrosła wraz z dodatkiem produktów ubocznych produkcji kimchi. Muffinki zawierające dodatek produktów ubocznych produkcji kimchi miały wyższą zawartość błonnika (8,64-12,73%) niż kontrola (6,71%). Zgodnie z oczekiwaniami poziom błonnika pokarmowego wzrósł wraz ze wzrostem dodatku produktów ubocznych produkcji kimchi/ <i>Protein and ash increased significantly with the addition of KBP. The KBP containing muffins had a higher TDF content (8.64-12.73%) than the control (6.71%). As expected, the dietary fiber level increased with the increasing addition of KBP</i>	Heo i in., 2019

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

6. Wpływ upcyklingowanych dodatków na cechy sensoryczne muffin

Słodkie produkty piekarnicze, w tym muffiny, są wysoko cenione przez konsumentów ze względu na ich teksturę i charakterystyczny smak. Główne składniki muffin – mąka, cukier, tłuszcz i jaja – odgrywają ważną rolę w jakości końcowego produktu (Ureta i in., 2014).

W tabeli 4 przedstawiono opis efektów zastosowania niekonwencjonalnych upcyklingowanych dodatków na cechy sensoryczne muffin.

Tabela 4. Wpływ upcyklingowanych dodatków na cechy sensoryczne muffin

Table 4. The influence of upcycled additives on the sensory characteristics of muffins

Produkt/ Product	Wpływ dodatku na cechy produktu finalnego/ The impact of the additive on the characteristics of the final product	Źródło/ Source
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych przetwórstwa migdałów/ Muffins with almond skin addition	Próby z dodatkiem wykazały znacznie wyższe wyniki oceny sensorycznej niż próby kontrolne, przy czym wzrost zawartości skórki migdałów wpłynął na takie cechy jak brązowienie, gorzki smak, posmak i smak migdałowy, podczas gdy zaobserwowano niższe oceny smaku słodkiego/ The samples with almond skin addition showed significantly higher sensory evaluation scores than the control samples, with an increase in almond skin content affecting attributes such as browning, bitterness, aftertaste and almond flavour, while a reduction in sweetness was observed	Vuono i in., 2024
Muffiny z dodatkiem wyłoków z pomidorów/ Tomato pomace muffin	Wyniki uzyskane od panelistów sensorycznych wskazały, że muffiny na bazie pomidorów były bardziej atrakcyjne pod względem koloru. Tekstura muffin była nieco mniej akceptowalna niż w próbkach kontrolnych/ Scores obtained from sensory panelist indicated that tomato based muffins were more appealing in terms of color. Texture of muffin was slightly less acceptable than control samples	Mehta i in., 2018
Muffiny z dodatkiem produktów ubocznych produkcji kimchi (KBP)/ Kimchi byproduct powder (KBP) muffin	Wynik akceptacji dla smaku zmniejszał się wraz ze wzrostem stosunku produktów ubocznych produkcji kimchi, ze znaczącą różnicą między próbami z dodatkiem produktów ubocznych z produkcji kimchi 3 i 4 w porównaniu z kontrolą/ The acceptance score for flavor decreased as the ratio of KBP increased, with a significant difference between KBP 3 and 4 compared to the control	Heo i in., 2019
Muffiny z dodatkiem destylowanych wyłoków z winogron (DGPP)/ Destilated grape pomace (DGPP) muffin	Dodatek destylowanych wyłoków winogron wpłynął na cechy sensoryczne wszystkich wyróżników zapachu oraz smak muffin. Smak owocowy był pozytywnie skorelowany z dodatkiem destylowanych wyłoków winogron/ The DGPP inclusion affected all aromas' sensory attributes and muffins' taste. Fruitiness was positively correlated with the addition DGPP	Bianchi i in., 2022
Muffiny z dodatkiem osadów wina (WL)/ Muffins with wine lees (WL)	Zastąpienie oleju osadem z wina. Włączenie WL wpłynęło na niemal wszystkie cechy sensoryczne związane z aromatem i smakiem produktu/ The replacement of oil with WL significantly influenced most of the selected sensory attributes, The WL's inclusion affected almost all aroma- and taste-based sensory attributes	Bianchi i in., 2023
Muffiny z dodatkiem wyłoków z marchwi i buraka/ Muffins enriched with carrot and beetroot byproducts	Zastąpienie mąki pszennej mąką z wyłoków marchwiowych i buraczanych w ilościach 10% i 20% nie wpływa istotnie na cechy sensoryczne muffin/ The replacement of wheat flour with carrot and beetroot pomace flour in the amounts of 10% and 20% does not significantly affect the sensory characteristics of the muffins	Bajraktari i in., 2024
Muffiny z dodatkiem liści kalafiora/ Cauliflower leaves muffin	Stwierdzono dopasowanie oceny cech sensorycznych produktów wzbogaconych do poziomu wskazanych wartości parametrów oczekiwanych przez respondentów/ Slight differences between consumer assessment and consumer expectations	Wrocławskie Centrum Akademickie, b.d.

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

7. Zapewnienie bezpieczeństwa w stosowaniu upcyklingowanych składników w produkcji muffin

Produkty uboczne pochodzące z przemysłu spożywczego z jednej strony mogą być źródłem składników o potencjalnym działaniu prozdrowotnym, a z drugiej – źródłem zagrożenia dla zdrowia konsumentów. Produkty uboczne wykorzystywane w recepturach nowych produktów spożywczych powinny spełniać te same normy bezpieczeństwa, które mają zastosowanie do zwykłych produktów spożywczych. Obecne regulacje dotyczące bezpieczeństwa żywności nie uwzględniają w wystarczającym stopniu produktów ubocznych przetwórstwa spożywczego. Na przykład Rozporządzenie Komisji (UE) 2018/62, które wymienia środki spożywcze, do których stosuje się maksymalne poziomy pozostałości pestycydów, nie wspomina o produktach ubocznych (Rozporządzenie Komisji (UE) 2018/62). Z kolei analizując treść Rozporządzenia Komisji (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych, można poczynić podobne obserwacje, z wyjątkiem serwatki i niektórych produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego (Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2073/2005). Natomiast nowe rozporządzenie ustalające maksymalne poziomy niektórych zanieczyszczeń wskazuje na produkty przetworzone, ale bezpośrednio nie wskazuje na produkty upcyklingowane (Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915). W związku z tym produkty uboczne przetwórstwa spożywczego nie znajdują się obecnie na listach ani w załącznikach do prawodawstwa UE określających kryteria bezpieczeństwa (Rao i in., 2021).

8. Dyskusja i wnioski

W ramach wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju w praktyce gospodarczej zagospodarowanie produktów ubocznych przemysłu spożywczego oraz ich recykling stanowią wyzwanie na przyszłe lata. Produkty uboczne z sektora rolno-spożywczego mogą znacząco podnieść wartość wyrobów piekarniczych, w tym także muffin, które są coraz częściej wybierane przez polskich konsumentów. Substancje bioaktywne zawarte w surowcach upcyklingowanych są istotne pod kątem kształtowania wartości odżywczej oraz innych cech jakościowych wzbogaconych w nie produktów finalnych. Przytoczone źródła literaturowe wskazują, iż dodatek produktów ubocznych pochodzących z sektora rolno-spożywczego poprawia właściwości fizykochemiczne, odżywcze i sensoryczne muffin.

Modyfikacje receptur muffin poprzez dodatek alternatywnych składników mogą stanowić skuteczną strategię rozszerzania oferty rynkowej na produkty piekarnicze o działaniu prozdrowotnym. Z drugiej strony stosowanie nowych składników w recepturach tych produktów może również wpłynąć na ich cechy technologiczne i sensoryczne, co wymaga dalszych badań konsumenckich. Istotnym problemem we wdrażaniu technologii opartej na składnikach upcyklingowanych jest również brak wystarczających regulacji dotyczących bezpieczeństwa stosowania tych wyrobów. Podczas ponownego przetwarzania produktów ubocznych poziom zagrożeń biologicznych, chemicznych czy fizycznych może wzrosnąć, dlatego warto zastosować konwencjonalne i nowoczesne metody oceny ryzyka przed wprowadzeniem na rynek wyrobów wzbogaconych w upcyklingowane składniki.

Bibliografia

- Aschemann-Witzel, J. i Stangherlin, I. D. C. (2021). Upcycled By-Product Use in Agri-Food Systems from a Consumer Perspective: A Review of What We Know, and What Is Missing. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120749.
- Bajraktari, F., Stamatovska, V., Nakov, G., Lukinac, J., Kalevska, T. i Nedelkoska, D. N. (2024). Sensory Characteristics of Muffins Enriched with Carrot and Beetroot By-Products. *Journal of Hygienic Engineering & Design*, 47, 11-19.
- Bangar, S. P., Chaudhary, V., Kajla, P., Balakrishnan, G. i Phimolsiripol, Y. (2024). Strategies for Upcycling Food Waste in the Food Production and Supply Chain. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 104314.

- Bankier.pl. (2024, 11 maja). *Polska chlebem stoi. Jesteśmy jednym z czołowych producentów wyrobów piekarskich w UE*. <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Polska-chlebem-stoi-Jestesmy-jednym-z-czolowych-producentow-wyrobow-piekarskich-w-UE-8743059.html>
- Bas-Bellver, C., Barrera, C., Betoret, N., Seguí, L. i Harasym, J. (2024). IV-Range Carrot Waste Flour Enhances Nutritional and Functional Properties of Rice-Based Gluten-Free Muffins. *Foods*, 13(9), 1312.
- Bianchi, F., Cervini, M., Giuberti, G. i Simonato, B. (2023). The Potential of Wine Lees as a Fat Substitute for Muffin Formulations. *Foods*, 12(13), 2584.
- Bianchi, F., Cervini, M., Giuberti, G., Rocchetti, G., Lucini, L. i Simonato, B. (2022). Distilled Grape Pomace as a Functional Ingredient in Vegan Muffins: Effect on Physicochemical, Nutritional, Rheological and Sensory Aspects. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(8), 4847-4858.
- Brigagão, T. C. S., Fortes, R. R., Lourenço, C. O., Carvalho, E. E. N., Cirillo, M. Â., Nachtigall, A. M. i Vilas Boas, B. M. (2021). Optimization of Gluten-Free Muffins Made with Pineapple Peel, Banana Peel, and Pumpkin Seed Flours. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(12), e16037.
- Broyart, B., Trystram, G. i Duquenoy, A. (1998). Predicting Colour Kinetics During Cracker Baking. *Journal of Food Engineering*, 35(1), 351-368.
- Cermeño, M., Dermiki, M., Kleekayai, T., Cope, L., McManus, R., Ryan, C., Félix, M., Flynn, C. i Fitzgerald, R. J. (2021). Effect of Enzymatically Hydrolysed Brewers' Spent Grain Supplementation on the Rheological, Textural and Sensory Properties of Muffins. *Future Foods*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100085>
- Facchini, F., Silvestri, B., Digiesi, S. i Lucchese, A. (2023). Agri-Food Loss and Waste Management: Win-Win Strategies for Edible Discarded Fruits and Vegetables Sustainable Reuse. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103235.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (b.d.). *Technical Platform on the Measurement and Reduction of Food Loss and Waste (TPFLW)*. <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/>
- Grasso, S., Pintado, T., Pérez-Jiménez, J., Ruiz-Capillas, C. i Herrero, A. M. (2021). Characterisation of Muffins with Upcycled Sunflower Flour. *Foods*, 10(2), 426. <https://doi.org/10.3390/foods10020426>
- Heo, Y., Kim, M. J., Lee, J. W. i Moon, B. (2019). Muffins Enriched with Dietary Fiber from Kimchi By-Product: Baking Properties, Physical–Chemical Properties, and Consumer Acceptance. *Food Science & Nutrition*, 7(5), 1778-1785.
- Ivanova, N. G., Nikitin, I. A., Rodionova, S. N., Krasnova, E. A. i Makharov, Z. I. (2021, September). Iodine and Iron Fortified Muffin Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 848(1), 012014.
- Kaszuba, J. i Pycia, K. (2022). Zagospodarowanie produktów ubocznych przemysłu spożywczego w produkcji żywności o potencjale prozdrowotnym. *Przemysł Spożywczy*, 76(9), 30-37.
- Mehta, D., Prasad, P., Sangwan, R. S. i Yadav, S. K. (2018). Tomato Processing Byproduct Valorization in Bread and Muffin: Improvement in Physicochemical Properties and Shelf Life Stability. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2560-2568.
- Mundt, S. i Wedzicha, B. (2007). A Kinetic Model for Browning in the Baking of Biscuits: Effects of Water Activity and Temperature. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 40, 1078-1082.
- Petticrew, M. i Roberts, H. (2008). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. John Wiley & Sons.
- Rao, M., Bast, A. i De Boer, A. (2021). European Private Food Safety Standards in Global Agri-Food Supply Chains: A Systematic Review. *International Food and Agribusiness Management Review*, 24(5), 739-754.
- Rozporządzenie Komisji (UE) 2018/62 z dnia 17 stycznia 2018 r. zastępujące załącznik I do rozporządzenia (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0062>
- Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:02023R0915-20240722>
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r. w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2005/2073/oj/pol>
- Serventi, L. i McNeill, J. (2024). Upcycling Aquafaba and Liluva (Food Processing Wastewater of Legumes) into New Value-Added Products. *Current Opinion in Food Science*, 101197.
- Shukla, D., Tewari, B. N., Trivedi, S. P., Dwivedi, S., Kumar, V. i Tiwari, V. (2024). Quality and Functional Attributes of Muffins with Incorporation of Fruit, Vegetable, and Grain Substitutes: A Review. *Journal of Applied and Natural Science*, 16(1), 344-355.
- Singh, B., Singh, A. K., Raju, P. N. i Rani, R. (2017). Nutritional Value and Physical Properties of Eggless Muffin. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 6(2), 1309-1314.
- United Nations. (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>
- Ureta, M. M., Olivera, D. F. i Salvadori, V. O. (2014). Quality Attributes of Muffins: Effect of Baking Operative Conditions. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 463-470.

- Vasanth Rupasinghe, H. P., Wang, L., Pitts, N. L. i Astatkie, T. (2009). Baking and Sensory Characteristics of Muffins Incorporated with Apple Skin Powder. *Journal of Food Quality*, 32(6), 685-694. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00275.x>
- Vergara-Valencia, N., Granados-Pérez, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J. i Bello-Pérez, L. A. (2007). Fibre Concentrate from Mango Fruit: Characterization, Associated Antioxidant Capacity and Application as a Bakery Product Ingredient. *LWT-Food Science and Technology*, 40(4), 722-729. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.02.028>
- Vuono, L. F., Sicari, V., Mincione, A., Tundis, R., Pino, R., Badalamenti, N., Bruno, M., Sottile, F., Piacente, S., Settanni, L. i Loizzo, M. R. (2024). Reuse of Almond Skin to Formulate a New Gluten- and Lactose-Free Bakery Product. *Foods*, 13(23), 3796. <https://doi.org/10.3390/foods13233796>
- Wrocławskie Centrum Akademickie. (b.d.). Projekt FAST. Żywność z recyklingu. <https://fastprojektzr.ue.wroc.pl>

Muffins as an Example of Upcycled Bakery Products – Selected Quality and Health Aspects

Abstract

Aim: The aim of the study was to present current research data on the possibility of using food by-products in the production of bakery products, such as muffins, and to determine the effect of these additives on selected quality parameters of these enriched products.

Methodology: The paper provides a review of literature on the use of upcycled ingredients in the production of bakery products, such as muffins. The following databases were used in the study: WoS, Scopus and Google Scholar, as well as project reports.

Results: The paper describes current research on the quality characteristics of muffins enriched with unconventional ingredients, such as cauliflower leaves, apple peel powder or sunflower seed flour. These ingredients are usually of lower quality than traditional ingredients, which is why the technological and sensory parameters of final products may differ from optimal values. On the other hand, the addition of these ingredients positively affects some other quality attributes, such as nutritional value.

Implications and recommendations: Upcycling is an increasingly popular way to combat food waste. However, improving some of the functions of upcycled muffins can be a challenge and requires further research using advanced analytical techniques.

Originality/value: The article summarizes the state of the art on the use of upcycled ingredients in the production of bakery products, such as muffins, at the same time indicating areas requiring further empirical research.

Keywords: quality assessment, food, consumer health, upcycling, muffins
