

DOMINIKA KACZMAREK, MARTA POKORA-CARZYŃSKA,
JANUSZ KAPUŚNIAK

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA WYBRANYCH BIAŁEK POCHODZENIA ROŚLINNEGO W SYPKICH PRODUKTACH TYPU INSTANT

Streszczenie

Wprowadzenie. Rosnące zainteresowanie dietą roślinną prowadzi do dynamicznego rozwoju rynku produktów alternatywnych wobec tradycyjnej żywności pochodzenia zwierzęcego. Produkty roślinne są coraz częściej wybierane przez konsumentów poszukujących korzystnych dla zdrowia opcji żywieniowych. Jednocześnie obserwuje się wyraźny wzrost popytu na żywność wygodną, taką jak produkty typu instant, które charakteryzują się łatwością przygotowania, długim okresem trwałości oraz możliwością zastosowania w różnych warunkach konsumpcji – zarówno domowych, jak i poza domem. W efekcie wzrasta potrzeba opracowywania nowych receptur produktów, które łączą zalety obu tych kategorii, a więc żywności pochodzenia roślinnego oraz żywności wygodnej, w tym produktów instant. Ważnym trendem na rynku żywnościowym są także rosnące oczekiwania konsumentów względem jakości, składu oraz funkcjonalności produktów spożywczych. W szczególności w produktach typu instant kluczową rolę odgrywa tzw. prosty skład, również w obrębie składników zapewniających stabilność i dobrą rozpuszczalność, co ma istotne znaczenie m.in. w przypadku zabielaaczy do kawy.

Wyniki i wnioski. Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania wybranych białek roślinnych – grochu, ryżu, ciecierzycy, konopi i słonecznika – jako składników w innowacyjnych produktach typu instant. Przeanalizowano ich właściwości fizykochemiczne oraz sposoby modyfikacji w celu poprawy cech funkcjonalnych. Szczególny nacisk położono na aspekty technologiczne oraz potencjał zastosowania tych białek jako naturalnych emulgatorów w roślinnych odpowiednikach zabielaaczy do kawy i zup. Zebrane informacje mogą przyczynić się do opracowania nowych zamienników białek zwierzęcych w żywności instant.

Słowa kluczowe: białka roślinne, emulgatory, zabielaacze, proszki instant, żywność wegańska

Wprowadzenie

Rynek żywności wygodnej, w tym produktów typu instant nieprzerwanie się rozwija. Wynika to z wielu czynników, wśród których dominującym jest potrzeba szyb-

Mgr D. Kaczmarek ORCID: 0009-0006-3525-2496, dr inż. M. Pokora-Carzyńska ORCID: 0009-0003-0880-4556, prof. dr hab. J. Kapuśniak ORCID: 0000-0003-2592-5512, Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, ul. Waszyngtona 4/8 42-200 Częstochowa Kontakt e-mail: j.kapusniak@ujd.edu.pl

kiego i łatwego przygotowania posiłków w domu, przy ograniczonym nakładzie pracy, czasu i energii. Tendencja ta jest widoczna u osób reprezentujących różne grupy społeczne o zróżnicowanym statusie ekonomicznym, zarówno studentów, pracowników mieszkających tymczasowo, czy współdzielących mieszkanie, nastolatków, singli, a także osób starszych. Na wzrost spożycia żywności instant wpływa zatem postępująca urbanizacja, rozpad tradycyjnego systemu rodziny wielopokoleniowej, wygoda i potrzeba zapewniania sobie czasu wolnego i odpoczynku, zmieniający się styl życia oraz rosnący poziom dochodów [5, 34, 48]. Jednocześnie wzrasta świadomość społeczeństwa i potrzeba zrównoważonej konsumpcji, opierająca się na wyborze produktów wykorzystujących naturalne i przyjazne dla środowiska składniki [10, 11, 46]. Efektem tego jest obserwowane wśród konsumentów zainteresowanie roślinnymi alternatywami żywności, czego wyrazem jest rosnąca popularność żywności wegańskiej i wegetariańskiej [26, 75]. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się napoje roślinne, które stanowią alternatywę dla mleka krowiego. Według danych firmy Nielsen (2020), wartość rynku napojów roślinnych w Polsce osiągnęła 253 mln zł, co czyni go największym segmentem w kategorii produktów wegańskich. Tak wysoka wartość sprzedaży świadczy o rosnącym zapotrzebowaniu konsumentów na produkty bez składników odzwierzęcych. Na podstawie raportu Innova Market Insights można zaobserwować, że w latach 2018–2022 odnotowano wzrost spożycia produktów wegańskich w Polsce o 36 %, co znacznie przewyższa średnią europejską wynoszącą 17 %. Ponadto 27 % konsumentów zadeklarowało zwiększenie spożycia produktów roślinnych, a co piąty respondent regularnie sięga po tego typu żywność. Dane te podkreślają potrzebę rozwoju i doskonalenia innowacyjnych składników roślinnych, które mogą znaleźć zastosowanie w funkcjonalnych produktach spożywczych [54].

W komponowaniu żywności na bazie roślin największą uwagę koncentruje się na odpowiedniej podaży składników odżywczych, zwłaszcza białek [17]. Do produktów będących najlepszym źródłem białka roślinnego zalicza się grupę nasion roślin strączkowych, tj.: groch, fasola, ciecierzycę, ziarna zbóż, np.: jęczmień, ryż, orzechy, pestki czy nasiona roślin oleistych, jak rzepak czy słonecznik [12, 27, 67].

Stopniowe zwiększanie udziału żywności pochodzenia roślinnego o wysokiej zawartości białka w rynku może być pożądane z wielu względów: dla utrzymania równowagi środowiskowej, niższych kosztów produkcji i dostępności, względów etycznych, zaspokojenia wyższego popytu konsumentów [46]. Trend ten wymaga jednak rozwijania technologii otrzymywania białek roślinnych i projektowania nowych produktów na bazie roślinnych zamienników [32, 48]. Dodatkowym wyzwaniem jest odpowiednie wykorzystanie funkcjonalnych właściwości tych składników żywności, co umożliwiłoby producentom lepsze dostosowanie się do oczekiwań konsumentów. Szczególną uwagę skierować należy na cieszącą się wciąż rosnącą popularnością żywność wygodną, zarówno tą minimalnie przetworzoną, jak i produkty typu instant. War-

to podkreślić, że nieustający rozwój technologii i technik przetwarzania żywności odzwierciedla się w ciągłym ewoluowaniu żywności wygodnej [5, 70]. Można ją opisać w trzech generacjach. To już nie tylko utożsamiana z wysokim przetworzeniem, żywność wygodna pierwszej generacji, jak sterylizowane i pasteryzowane konserwy czy produkty suszone, ale także zaliczane do drugiej i trzeciej generacji produkty, otrzymywane z wykorzystaniem nowoczesnych metod utrwalania. W tej grupie mieszczą się gotowe zestawy obiadowe, dania dla dzieci czy świeże potrawy chłodzone [44, 52]. W ich produkcji stosowane są: techniki aseptyczne, pakowanie w atmosferze modyfikowanej, pakowanie próżniowe, techniki mikrofalowe albo kombinacje różnych metod, jak *cook-chill*, *sous-vide*. Takie postępowanie pozwala na lepsze zachowanie zarówno składników odżywczych, jak i tych biologicznie aktywnych, przy jednoczesnym zagwarantowaniu bezpieczeństwa mikrobiologicznego [70]. Dodatkowo, obecność w wybranych produktach substancji o udokumentowanym korzystnym oddziaływaniu na organizm, jak: karotenoidy, likopen, flawonole, antocyjanidyny, błonnik pokarmowy, oligosacharydy, kwas linolowy, czy estry steroli roślinnych, nadaje żywności wygodnej charakter funkcjonalny [50, 74]. Aspekt ten jest istotny, zwłaszcza w kontekście badań pokazujących, że w krajach o wysokiej świadomości konsumpcji, blisko połowa żywności jest kupowana ze względów zdrowotnych [25].

Celem niniejszej pracy był przegląd wybranych białek roślinnych jako potencjalnych składników innowacyjnych produktów typu instant. Szczególną uwagę poświęcono omówieniu ich właściwości funkcjonalnych oraz możliwości zastosowania jako alternatywy dla białek pochodzenia zwierzęcego w produktach spożywczych, takich jak zabielače do kawy i zup. Analizie poddano białka grochu, ryżu, ciecierzycy, konopi i słonecznika ze względu na ich dobrą dostępność rynkową, rosnące znaczenie w przemyśle spożywczym, korzystny profil aminokwasowy oraz właściwości funkcjonalne istotne w kontekście żywności wygodnej, w tym produktów instant.

Metodologia badań

Artykuł przygotowano z wykorzystaniem metody systematycznego przeglądu literatury. Dane do analizy pozyskiwano z elektronicznych baz bibliograficznych, jak Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar i źródeł wtórnych oraz darmowych raportów dostępnych online. Kryteria wyszukiwania obejmowały pojęcia kluczowo związane z prezentowaną tematyką, np.: białka roślinne, żywność wegańska, emulgatory, zabielače, proszki/produkty instant, ograniczone ramami czasowymi do lat 2005-2025. Kompletny zbiór danych na potrzeby niniejszego przeglądu objął ponad 80 publikacji naukowych, z czego około 98 % stanowiły publikacje anglojęzyczne. Tematyka podjętej analizy jest ściśle związana z pracą nad projektem badawczym pt. *Opracowanie innowacyjnych wegańskich produktów typu instant z wykorzystaniem alternatywnych emulgatorów, w tym białek roślinnych, wzbogaconych preparatem*

blonnikowym ze skrobi o właściwościach prebiotycznych finansowanym w ramach projektu NCBiR (NUTRITECH1/0038/2022).

Kierunki i trendy w produkcji żywności wygodnej – żywność typu instant

Ważne miejsce w obszarze żywności wygodnej zajmuje żywność instant. Obejmuje ona produkty spożywcze odwodnione, które zostały wstępnie przetworzone lub poddane obróbce termicznej w taki sposób, aby wymagały minimalnego przygotowania przed spożyciem. Najczęściej występują one w postaci proszków. Atutami produktów instant są: duża dostępność, łatwe przechowywanie, wygodny transport oraz szybkie przygotowanie posiłku poprzez dodanie wody [6]. Do tej kategorii należą: napoje instant, mleko w proszku, zupy, sosy, desery oraz koktajle [60]. Niewątpliwie jednak produktom tym przypisuje się współodpowiedzialność za skłonność społeczeństwa do ponadnormatywnego spożywania energii, tłuszczów nasyconych i izomerów trans, soli oraz cukru. Ponadto są one często identyfikowane jako bogate w dodatki do żywności, niepożądane przez współczesnych konsumentów [74]. Dlatego dominującym trendem są działania mające na celu opracowywanie produktów instant o tzw. czystej etykiecie oraz komponowanie ich receptur w sposób umożliwiający uzyskanie dodatkowych korzyści zdrowotnych wynikających z ich spożywania [44]. Przykładem może być kakao instant wzbogacone w witaminy i składniki mineralne, zupy instant wzbogacone w błonnik pokarmowy, czy produkty mleczne w proszku wzbogacone w wapń lub probiotyki [20, 60]. Z tego względu korzystną cechą produktów typu instant jest duża elastyczność i różnorodność w doborze składników, co pozwala na dostosowanie cech organoleptycznych, wartości odżywczych i właściwości funkcjonalnych do preferencji konsumentów z różnych regionów świata. Żywność taka odpowiada także na globalne trendy, takie jak rosnące zapotrzebowanie na produkty zdrowe i funkcjonalne [60]. Zmiany w nawykach żywieniowych stanowią ważny czynnik wzrostu zapotrzebowania na produkty żywnościowe typu instant. Według badań przeprowadzonych przez Liew i wsp. [29] popularność żywności instant wynika z połączenia czynników związanych z wygodą, marketingiem, estetyką opakowań, bezpieczeństwem żywności oraz zmieniającymi się preferencjami konsumentów co do jakości spożywanej przez nich żywności. Innowacyjne podejście do tworzenia produktów oraz skuteczne strategie marketingowe mogą przyczynić się do dalszego wzrostu popytu na tego typu żywność.

Proces produkcji żywności typu instant polega na bezpośrednim mieszaniu składników w postaci wysuszonej lub połączeniu ich w formie płynnej, a następnie poddaniu procesowi suszenia. Suszone proszki mogą być dodatkowo aglomerowane celem ujednolicenia wielkości cząstek i poprawy rozpuszczalności.

Należy podkreślić, że produkty odwodnione, w tym żywność typu instant, mają także liczne zalety ekonomiczne. Przede wszystkim, kiedy obniża się zawartość wody w produkcie, zmniejszeniu ulega jego objętość i masa [23, 37]. Woda stanowi znaczną

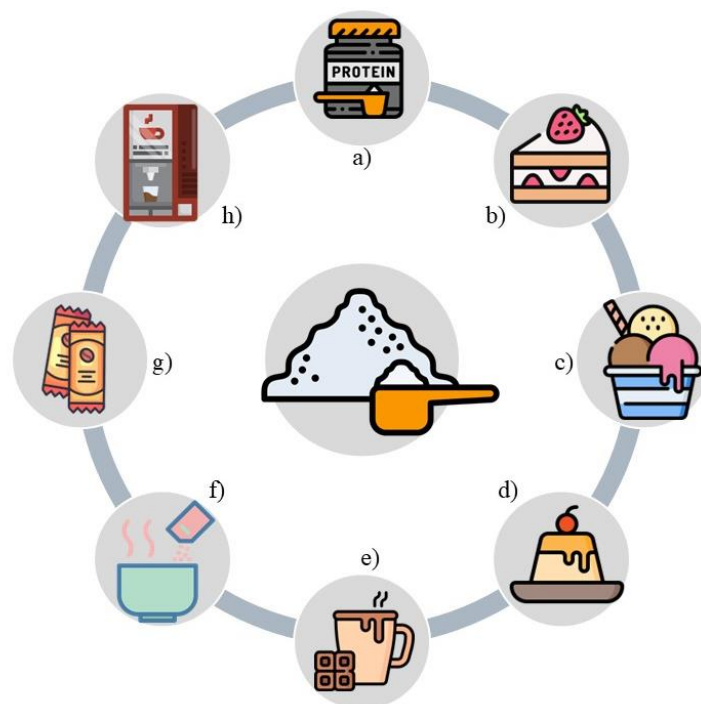
część masy wielu produktów spożywczych, co wiąże się z dodatkowymi kosztami ich transportu. Zatem proces odwodnienia przyczynia się nie tylko do poprawy efektywności logistycznej, ale również obniżenia kosztów transportu, co jest szczególnie istotne w kontekście globalnej dystrybucji żywności [62]. Kolejnym istotnym aspektem jest wpływ odwodnienia na aktywność wody w produkcie, która w znacznym stopniu determinuje trwałość żywności. Zmniejszenie aktywności wody w produktach instant nie tylko poprawia ich stabilność mikrobiologiczną, ale także zwiększa ich odporność na zanieczyszczenia, co wydłuża okres przydatności do spożycia. W efekcie produkty odwodnione zyskują na trwałości i stają się łatwiejsze w przechowywaniu, co sprawia, że są one bardziej dostępne i opłacalne zarówno dla producentów, jak i konsumentów [61].

Zabielacze

Znaczącą grupę produktów typu instant stanowią zabielacze. Mleczne zabielacze w formie sproszkowanej są używane jako alternatywa dla świeżego mleka lub śmietanki. Kluczowymi odbiorcami tych produktów są branże związane z produkcją żywności i napojów, w tym przemysł kawowy, cukierniczy oraz producenci żywności instant. W przemyśle kawowym zabielacze odgrywają istotną rolę jako składnik automatycznych systemów serwujących napoje, w których ich stabilność, łatwość przechowywania i szybka rozpuszczalność są kluczowymi zaletami. W gastronomii i produkcji spożywczej stosuje się je jako składniki zup, sosów i gotowych dań instant, które muszą cechować się długim okresem przydatności do spożycia, zachowując jednocześnie pożądane właściwości sensoryczne [24]. Produkty spożywcze zawierające substancje zabielające w proszku przedstawiono na Ryc. 1. Zabielacze instant należą do kategorii żywności wygodnej, co oznacza, że ich przygotowanie jest szybkie i nieskomplikowane [60]. Jedną z głównych zalet sproszkowanych zabielaczy jest dłuższy okres trwałości w porównaniu z ich świeżymi odpowiednikami [24].

Co więcej, rosnąca popularność diet roślinnych i bezlaktozowych przyczyniła się do wzrostu zainteresowania alternatywnymi zabielaczami na bazie roślinnej, co pokazuje, że rynek tych produktów ewoluje zgodnie z oczekiwaniami konsumentów [10, 11, 15]. Pomimo kontrowersji związanych z wykorzystywaniem zabielaczy w proszku, to właśnie ich funkcjonalność, wygoda, szerokie zastosowanie, ciągle udoskonalanie składu recepturowego oraz dążenie do „zielonej etykiety” (ang. „*green label*”) sprawiają, że zapotrzebowanie na zabielacze wciąż pozostaje wysokie i stabilne [11, 56, 68]. Analizy rynkowe wskazują na dynamiczny rozwój sektora bezmlecznych zabielaczy w skali globalnej. Zgodnie z najnowszymi badaniami przeprowadzonymi przez QYResearch, wartość tego rynku wzrośnie z 4,94 miliarda dolarów w 2022 roku do 6,79 miliarda dolarów w 2029 roku, co oznacza średni roczny wzrost na poziomie 4,6 % w okresie 2023 ÷ 2029. Wahania rynkowe obserwowane w ostatnich latach były

w dużej mierze wynikiem złożonych uwarunkowań makroekonomicznych, w tym wpływu pandemii COVID-19 oraz konfliktu rosyjsko-ukraińskiego [58].



Rycina 1. Produkty spożywcze zawierające substancje zabielające w proszku

Figure 1. Food products containing powdered creamers

Objaśnienia / Explanatory notes:

a) odżywki białkowe; b) ciasta i kremy instant; c) lody i mrożone desery; d) desery w proszku np. budynie, panna cotta; e) gotowe mieszanki do kakao i gorącej czekolady; f) zupy instant – zwłaszcza w kremowych wersjach np. pieczarkowa, serowa; g) kawa instant np. gotowe mieszanki cappuccino, latte lub 3 w 1; h) kawa mleczna z automatu

a) protein supplements; b) instant cakes and creams; c) ice cream and frozen desserts; d) powdered desserts, e.g. puddings, panna cotta; e) ready-made mixes for cocoa and hot chocolate; f) instant soups – especially in the form of creams, e.g. a mushroom, cheese soup; g) instant coffee, e.g. ready-made cappuccino, latte or 3-in-1 mixes; h) milk coffee from a vending machine

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na produkty spożywcze o bardziej naturalnym składzie prowadzone są intensywne badania naukowe mające na celu ograniczenie lub całkowitą eliminację dodatków syntetycznych oraz zastąpienie ich substancjami pochodzenia naturalnego [56].

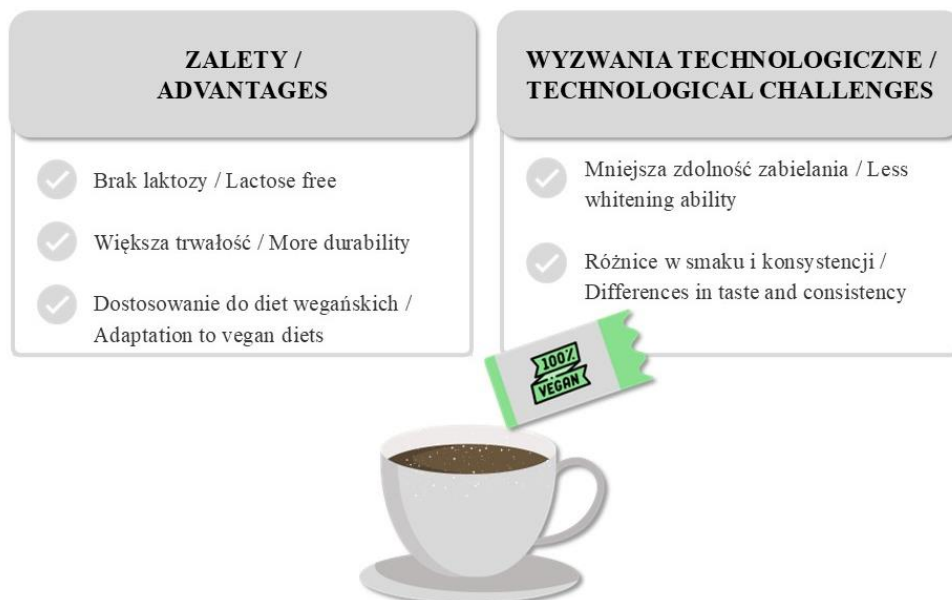
W przypadku zabielaaczy do napojów kluczowe jest zachowanie odpowiednich właściwości funkcjonalnych, takich jak wysoka rozpuszczalność oraz stabilność

w środowisku wodnym. Po rozpuszczeniu w gorących napojach, takich jak kawa, nie powinny one wykazywać tendencji do koagulacji ani tworzenia osadu na dnie naczynia [49]. Oprócz właściwości fizykochemicznych, szczególną uwagę zwraca się na cechy organoleptyczne, obejmujące smak, zapach oraz teksturę gotowego napoju. Zdolność efektywnego zabielenia, czyli nadawania pożądanej barwy bez niekorzystnego wpływu na walory smakowe, jest jedną z najważniejszych cech determinujących akceptowalność produktu przez konsumentów [24]. Dlatego też współczesne badania koncentrują się na opracowywaniu takich formułacji, które będą zawierały naturalne składniki, a jednocześnie spełniały wysokie wymagania sensoryczne oraz funkcjonalne.

Alternatywy dla tradycyjnej śmietanki do kawy są obecne na rynku od lat 50. XX wieku. Ich skład opiera się głównie na tłuszczach roślinnych, kazeinianie sodu lub izolacie białka sojowego, a także stabilizatorach, substancjach słodzących, emulgatorach, aromatach i barwnikach [56]. Kazeinian sodu jest szeroko stosowany w zabieleniach do kawy ze względu na swoje właściwości emulgujące, zdolność nadawania odpowiedniej konsystencji oraz efektywne właściwości zabielające. Dodatkowo przyczynia się do uzyskania smaku zbliżonego do produktów mlecznych, co zwiększa akceptację sensoryczną wśród konsumentów [15].

Niemniej w ostatnich latach obserwuje się rosnącą potrzebę opracowywania zamienników zwyczajowej śmietanki do kawy, na bazie wyłącznie surowców pochodzenia roślinnego. Wynika to z wielu względów, takich jak: bezpieczeństwo mikrobiologiczne, mniejsze ograniczenia kulturowe i religijne w porównaniu z surowcami pochodzenia zwierzęcego, rosnące zapotrzebowanie na produkty wegetariańskie i wegańskie [26]. Ponadto produkcja surowców roślinnych jest postrzegana jako bardziej zrównoważona z punktu widzenia środowiskowego i rolniczego, wszechstronna i tańsza [46]. Zalety oraz wyzwania technologiczne wegańskich zabielaaczy do kawy przedstawiono na Ryc. 2.

Obserwowane trendy konsumpcji i zakupów wskazują wyraźnie, że żywność pochodzenia roślinnego będzie stanowić coraz większą część diety populacji [17]. Fakt ten uwydatnia pilną potrzebę modyfikacji składu produktów spożywczych. Zastąpienie białek mlecznych ich odpowiednikami pochodzenia roślinnego stanowi jednak duże wyzwanie technologiczne. Wynika to z różnic w strukturze molekularnej, wielkości, kształcie oraz rozpuszczalności białek roślinnych i mlecznych [78]. Choć białko nie stanowi głównego składnika śmietanek do kawy, odgrywa istotną rolę w kształtowaniu ich właściwości funkcjonalnych. Obecność białek wpływa na lepkość, stabilność emulsji oraz trwałość roztworu po rozpuszczeniu w gorących napojach, co bezpośrednio wpływa na odczucia sensoryczne konsumentów [15].



Rycina 2. Zalety i wyzwania technologiczne wegańskich zabielaaczy do kawy w proszku
 Figure 2. Advantages and technological challenges of vegan powdered coffee creamers

W badaniach Goldego i Schmidt [15] wykazano, że zabielaacze do kawy zawierające białka roślinne w postaci izolatu białka pszenicy i izolatu białka sojowego, charakteryzowały się wyższą lepkością oraz stabilnością emulsji w porównaniu z produktami na bazie białek mlecznych, zawierającymi kazeinian sodu lub koncentrat białka serwatkowego. Zdolność do stabilizowania emulsji wynika z amfifilowych właściwości białek roślinnych, które tworzą trwałe warstwy na powierzchni cząsteczek tłuszczu, zapobiegając ich koalescencji. Dodatkowo zaobserwowano, że izolat białka sojowego korzystnie wpływa na kształtowanie konsystencji i smaku zabielaaczy, zbliżonego do produktów mlecznych, zwiększając tym samym ich akceptację sensoryczną. Jednak skuteczność zabielenia śmietanek do kawy na bazie białek roślinnych okazała się znacznie mniejsza niż w przypadku śmietanek wykonanych z białek mlecznych. Sugeruje to, że zarówno stabilność emulsji, jak i jej wpływ na barwę są istotnymi czynnikami wpływającymi na właściwości sensoryczne tych produktów.

Próby otrzymywania roślinnych zabielaaczy podjęli w swoich badaniach Mostafa i wsp. [41], oceniając możliwości zastosowania białek roślinnych pochodzących z ciecierzycy i białej fasoli, w postaci sproszkowanej aquafaby. Autorzy wykazali, że aquafaba z fasoli cechuje się lepszą płynnością oraz rozpuszczalnością, co przekładało się na niższą higroskopijność w porównaniu z proszkiem ciecierzycy. Warto również podkreślić, że dodanie proszku aquafaby do kawy rozpuszczalnej (w stężeniu 1 % s.m./100 cm³) prowadziło do wzrostu zawartości białka o 15 %, co korzystnie

wpłynęło na wartość odżywczą produktu, przy czym nie zaobserwowano wpływu na zabielenie napoju. Z kolei obydwie badane dodatki białkowe korzystnie oddziaływały na wzmacnianie i stabilność piany.

Podjęmowane dotychczas próby modyfikacji składu zabielaaczy obejmują także możliwość zastępowania kazeinianu sodu niebiałkowymi składnikami, zaliczanymi do naturalnych emulgatorów. Przykładem jest znany ze swych właściwości powierzchniowo-czynnych, ekstrakt z kory drzewa *Quillaja saponaria* [63]. Saponiny *Quillaja* wprowadzone do modelowych śmietanek do kawy skutecznie stabilizują emulsje olej - woda, nadając im odpowiednie właściwości reologiczne oraz stabilność w warunkach symulujących dodatek do kawy. Ingrediencja modelowej śmietanki do gorącej czarnej kawy skutkowała powstaniem zabielenych napojów o wyglądzie i barwie zbliżonych do tych uzyskanych z użyciem komercyjnej śmietanki [11]. W procesie tworzenia emulsji typu olej w wodzie, przeznaczonych do użycia jako płynne śmietanki do kawy, korzystne właściwości wykazała również lecytyna sojowa [10]. Jednak zastosowanie naturalnych roślinnych emulgatorów, takich jak saponiny z *Quillaja saponaria* czy lecytyna sojowa, wiąże się ze spadkiem jasności emulsji proporcjonalnie do wzrostu stężenia emulgatorów, co wynika z ich naturalnej barwy (zwiększone pochłanianie światła) oraz zmniejszenia rozmiaru kropli (ograniczone rozpraszanie). Niemniej po dodaniu do kawy emulsje zachowały stabilność fizyczną, nie wykazując separacji faz ani wzrostu cząstek. Jednocześnie ich zdolność zabielenia naparu czarnej kawy okazała się porównywalna z emulsjami na bazie kazeinianu sodu, co pozwoliło stwierdzić, że zarówno saponiny z *Quillaja saponaria*, jak i lecytyna sojowa są efektywnymi naturalnymi emulgatorami, zdolnymi do tworzenia emulsji o pożądanych właściwościach fizycznych, co ma znaczenie w kontekście rosnącego zainteresowania produktami roślinnymi [9, 10].

Problematykę zabielaaczy na bazie surowców roślinnych podjęli również Mohammed i wsp. [39]. W opracowaniu funkcjonalnej, bezmlecznej śmietanki do kawy wykorzystano mikrokapsułkowany olej z czarnuszki (*Nigella sativa*). Opracowany produkt wykazywał korzystne właściwości, takie jak odpowiednia barwa, lepkość i wartość pH. Dodatkowo, wyniki oceny sensorycznej wskazały na pozytywną akceptację śmietanki do kawy przez konsumentów.

Charakterystyka i właściwości funkcjonalne wybranych białek roślinnych jako potencjalnych komponentów żywności typu instant

Białka stanowią jeden z głównych i niezbędnych składników diety człowieka, odgrywający kluczową rolę w wielu procesach biologicznych. Dobowa podaż białka powinna wynosić 10 ÷ 15 % rekomendowanego dziennego spożycia energii. Jednak dla prawidłowego funkcjonowania całego organizmu ważna jest nie tylko ilość, ale także jakość dostarczanego białka, tzn. stopień pokrycia zapotrzebowania na amino-

kwasy egzogenne [8]. Poziomy niezbędnych aminokwasów w wybranych białkach roślinnych w porównaniu z białkiem wzorcowym FAO przedstawia Tabela 1. Mimo że skład aminokwasowy białek roślinnych jest różny w kontekście potrzeb człowieka, to ich połączenie z różnych źródeł pozwala pokryć zapotrzebowanie na aminokwasy egzogenne.

Dodatkowym walorem większości omawianych białek roślinnych jest ich relatywnie niski potencjał alergizujący, zwłaszcza w porównaniu z białkami mleka krowiego [31]. Ponadto niektóre białka roślinne wykazują aktywność biologiczną, jak: przeciwutleniająca czy przeciwdrobnoustrojowa [21, 65, 77].

Tabela 1. Porównanie zawartości aminokwasów egzogennych w nasionach wybranych roślin wysoko-białkowych wyrażona w g/16 g N

Table 1. Comparison of essential amino acids contents in seeds of selected high-protein plants expressed in g/16 g N

Aminokwas / Amino acid	Groch / Pea [31]	Ryż / Rice [31]	Ciecierzycza / Chickpea [59]	Konopia / Hemp [76]	Słonecznik / Sunflower [51]	Białko wzorcowe / Protein standard WHO/FAO/UNU 2007 [80]
Walina (Val)	2,7	2,8	3,6	5,4	3,8	3,9
Leucyna (Leu)	5,7	5,8	7,0	7,0	7,4	5,3
Izoleucyna (Ile)	2,3	2,0	4,1	3,8	3,3	3,0
Metionina + Cysteina (Met+Cys)	0,3	2,0	2,9	2,6	2,4	2,2
Fenylalanina + Tyrozyna (Phe+Tyr)	3,7	3,7	9,6	4,8	8,2	3,8
Tryptofan (Trp)	0,8	1,2	1,1	1,1	1,2	0,6
Treonina (Thr)	2,5	2,3	3,6	4,8	4,9	2,3
Lizyna (Lys)	4,7	1,9	7,7	4,0	3,8	4,5
Suma aminokwasów egzogennych / The sum of essential amino acids	22,7	19,4	39,6	33,5	35,0	25,6

Poza aspektem odżywczym, istotne jest ujęcie technologicznego wykorzystania białek roślinnych jako dodatków kształtujących cechy reologiczne i organoleptyczne żywności. W tym kontekście nadrzędną rolę odgrywają ich właściwości funkcjonalne, jak zdolność do tworzenia emulsji i pian, żelowanie, zagęszczanie czy wiązanie wody lub tłuszczu [8, 46].

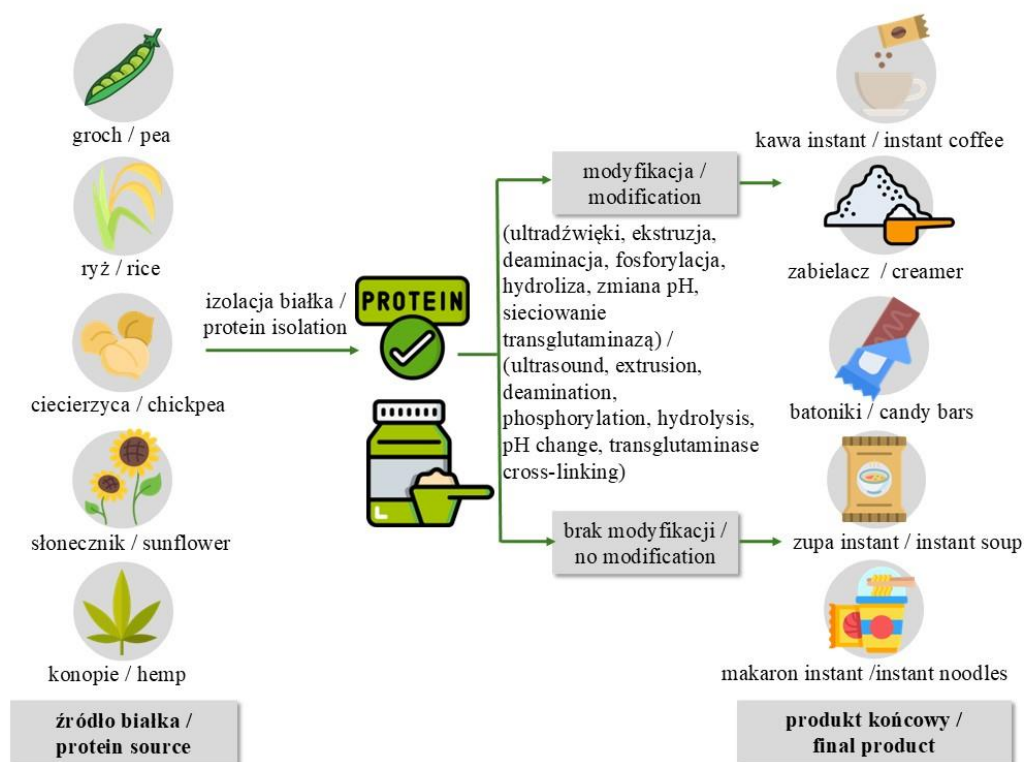
Jednak główne ograniczenie szerokiego zastosowania białek roślinnych w przetwórstwie żywności stanowi ich słaba rozpuszczalność w wodzie, podatność na zmiany pH, działanie temperatury czy siły jonowej [7, 77]. Białka roślinne najczęściej składają

się z kilku frakcji różniących się wartością punktów izoelektrycznych (pI), jak np. białko z siemienia lnianego, soi czy grochu, co w znacznej mierze determinuje ich funkcjonalność technologiczną [1, 28, 45]. Przemysł przetwórczy dysponuje trzema rodzajami roślinnych surowców białkowych: koncentraty, izolaty i mąki. Średnio zawierają one odpowiednio od 50 do 60 %, powyżej 80 % i około 20 % białka [67].

Szersze wykorzystanie technologiczne białek roślinnych z różnych źródeł pozwoliłoby nie tylko na rozwój segmentu roślinnych analogów żywności, ale także nowych, atrakcyjnych produktów spożywczych, odpowiadających na potrzeby współczesnego konsumenta, np.: żywność wygodna, instant (Ryc. 3).

W konsekwencji przyczyni się to do zwiększenia dostępności białek i udziału białek roślinnych w diecie człowieka. Osiągnięcie tego celu możliwe jest poprzez opracowywanie i rozwój technologii nowych produktów oraz technik przetwarzania żywności. Istotną rolę będą odgrywały modyfikacje białek roślinnych mające na celu poprawę ich właściwości funkcjonalnych [27].

Dużym zainteresowaniem wśród producentów żywności cieszy się możliwość zastosowania białek roślinnych jako naturalnych emulgatorów. Aby białko było skutecznym emulgatorem, powinno być absorbowane na granicy faz olej - woda, a następnie tworzyć stabilną warstwę wokół kropelek tłuszczu. Proces ten zachodzi dzięki oddziaływaniom międzycząsteczkowym, które umożliwiają białku utrzymanie emulsji i zapobiegają jej rozwarstwieniu [31]. Mota da Silva i wsp. [42] w swoich badaniach wykazali, że znaczący wpływ na właściwości międzyfazowe oraz stabilność emulsji z udziałem białek roślinnych poza mechanizmem oddziaływań na granicy faz, ma także pH. Utrzymywanie pH na poziomie 7,0 znacząco poprawiało stabilność emulsji w porównaniu z innymi wartościami pH. Spośród przeanalizowanych przez autorów białek: grochu, ryżu oraz ziemniaka, białko ryżowe tworzyło fizyczną barierę wokół kropli emulsji, natomiast białka grochu i ziemniaka utworzyły warstwę otaczającą kroplę oleju. To czyni je obiecującymi składnikami do wykorzystywania jako naturalne emulgatory w przemyśle spożywczym.



Rycina 3. Przykładowe źródła białek roślinnych, ich modyfikacje i możliwości aplikacyjne w produkcji żywności wygodnej i produktach typu instant

Figure 3. Examples of sources of plant proteins, their modifications and application possibilities in the production of convenient food and instant products

Białko grochu

Białko grochowe posiada dobrze zbilansowany profil aminokwasowy (Tab. 1). W odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007 wyróżnia się wysoką zawartością lizyny, leucyny i fenyloalaniny przy jednocześnie niższym poziomie aminokwasów siarkowych, takich jak metionina i cysteina [80]. Nasiona grochu zawierają $20 \div 25\%$ białka. Kluczową rolę odgrywa proporcja poszczególnych frakcji białkowych, takich jak globulina, albumina, prolamina i glutelina. Spośród nich dominującą frakcją jest globulina, która stanowi od 55% do 80% całkowitej zawartości białka. Drugą pod względem ilości jest albumina, odpowiadająca za $18 \div 25\%$ białek, natomiast prolamina i glutelina występują w znacznie mniejszych ilościach. Frakcje te różnią się składem, strukturą molekularną oraz rozmieszczeniem ładunku, co bezpośrednio wpływa na właściwości fizykochemiczne białka grochu, takie jak zdolność do hydratacji, reologia i cechy powierzchniowe [2]. Do wielu zalet białka grochu zaliczyć

można: dostępność, niski koszt produkcji, wartość odżywczą oraz korzyści zdrowotne. Dzięki nim białko grochowe stanowi efektywną alternatywę dla białka zwierzęcego, szczególnie w zastosowaniach żywności funkcjonalnej i wygodnej [31, 64]. Potwierdzają to badania Arory i wsp. [3], którzy wykazali korzystny wpływ wysokobiałkowego proszku z łupin grochu na strukturę oraz stabilność makaronu typu instant bez znaczącego pogorszenia cech sensorycznych. Z kolei Hanan i wsp. [20] w swoich badaniach opracowali recepturę zupy grochowej typu instant, wykorzystując jako składnik łupiny grochu – produkt uboczny procesu przetwórczego bogaty w białko, błonnik pokarmowy oraz składniki mineralne. Analizowano właściwości reologiczne, wskaźnik rehydratacji oraz ocenę sensoryczną różnych formułacji z dodatkiem proszku grochowego w zakresie od 0 do 20 %. Stwierdzono, że dodatek proszku na poziomie 12,5 % był najbardziej akceptowalny sensorycznie. Wyniki te sugerują, że proszek ze strąków grochu może być efektywnie wykorzystany jako składnik wzbogacający w produkcji żywności instant, poprawiając jej wartość odżywczą i akceptowalność sensoryczną. Podobne badania przeprowadzili Mousa i wsp. [43], opracowując innowacyjną metodę wykorzystania białka z łupin grochu jako składnika do produkcji zup instant. Dodatek białkowego proszku znacząco wpłynął na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne zup, zwiększając ich wartość rehydracyjną oraz zawartość składników mineralnych (Ca, Mg, Fe, Zn). Wszystkie próbki z dodatkiem białka grochowego uzyskały wyższą akceptację sensoryczną niż próbka kontrolna.

Białko ryżowe

Wartościowym źródłem białka, charakteryzującym się brakiem glutenu, wysoką wartością biologiczną, niskim potencjałem alergizującym, jasnym kolorem i łagodnym zapachem jest ryż [13]. Białko ryżu dostarcza pełny zestaw 20 aminokwasów, zarówno egzogennych (Tab. 1), jak i endogennych, cechując się dobrze zrównoważonym stosunkiem tych składników [79]. Jednak właściwości funkcjonalne tego białka, jak słaba rozpuszczalność, zdolność żelowania, emulgowania czy wiązania wody, utrudniają jego szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym [84]. Celem poprawy cech funkcjonalnych białka ryżowego i szerszego wykorzystania w produkcji żywności, stosuje się różne metody modyfikacji, takie jak fizyczne (np. ultradźwięki, wysokie ciśnienie, mikrofalowanie), chemiczne (glikozydylacja, fosforylacja, deamidacja) oraz enzymatyczne [83]. Tego typu postępowanie przyjęli w swych badaniach Marciniak-Łukasiak i wsp. [36], wzbogacając recepturę makaronu instant o białko ryżowe przy jednoczesnym dodatku transglutaminazy, co skutkowało pożądanym obniżeniem zawartości tłuszczu oraz zwiększeniem zawartości wody w produkcie końcowym. Dodatkowo cechował się on mniejszą twardością i szybszym czasem nawodnienia w porównaniu z próbą kontrolną, przy czym najlepszą akceptowalność sensoryczną uzyskała próbka zawierająca 5 % białka ryżowego i 2 % transglutaminazy.

O korzystnym wpływie białka ryżowego na cechy nowych produktów spożywczych donoszą także Baek i wsp. [4]. W odpowiedzi na rosnące zainteresowanie alternatywami roślinnymi i dietami wegańskimi autorzy opracowali wegańskie batony białkowe na bazie słodkich ziemniaków wzbogacone białkiem ryżowym. Według badaczy dodatek białka ryżowego ($0 \div 32$ g) poprawił właściwości teksturalne batonów, takie jak spoistość, ciągliwość i jędrność, przy czym wszystkie batony otrzymały pozytywne wyniki oceny sensorycznej. Produkty te wykazywały także lepszą aktywność przeciwutleniającą oraz wyższy poziom aminokwasów egzogennych. Z kolei w badaniach przeprowadzonych przez Swaminathan i Guhę [72] opracowano wysokobiałkowy napój instant na bazie bioprzetworzonego ryżu. Kielkowanie ryżu jako efektywna i ekonomiczna metoda, pozwala na poprawę jakości ziarna, zmiękczenie jego struktury oraz redukcję zawartości substancji antyodżywczych, co czyni go idealnym składnikiem do produkcji tego typu napojów [81]. Analizowano jego właściwości funkcjonalne, skład odżywczy, rozpuszczalność oraz akceptowalność sensoryczną. Wyniki wskazały, że napój charakteryzuje się wysoką zawartością białka, dobrą rozpuszczalnością i pozytywną oceną sensoryczną, co sugeruje jego potencjał jako wartościowego produktu instant. Co istotne, ze względu na brak glutenu, produkt ten może być bezpiecznie stosowany przez osoby chorujące na celiakię [72]. Cechy białka ryżu jako czynnika prozdrowotnego podkreślają także Madtohsah i wsp. [33]. W opublikowanym badaniu autorzy opracowali formułę mleka dla niemowląt opartą na białku ryżu Sangyod, przeznaczoną dla dzieci z alergią na białko mleka krowiego. Formułę wzbogacono izomalttooligosacharydami (IMO) z mąki ryżowej Sangyod o właściwościach prebiotycznych. Formuła skutecznie hamowała uwalnianie β -heksozaminidazy w komórkach RBL-2H3, przewyższając działanie komercyjnej formuły hipoalergicznnej. Dodatek IMO znacząco zwiększał populację bakterii *Lactobacillus* w ciągu 24 godzin i wspierał produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, takich jak kwas octowy i propionowy. Opracowana formuła mleka uzyskała również wysokie oceny sensoryczne, porównywalne z produktami komercyjnymi.

Białko ciecierzycy

Atrakcyjną alternatywą dla białek zwierzęcych jest białko ciecierzycy, które odznacza się wysoką biodostępnością oraz dobrze zrównoważonym profilem aminokwasowym (Tab. 1). W odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007, białko nasion ciecierzycy odznacza się korzystnym składem aminokwasowym, choć w przypadku waliny wykazuje nieco niższą zawartość [80]. Ciecierzycza zawiera niezbędne aminokwasy, takie jak metionina, cysteina, fenyloalanina, tyrozyna i treonina [73]. Analiza profilu aminokwasów egzogennych wykazała, że białko ciecierzycy przewyższa pod tym względem kukurydzę i pszenicę, a jego jakość jest porównywalna z białkiem ryżowym [53]. Białka roślin strączkowych, w tym białka ciecierzycy, należą

głównie do rozpuszczalnych w wodzie albumin i rozpuszczalnych w soli globulin, które stanowią dominujące grupy białek w tych roślinach. W mniejszych ilościach w skład ciecierzycy wchodzi także inne białka, takie jak gluteiny i prolaminy [59]. Białko ciecierzycy wyróżnia się zwłaszcza w kontekście niskiej alergenicności, dobrej rozpuszczalności i właściwości pianotwórczych. Soto-Madrid i wsp. [69] wykazali związek między strukturą drugorzędową białek a ich właściwościami funkcjonalnymi, takimi jak zdolność do tworzenia piany i emulsji. Białka ciecierzycy wykazały korzystniejsze właściwości międzyfazowe i powierzchniowo czynne w porównaniu z albuminą jaja kurzego. Szczególnie frakcja białkowa wyizolowana z odtłuszczonej mąki ciecierzycy cechowała się najbardziej wyraźnymi efektami, które były związane z jej strukturą drugorzędową, elastycznością oraz wyższą hydrofobowością powierzchni. Zrozumienie tej korelacji jest istotne dla przemysłu spożywczego, szczególnie przy opracowywaniu produktów opartych na białkach roślinnych jako alternatywy dla białka zwierzęcego, oferujących podobne właściwości funkcjonalne. Białka ciecierzycy, posiadające zarówno cechy hydrofilowe, jak i hydrofobowe, mogą być wykorzystywane jako emulgator w procesie tworzenia emulsji. Jak podają Xu i wsp. [82], emulsje z udziałem białka z ciecierzycy wykazują obiecujące zastosowania w żywności, m.in. mogą odgrywać rolę substytutu tłuszczu zwierzęcego w sosach sałatkowych, majonezie oraz pieczywie. Dodatkowo, emulsje stabilizowane białkiem roślin strączkowych wykazują wyższy potencjał w zakresie utrzymania stabilności oksydacji lipidów w porównaniu z białkiem serwatkowym [14]. Nietrwale składniki odżywcze oraz związki bioaktywne w żywności mogą zostać zabezpieczone poprzez ich enkapsulację w emulsji stabilizowanej białkiem ciecierzycy. Jedną z metod kapsułkowania tych substancji jest utworzenie emulsji typu olej w wodzie lub woda w oleju z wykorzystaniem białka ciecierzycy, a następnie przekształcenie jej w mikrokapsułki, zapewniające skuteczną ochronę i stabilność zamkniętych składników. Stabilność otrzymywanych emulsji zależy od wielu czynników, takich jak pH, temperatura czy siła jonowa. Przez różne metody modyfikacji, takie jak dostosowanie pH, sieciowanie lub hydrolizę można poprawić właściwości białek, co zwiększa potencjał ich zastosowania w produktach spożywczych [82]. O szerokim wachlarzu możliwości technologicznego wykorzystania surowca jakim jest ciecierzycza świadczą liczne doniesienia innych autorów. Przykładowo Noordraven i wsp. [47] zastosowali wstępnie zżelowaną mąkę z ciecierzycy jako alternatywny środek zagęszczający w produkcji zup instant. Proszek zawierający mąkę z ciecierzycy wykazywał sypkość porównywalną z tradycyjnym proszkiem na bazie skrobi ziemniaczanej, przy jednoczesnej lepszej mieszalności. Natomiast w testach mechanicznych po wymieszaniu z wodą, zupy instant cechowały się podobną lepkością, przy czym produkt z dodatkiem mąki z ciecierzycy wykazywał większe rozrzedzenie przy ścinaniu (ang. *shear thinning*), co jest korzystne z punktu widzenia akceptowalności sensorycznej. Ponadto dodatek mąki z ciecierzycy wpłynął

na poprawę wartości odżywczej zup poprzez wzbogacenie ich o białko, składniki mineralne i witaminy. Podobne wyniki opublikowali Subedi i wsp. [71], opracowując owsianki instant wzbogacone w żelazo i cynk, z dodatkiem mąki z ciecierzycy i prosa. Owsianka zawierająca proszek z ciecierzycy odznaczała się najniższym indeksem konsystencji i lepkości. Opracowane proszki mogą stanowić wartościowy składnik diety dzieci w krajach o średnich i niskich dochodach. Z kolei badania przeprowadzone przez Silvestre-De-León i wsp. [66] skupiały się na opracowaniu rozpuszczalnych proszków napojów instant na bazie surowej lub ekstrudowanej mąki z ciecierzycy, poddanej sekwencyjnej obróbce z użyciem alkalazy i α -amylazy. Proszki otrzymane z ekstrudowanej i hydrolizowanej mąki charakteryzowały się dwukrotnie wyższą wydajnością w porównaniu z proszkiem uzyskanym z surowej mąki. Dodatkowo, proces obróbki poprawił stabilność napoju i zwiększył zawartość oligosacharydów. W bazowych proszkach otrzymanych z mąki ekstrudowanej odnotowano znaczną zawartość kwasu linolowego i oleinowego. Opracowane proszki mogą stanowić wartościową alternatywę dla konsumentów, oferując napój o wysokiej wartości odżywczej i niskiej alergenności.

Białko konopne

Nasiona konopi (*Cannabis Sativa* L.) cechują się wysoką wartością odżywczą, dostarczając białko o korzystnym profilu aminokwasowym, a także błonnik, składniki mineralne i korzystne lipidy [35]. Białko konopne jest bogate w aminokwasy egzogenne, takie jak leucyna, walina, lizyna i fenyloalanina (Tab. 1). W porównaniu z białkiem wzorcowym FAO/WHO/UNU 2007 wykazuje jednak nieznaczny niedobór izoleucyny [80]. Białko konopne cechuje się dobrą przyswajalnością i pozytywnym wpływem na zdrowie [76]. Jak dotąd szerokie zastosowanie tego białka w przemyśle spożywczym jest jednak utrudnione ze względu na jego właściwości technologiczne oraz funkcjonalne, jak: słaba rozpuszczalność, niska zdolność emulgowania i właściwości pianotwórcze, a także wysoka hydrofobowość [55]. Z tego względu badania skupiają się na poprawie tych cech za pomocą metod fizykochemicznych i enzymatycznych, takich jak ultradźwięki, zmiany pH, hydroliza enzymatyczna czy koniugacja z polifenolami [30]. W badaniu przeprowadzonym przez Presa-Lombardi i wsp. [57] oceniono zastosowanie białka konopnego w produktach gotowych do spożycia, opracowując różne formuły batonów proteinowych. Warianty zawierające 20 % białka konopnego były dobrze akceptowane sensorycznie, podczas gdy wyższa zawartość (ponad 40 %) wpływała negatywnie na odbiór konsumencki. Wyniki te wskazują, że białko konopne może być wartościowym, odznaczającym się korzystnym stosunkiem kwasów omega-6 do omega-3, składnikiem funkcjonalnym w żywności wygodnej, poprawiając jej wartość odżywczą oraz wspierając procesy trawienne dzięki zawartości błonnika. Merenkova i wsp. [38] skupili się na opracowaniu koncentratów napojów na bazie białka

konopnego przeznaczonych dla sportowców. Przeanalizowano skład, właściwości organoleptyczne i fizykochemiczne oraz stabilność jakości i bezpieczeństwa podczas przechowywania. Opracowane koncentraty zawierały białko roślinne, przeciwutleniacz, zagęszczacz, środki aromatyzujące oraz dodatki smakowe. Napoje uzyskane z tych koncentratów wykazywały wysoką wartość odżywczą oraz zawartość białka i węglowodanów, co czyni je odpowiednimi dla sportowców. Produkty spełniały normy jakości i bezpieczeństwa przez cały okres przydatności do spożycia.

Białko słonecznika

Nasiona słonecznika są atrakcyjnym źródłem białka roślinnego dzięki wysokiej wartości odżywczej, szerokiej dostępności i niskiej zawartości substancji antyodżywczych [19]. Z wyjątkiem lizyny, profil aminokwasowy białka słonecznika odpowiada normom żywieniowym określonym przez FAO/WHO/UNU 2007 (Tab. 1) [22]. Funkcjonalność białka słonecznikowego, zwłaszcza właściwości emulgujące, jest porównywalna z izolatami białka sojowego, co sprzyja wykorzystaniu w przemyśle spożywczym [16]. Natomiast słabsze właściwości pieniące i żelujące ograniczają jego zastosowanie w tym zakresie. Jednakże nasiona, mączki, koncentraty oraz izolaty białkowe ze słonecznika również mogą być poddawane różnorodnym modyfikacjom – fizycznym, termicznym, chemicznym i enzymatycznym – aby uzyskać pożądane właściwości do zastosowań spożywczych [18]. Zmodyfikowany izolat białka słonecznika może odgrywać rolę funkcjonalnego składnika w produktach spożywczych, oferując jednocześnie korzyści odżywcze [22]. Białko słonecznikowe znajduje coraz szersze zastosowanie w żywności instant i produktach wygodnych, oferując wysoką wartość odżywczą. W badaniu Moskvichevej i wsp. [40] przeanalizowano wykorzystanie koncentratu białka słonecznikowego w produkcji batonów białkowych, podkreślając jego wpływ na teksturę, zdolność zatrzymywania wody i tłuszczu oraz akceptację sensoryczną. Opracowane batony zawierały 20 % białka słonecznikowego, dostarczając cennych składników, takich jak kwasy oksycynamonowe, miedź, witamina B1 i E, które wspierają funkcje neurologiczne, metabolizm energetyczny i działanie antyoksydacyjne. Dzięki odpowiedniej konsystencji oraz atrakcyjnemu smakowi czekolady z nutą słonecznika produkty te mogą stanowić wartościowy element diety osób aktywnych, poszukujących wygodnych i odżywczych przekąsek białkowych. Wyniki badania wskazują na potencjał białka słonecznikowego jako funkcjonalnego składnika w żywności instant, umożliwiającego tworzenie roślinnych alternatyw o wysokiej wartości odżywczej.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój rynku żywności instant oraz rosnące zainteresowanie białkami roślinnymi wskazują na znaczący kierunek zmian w przemyśle spożywczym.

Białka pochodzenia roślinnego stają się coraz bardziej atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych źródeł białka zwierzęcego, nie tylko z powodów zdrowotnych, ale również ekologicznych i ekonomicznych. Ich zastosowanie w produktach instant niesie jednak pewne wyzwania, takie jak ograniczona rozpuszczalność, specyficzne właściwości reologiczne czy wpływ na smak i teksturę końcowego produktu. Mimo tych trudności, rozwój technologii przetwarzania i modyfikacji białek roślinnych pozwala na ich coraz szersze wykorzystanie w żywności typu instant. Badania pokazują, że odpowiednia modyfikacja białek może znacząco poprawić ich właściwości funkcjonalne oraz sensoryczne. W kontekście rosnącego zapotrzebowania na produkty wegańskie i wysoko-białkowe dalsze badania nad białkami roślinnymi wydają się nie tylko uzasadnione, ale wręcz konieczne dla przyszłości przemysłu spożywczego.

Pomimo że produkty instant wzbogacone w białka roślinne nie osiągnęły jeszcze najwyższej jakości pod względem smaku i tekstury, to wykazują duży potencjał rynkowy. Kluczowe będzie dalsze udoskonalanie metod przetwarzania i dostosowywanie receptur do oczekiwań konsumentów, tak aby żywność instant była nie tylko wygodna i trwała, ale także pełnowartościowa i atrakcyjna sensorycznie.

Publikacja powstała w ramach projektu NCBiR pt. „Opracowanie innowacyjnych wegańskich produktów typu instant z wykorzystaniem alternatywnych emulgatorów, w tym białek roślinnych, wzbogaconych preparatem błonnikowym ze skrobi o właściwościach prebiotycznych” (NUTRITECH1/0038/2022), którego kierownikiem jest prof. dr hab. Janusz Kapuśniak.

Literatura

- [1] Adal E., Sadeghpour A., Connell S., Rappolt M., Ibanoglu E., Sarkar A.: Heteroprotein Complex Formation of Bovine Lactoferrin and Pea Protein Isolate: A Multiscale Structural Analysis. *Biomacromol.*, 2017, 18(2), 625-635.
- [2] An N., Li X., Ji G., Liu J., Zhu X., Li N., Wang Z., Mu Z., Liu, H.: A comprehensive review on composition to application of pea protein and its components. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2024, 282, #137273.
- [3] Arora B., Sethi S., Joshi A., Pooja BK., Lekshmi SG.: Functionalization of Pea Pod Powder for Effective Utilization in Instant Noodles. *Waste Biomass Valor.*, 2025, 106, 2317-2326.
- [4] Baek I., Cho H., Said N. S., Olawuyi I. F., Kim K., Lee W.: Physicochemical and nutritional characteristics of vegan protein bars formulated with sweet potato and rice protein. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2024 59(8), 5664-5674.
- [5] Barska A.: Millennial consumers in the convenience food market. *Management*, 2018, 22(1), 251-264.
- [6] Bhandari B.: Introduction to food powders. In *Handbook of Food Powders*, Elsevier, 2013, pp. 1-25.
- [7] Cao Y., Mezzenga R.: Food protein amyloid fibrils: Origin, structure, formation, characterization, applications and health implications. *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2019, 269, 334-356.

- [8] Chardigny J.M., Walrand S.: Plant protein for food: opportunities and bottlenecks. OCL - Oilseeds fats Crops Lipids, 2016, 23(4), D404.
- [9] Chung C., Koo C. K. W., Sher A., Fu J.-T. R., Rousset P., McClements D. J.: Modulation of caseinate-stabilized model oil-in-water emulsions with soy lecithin. Food Res. Int., 2019, 122, 361-370.
- [10] Chung C., Sher A., Rousset P., Decker E. A., McClements D. J.: Formulation of food emulsions using natural emulsifiers: Utilization of quillaja saponin and soy lecithin to fabricate liquid coffee whiteners. J. Food Eng., 2017, 209, 1-11.
- [11] Chung C., Sher A., Rousset P., McClements D. J.: Use of natural emulsifiers in model coffee creamers: Physical properties of quillaja saponin-stabilized emulsions. Food Hydrocoll., 2017, 67, 111-119.
- [12] Della Valle G., Renard C.M.: Increasing Plant Protein Attractivity to Develop the Offer to Consumers, Chem. Eng. Trans., 2023, 102, 37-42.
- [13] Dupont C., Bocquet A., Tomé D., Bernard M., Campeotto F., Dumond P., Essex A., Frelut M.-L., Guénard-Bilbault L., Lack G., Linglart A., Payot F., Taieb A., Kalach N.: Hydrolyzed Rice Protein-Based Formulas, a Vegetal Alternative in Cow's Milk Allergy. Nutrients, 2020 12(9), #2654.
- [14] Feng J., Schroën K., Fogliano V., Berton-Carabin C.: Antioxidant potential of non-modified and glycated soy proteins in the continuous phase of oil-in-water emulsions. Food Hydrocoll., 2021, 114, #106564.
- [15] Golde A. E., Schmidt K. A.: Quality of coffee creamers as a function of protein source. J. Food Qual., 2005, 28(1), 46-61.
- [16] González-Pérez S., Gerrit A. van Koningsveld, Vereijken J. M., Merck K. B., Gruppen H., Voragen A. G. J.: Emulsion Properties of Sunflower (*Helianthus annuus*) Proteins. J. Agr. Food Chem, 2005, 53(6), 2261-2267.
- [17] Guess N., Klatt K., Wei D., Williamson E., Ulgenalp I., Trinidad O., Kusaslan E., Yildirim A., Gowers Ch., Guard R., Mills Ch.: A cross-sectional analysis of products marketed as plant-based across the United States, United Kingdom, and Canada using online nutrition information. Curr. Dev. Nut., 2023, 7, #100059.
- [18] Gültekin Subaşı B., Vahapoğlu B., Capanoglu E., Mohammadifar M. A.: A review on protein extracts from sunflower cake: techno-functional properties and promising modification methods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2022, 62(24), 6682-6697.
- [19] Hadidi M., Aghababaei F., McClements D. J.: Sunflower meal/cake as a sustainable protein source for global food demand: Towards a zero-hunger world. Food Hydrocoll., 2024, 147, #109329.
- [20] Hanan E., Rudra S. G., Sagar V. R., Sharma V.: Utilization of pea pod powder for formulation of instant pea soup powder. J. Food Process. Preserv., 2020, 44(11), #14888.
- [21] Jafari S. M., Sedaghat Doost A., Nikbakht Nasrabadi M., Boostani S., Van der Meeren P.: Phytoparticles for the stabilization of Pickering emulsions in the formulation of novel food colloidal dispersions. Trends Food Sci. Technol., 2020, 98, 117-128.
- [22] Kau R., Ghoshal G.: Sunflower protein isolates-composition, extraction and functional properties Adv. Colloid Interface Sci., 2022, 306, #102725.
- [23] Khalil M., Abd El-Hameed A., El-Gammal R., Abd El-Razek S.: Processing of some new instant products from tartufi (Jerusalem Artichoke) (*Helianthus tuberosus* L), powder mixtures. J. Food Dairy Sci., 2014, 5(12), 849-869.
- [24] Khatkar S. K., Gupta V. K.: Physicochemical and Functional Quality Attributes of Dairy Whitener Prepared from Ultrafiltration Process. J. Food Process. Preserv., 2014, 38(3), 1145-1154.
- [25] Kozłowska-Strawska J., Badora A., Chwil S.: Żywność funkcjonalna i tradycyjna – właściwości i wpływ na postawy konsumentów. Probl. Hig. Epidemiol. 2017, 98(3): 212-217.

- [26] Kuosmanen S., Korhonen K., Pajari A.-M., Kontinen H.: Enabled to eat more plant proteins? Capabilities, opportunities, and motivations related to increasing pulse and pulse-based product consumption across consumer groups. *Food Qual. Prefer.*, 2025, 126, #105388.
- [27] Langyan S., Yadava P., Khan F. N., Dar Z. A., Singh R., Kumar, A.: Sustaining Protein Nutrition Through Plant-Based Foods. *Front. Nutr.*, 2022, 8, #772573.
- [28] Lee H., Yildiz G., dos Santos L. C., Jiang S., Andrade J. E., Engeseth N. J., Feng H.: Soy protein nano-aggregates with improved functional properties prepared by sequential pH treatment and ultrasonication. *Food Hydrocoll.*, 2016, 55, 200-209.
- [29] Liew J. Y., Mat Zain N. S., Hashim D. S., Abu Bakar T. H. S. T., Mahshar M., Rosli F.: An exploration of the key factors affecting consumer buying behaviour of instant food products: A case study of Kota Bharu. *IOP Conference Series: Earth Environ. Sci.*, 2021, 756(1), #012014.
- [30] Liu X., Xue F., Adhikari B.: Recent advances in plant protein modification: spotlight on hemp protein. *Sustain. Food Technol.*, 2024, 2(4), 893-907.
- [31] Lu Z. X., He J. F., Zhang Y. C., Bing D. J.: Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2020, 60(15), 2593-2605.
- [32] Ma K. K., Greis M., Lu J., Nolden A. A., McClements D. J., Kinchla A. J.: Functional Performance of Plant Proteins. *Foods*, 2022, 11(4), #594.
- [33] Madtohsah M., Detarun P., Wichienchot S.: Development Sangyod rice protein-based formula for cow milk allergic infant and its gut microbiota modulation. *Funct. Food Health Dis.*, 2022, 12(7), #380.
- [34] Mahalakshmi K., Sundara Prasad V., Nithyasri M., Geetha B.: A study on consumer behaviour towards instant food products. *Ymer*, 2024, 23(7), 380-395.
- [35] Mamone G., Picariello G., Ramondo A., Nicolai M. A., Ferranti P.: Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates. *Food Res. Int.*, 2019, 115, 562-571.
- [36] Marciniak-Lukasiak K., Zbikowska A., Kupiec M., Brzezinska M., Szymanska I., Lukasiak P.: The Influence of Rice Protein, Hemp Protein and Transglutaminase Addition on the Quality of Instant Fried Noodles. *Appl. Sci.*, 2021, 11(19), #9070.
- [37] Mathew A. P., Mathew D.: The Instant Food Revolution: Exploring Modern Consumer Buying Patterns. *Int. Socioecon. Rev.*, 2024, 2(1), 17-32.
- [38] Merenkova S., Potoroko I., Il'kov D., Matveev A.: Substantiation of drink concentrate formulation based on hemp protein for sports nutrition. *Bulletin of KSAU*, 2025, 0(12), 220-228.
- [39] Mohammed N. K., Tan C. P., Abd Manap M. Y., Muhiaddin B. J., Meor Hussin A. S.: Production of Functional Non-dairy Creamer using *Nigella sativa* oil Via Fluidized Bed Coating Technology. *Food Bioprocess Technol.*, 2019, 12(8), 1352-1365.
- [40] Moskvicheva E. V., Fedinishina E. Y., Smyatskaya Y. A.: Development of technology for specialized snack products with sunflower seed protein concentrate. *Process. Food Prod. Equip.*, 2023, 16(3), 31-39.
- [41] Mostafa H. S., Khaled O.: Is aquafaba suitable as a coffee creamer and foam enhancer in instant coffee? *Food Chem.*, 2024, X, 24, #101961.
- [42] Mota da Silva A. M., Souza Almeida F., Kawazoe Sato A. C.: Functional characterization of commercial plant proteins and their application on stabilization of emulsions. *J. Food Eng.*, 2021, 292, #110277.
- [43] Mousa M. M. H., El-Magd M. A., Ghamry H. I., Alshahrani M. Y., El-Wakeil N. H. M., Hammad E. M., Asker G. A. H.: Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. *Sci. Rep.*, 2021, 11(1), #22747.
- [44] Nakano S., Washizu A.: Aiming for better use of convenience food: an analysis based on meal production functions at home. *J. Health Popul. Nutr.*, 2020, 39(1), 3, 2-16.

- [45] Nikbakht Nasrabadi M., Goli S. A. H., Sedaghat Doost A., Dewettinck K., Van der Meeren P.: Bioparticles of flaxseed protein and mucilage enhance the physical and oxidative stability of flaxseed oil emulsions as a potential natural alternative for synthetic surfactants. *Colloids Surf. Biointerfaces*, 2019, 184, #110489.
- [46] Nikbakht Nasrabadi M., Sedaghat Doost A., Mezzenga R.: Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocoll.*, 2021, 118, #106789.
- [47] Noordraven L. E. C., Kim H.-J., Hoogland H., Grauwet T., Van Loey A. M.: Potential of Chickpea Flours with Different Microstructures as Multifunctional Ingredient in an Instant Soup Application. *Foods*, 2021, 10(11), #2622.
- [48] Okhravi S., Milani E., Koocheki A.: Nutritious Instant Powder Production by Extrusion Processing Using Whole Oat and Broken Rice Flour. *J. Food Process. Preserv.*, 2024, 1, #498086.
- [49] Oldfield D. J., Teehan C. M., Kelly, P. M.: The effect of preheat treatment and other process parameters on the coffee stability of instant whole milk powder. *Int. Dairy J.*, 2000, 10(9), 659-667.
- [50] Olędzki R., Hristova A.: Substancje bioaktywne w produktach funkcjonalnych i ich rola w żywieniu człowieka. *Eng. Sci. Technol.*, 2017, 1(24), 40-61.
- [51] Oseyko M., Romanovska T., Shevchyk V.: Justification of the amino acid composition of sunflower proteins for dietary and functional products. *Ukr. Food J.*, 2020, 9(2), 394-403.
- [52] Peltner J., Thiele S.: Convenience-based food purchase patterns: identification and associations with dietary quality, sociodemographic factors and attitudes. *Publ. Health Nutr.*, 2018, 21(03), 558-570.
- [53] Perović M. N., Pajin B. S., Antov M. G.: The effect of enzymatic pretreatment of chickpea on functional properties and antioxidant activity of alkaline protein isolate. *Food Chem.*, 2022, 374, #131809.
- [54] Pielak M.: Produkty wegańskie – charakterystyka rynku i perspektywy rozwoju. *Nauki Inż. Technol.*, 2023 (39), 104-116.
- [55] Potin F., Lubbers S., Husson F., Saurel R.: Hemp (*Cannabis sativa* L.) Protein Extraction Conditions Affect Extraction Yield and Protein Quality. *J. Food Sci.*, 2019, 84(12), 3682-3690.
- [56] Pourabdollah F., Razavi S. M. A.: Comprehensive analysis of rheological, tribological, and sensory properties of non-dairy low-fat coffee creamers. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2025, 218, #117515.
- [57] Presa-Lombardi J., García F., Gutierrez-Barrutia M. B., Cozzano, S.: Hemp seed's (*Cannabis Sativa* L) nutritional potential for the development of snack functional foods. *OCL - Oilseeds fats Crops Lipids*, 2023, 30, 24.
- [58] QYResearch: Global Non-dairy Creamer Market Research Report 2023 <https://www.qyresearch.com/reports/903316/non-dairy-creamers>
- [59] Rachwa-Rosiak D., Nebesny E., & Budryn G.: Chickpeas—Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2015, 55(8), 1137-1145.
- [60] Ren Y., Jia F., Li D.: Ingredients, structure and reconstitution properties of instant powder foods and the potential for healthy product development: a comprehensive review. *Food Funct.*, 2024, 15(1), 37-61.
- [61] Rifna E. J., Dwivedi M., Chauhan O. P.: Role of Water Activity in Food Preservation. In *Advances in Food Chemistry*, Springer Nature Singapore, 2022, pp. 39–64.
- [62] Ringler C., Agbonlahor M., Barron J., Baye K., Meenakshi J. V., Mekonnen D. K., Uhlenbrook S.: The role of water in transforming food systems. *Glob. Food Sec.*, 2022, 33, #100639.
- [63] Schube V., Ratusz K.: Próby zastosowania naturalnego emulgatora Q-Naturale® w emulsjach napojowych. *Eng. Sci. Technol.*, 2014, 3(3), 106-115.
- [64] Schumacher T., Steinmacher T., Köster E., Wagemans A., Weiss J., Gibis M.: Physico-chemical characterization of ten commercial pea protein isolates. *Food Hydrocoll.*, 2025, 162, #110996.

- [65] Sedaghat Doost A., Nikbakht Nasrabadi M., Wu J., A'yun Q., Van der Meeren P.: Maillard conjugation as an approach to improve whey proteins functionality: A review of conventional and novel preparation techniques. *Trends Food Sci. Technol.*, 2019, 91, 1-11.
- [66] Silvestre-De-León R., Espinosa-Ramírez J., Pérez-Carrillo E., Serna-Saldívar S. O.: Extruded chickpea flour sequentially treated with alcalase and α -amylase produces dry instant beverage powders with enhanced yield and nutritional properties. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2021, 56(10), 5178-5189.
- [67] Sim S. Y. J., SRV A., Chiang J. H., Henry C. J.: Plant Proteins for Future Foods: A Roadmap. *Foods*, 2021, 10(8), #1967.
- [68] Sohaib M., Naeem M., Ali A., Iqbal S., Amjad A., Nauman K., Ahmad S., Raza M., Saad Bin Junaid M., Umair Riaz M.: Nutritional and safety evaluation of various liquid and powdered tea whiteners available in Pakistan. *Food Sci. Technol.*, 2022, 42, #04921.
- [69] Soto-Madrid D., Pérez N., Gutiérrez-Cutiño M., Matiacevich S., Zúñiga, R. N.: Structural and Physicochemical Characterization of Extracted Proteins Fractions from Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a Potential Food Ingredient to Replace Ovalbumin in Foams and Emulsions. *Polym.*, 2022, 15(1), #110.
- [70] Srinivasan S., Kulkarni V. D.: A Study on Preference of Convenience Foods by Working Segments of the Information Technology Companies, Pune City, *Atithya J. Hosp.*, 5(1) 2019, 62-70.
- [71] Subedi S., Suttisansanee U., Kettawan A., Chupeerach C., Khemthong C., Thangsiri S., On-nom N.: Food Fortification of Instant Pulse Porridge Powder with Improved Iron and Zinc Bioaccessibility Using Roselle Calyx. *Nutrients*, 2022, 14(19), #4070.
- [72] Swaminathan I., Guha M.: Protein-rich instant rice beverage mix and its quality attributes. *J. Food Process. Preserv.*, 2018, 42(6), e13628.
- [73] Tekgül Barut Y., Çalışkan Koç G., Rayman Ergün A., Bozkır H., Pandiselvam R.: Effect of different roasting methods on the proximate by composition, flow properties, amino acid compositions, colour, texture, and sensory profile of the chickpeas. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2023, 58(1), 482-492.
- [74] Testa R., Schifani G., Migliore G.: Understanding Consumers' Convenience Orientation. An Exploratory Study of Fresh-Cut Fruit in Italy. *Sustainability*, 2021, 13(3), 1027.
- [75] Tziva M., Kalfagianni A., Negro S., Hekkert M.: Plant-based protein products in the news: Mind the gap between innovation and public discourses. *PLOS Sustain. Transform.*, 2023, 2(1), #0000044.
- [76] Wang Q., Xiong Y. L.: Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2019, 18(4), 936-952.
- [77] Warnakulasuriya S. N., Nickerson M. T.: Review on plant protein-polysaccharide complex coacervation, and the functionality and applicability of formed complexes. *J. Sci. Food Agric.*, 2018, 98(15), 5559-5571.
- [78] Webb M. F., Naeem H. A., Schmidt K. A.: Food Protein Functionality in a Liquid System: A Comparison of Deamidated Wheat Protein with Dairy and Soy Proteins. *J. Food Sci.*, 2002, 67(8), 2896-2902.
- [79] Wen L., Huang L., Li Y., Feng Y., Zhang Z., Xu Z., Chen M.-L., Cheng Y.: New peptides with immunomodulatory activity identified from rice proteins through peptidomic and in silico analysis. *Food Chem.*, 2021, 364, #130357.
- [80] WHO/FAO/UNU (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition.
- [81] Wu F., Yang N., Touré A., Jin Z., Xu X.: Germinated Brown Rice and Its Role in Human Health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2013, 53(5), 451-463.
- [82] Xu W., McClements D. J., Xu Z., Meng M., Zou Y., Chen G., Jin Z., Chen L.: Optimization of emulsion properties of chickpea protein and its application in food. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2024, 101(10), 971-980.
- [83] Yang J., Meng D., Wu Z., Chen J., Xue L.: Modification and Solubility Enhancement of Rice Protein and Its Application in Food Processing: A Review. *Molecules*, 2023, 28(10), #4078.

- [84] Yousefi N., Abbasi S.: Food proteins: Solubility & thermal stability improvement techniques., Food Chem. Adv., 2022, 1, #100090.

POSSIBILITIES OF USING SELECTED PLANT PROTEINS IN INSTANT POWDERY PRODUCTS

S u m m a r y

Background. The growing interest in a plant-based diet leads to the dynamic development of the market for products being an alternative to traditional animal-based food. Plant-based products are increasingly chosen by consumers looking for healthy nutritional options. At the same time, there is a clear increase in demand for convenient food, such as instant products, which are easy to prepare, have a long shelf life, and can be used in various consumption conditions – both at home and away from home. As a result, there is a growing need to develop new product recipes that combine the advantages of both categories, i.e. plant-based food and convenient food, including instant products. An important trend in the food market is also consumers' growing expectations regarding the quality, composition and functionality of food products. In instant products, the so-called "simple composition" plays a key role, also in the area of ingredients ensuring stability and good solubility, which is of great importance, among others, in the case of coffee creamers.

Results and conclusions. The aim of the study was to assess the possibilities of using selected plant proteins – pea, rice, chickpea, hemp and sunflower – as ingredients in innovative instant products. Their physicochemical properties and methods of modification to improve functional characteristics were analyzed. Special emphasis was placed on technological aspects and the potential of using these proteins as natural emulsifiers in plant equivalents of coffee and soup creamers. The information collected may contribute to the development of new substitutes for animal proteins in instant food.

Key words: plant proteins, emulsifiers, creamers, instant powders, vegan food ☒