

Analiza składu i właściwości mieszanek ziołowych dodawanych do produktów spożywczych typu *instant*

Analysis of the composition and properties of herbal mixtures added to instant food products

Aleksandra Baran¹, Marzena Kuras³, Katarzyna Paradowska²

¹ Koło naukowe „Free radicals” przy Zakładzie Chemii Organicznej i Fizycznej, Wydziału Farmaceutycznego WUM, ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa

² Zakład Chemii Organicznej i Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny WUM, ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa

³ Katedra i Zakład Chemii Farmaceutycznej i Biomateriałów, Wydział Farmaceutyczny WUM, ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa

*email: katarzyna.paradowska@wum.edu.pl

Słowa kluczowe: glutaminian sodu (MSG), produkty instant, aktywność antyoksydacyjna
Keywords: monosodium glutamate (MSG), instant products, antioxidant activity

Streszczenie

Świat nieustannie pędzi do przodu, a my mamy coraz mniej czasu na codzienne czynności, dlatego coraz większą popularność zyskuje „kultura typu instant”. Samo słowo *instant* oznacza „zaraz”, „szybko”, „od razu”. Wraz z licznymi zaletami dań gotowych, a także ich powszechną dostępnością, rynek tego typu produktów rozwija się w Polsce szybko i dynamicznie. Istnieje zatem potrzeba weryfikacji i oceny składu tego typu produktów. Analiza zawartości wybranych składników odżywczych i bioaktywnych, takich jak sód, potas, wapń, związki o charakterze polifenolowym oraz glutaminian sodu (MSG), w mieszanekach przyprawowych dołączanych do opakowań popularnych produktów typu *instant*, a także ocena ich aktywności antyoksydacyjnej z zastosowaniem dwóch niezależnych metod – FRAP oraz DPPH – mają istotne znaczenie. Celem badań była również próba określenia wpływu częstego spożywania dań gotowych na zdrowie konsumentów oraz zwiększenie ich świadomości. Zawartość składników mineralnych w badanych próbkach była zróżnicowana, natomiast ilość związków polifenolowych była niewielka, co znajduje swoje odzwierciedlenie w niskiej aktywności przeciwutleniającej większości próbek. Wyjątek stanowił MSG, który wykazywał wyraźny potencjał antyoksydacyjny w obu testach, osiągając wartości porównywalne do niektórych owoców bogatych w witaminę C.

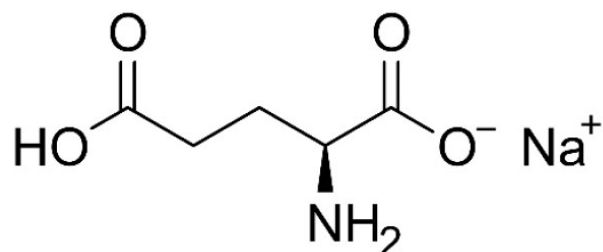
Summary

In an age of relentless temporal progression, the world is rapidly evolving, resulting in diminished temporal resources available for routine activities. This phenomenon has given rise to the increasing prevalence of “instant culture”. The term itself signifies “right away,” “quickly,” or “immediately.” The appeal of ready-made meals, coupled with their ubiquity, has led to a rapid and dynamic growth in the market for ready-made products in Poland. Consequently, there is a necessity to verify and evaluate the composition of such products. The analysis of the content of selected nutrients and bioactive compounds, including sodium, potassium, calcium, polyphenolic compounds, and monosodium glutamate (MSG), was conducted in spice mixes included in the packaging of popular instant soups. The antioxidant activity of these spice mixes was then assessed using two independent methods. It is imperative to acknowledge the significance of FRAP and DPPH in this context. The objective of this research is twofold: firstly, to ascertain the impact of frequent consumption of ready-made meals on consumer health, and secondly, to raise consumer awareness. The mineral content of the samples exhibited variation, while the amount of polyphenolic compounds was found to be low, which is reflected in the low antioxidant activity of most samples. However, MSG exhibited notable antioxidant potential in both tests, achieving values comparable to certain fruits rich in vitamin C.

Wstęp

Współczesne tempo życia i dążenie do maksymalnej efektywności w codziennych obowiązkach oraz karierze sprawiają, że coraz więcej osób sięga po produkty spożywcze typu *instant*. Ten typ produktów wpisuje się w potrzebę wygody, łatwości i szybkości przygotowania oraz łatwej dostępności, przy zachowaniu dobrego smaku i niskiej ceny. Dzisiejsze dania *instant* nie ograniczają się jedynie do produktów spożywczych tego typu, chociaż i te wyewoluowały od pojedynczego smaku kurczaka do setek różnorodnych wariantów. Na rynku dostępny jest szeroki wachlarz tego typu produktów w różnych formach i smakach, odpowiadających różnym wymaganiom dietetycznym oraz charakteryzujących się różnym stopniem przetworzenia. Żywność wygodna rozumiana jest obecnie jako produkt spożywczy, którego konsumpcję poprzedza bardzo krótki proces przyrządzania, a surowce, z których został wytworzony, są przetworzone zgodnie z dobrą praktyką technologiczną, zapewniającą odpowiednią trwałość oraz umożliwiającą jedynie minimalną obróbkę kulinarną. Ogólnie przyjmuje się, że im bardziej przetworzony jest produkt, tym mniejszej liczbie zabiegów należy go poddawać w celu przygotowania do spożycia [1]. Produkty błyskawiczne – „instant” – wpisują się w termin *convenience food*, który stał się nieodłącznym elementem nowoczesnych nawyków żywieniowych, w szczególności wśród osób młodych, aktywnych zawodowo czy studiujących. Dania błyskawiczne, czyli gotowe dania, zawierają jako substancję wzmacniającą smak glutaminian sodu (MSG).

MSG występuje często w przetworzonej żywności, takiej jak gotowe dania, zupy, mrożonki i tzw. „szybka żywność”, czyli pożywienie szybko przygotowywane i serwowane na poczekaniu, na ogół tanie. Chociaż niektóre badania łączą MSG z potencjalnymi negatywnymi skutkami zdrowotnymi, Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) ogólnie uznaje go za bezpieczny [2]. Glutaminian sodu jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych wzmacniaczy smaku, obecnych w żywności przetworzonej. Można go znaleźć na liście składników w praktycznie każdym gotowym produkcie spożywczym, a także jest coraz częściej stosowany jako przyprawa kuchenna w tradycyjnym gotowaniu. Jego prawidłowa nazwa to glutaminian monosodowy, inaczej glutacyl. Pod względem chemicznym jest to L-glutaminian monosodowy, określany również jako glutaminian sodu (MSG). Na etykietach od 1957 r. występuje pod kodem E 621 [3]. Sumaryczny wzór związku to: $C_5H_8NNaO_4$, a jego strukturę przedstawiono na rysunku 1 [3].



Rysunek 1. Wzór strukturalny soli: glutaminian sodu [3]

Figure 1. Structural formula of salt: monosodium glutamate [3]

Źródło: [3].

MSG to monohydrat o masie molowej 169,11 g/mol. Jest to biały, praktycznie bezwonny, krystaliczny proszek. Rozkłada się w temperaturze 225°C. Łatwo rozpuszcza się w wodzie, natomiast praktycznie nie rozpuszcza się w etanolu; jego roztwór wodny (pH 6,8–7) świadczy o obojętnym charakterze chemicznym [4]. Stosowane są także inne sole tego kwasu, tj. glutaminian potasu (E 622), glutaminian wapnia (E 623), glutaminian amonu (E 624), oraz glutaminian magnezu (E 625), a także czysty kwas glutaminowy (E 620). Sam kwas glutaminowy jest aminokwasem budującym białka, naturalnie występującym u ludzi i zwierząt, ale także pojawiającym się w wolnej postaci, na przykład w pomidorach, sosie sojowym lub niektórych serach. Związek ten wchłania się i ulega metabolizmowi w jelicie cienkim. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) określił maksymalny poziom dziennego spożycia dla tej grupy związków (E620–625), wynoszący 30 mg/kg masy ciała na dzień, w przeliczeniu na kwas glutaminowy. Przy takich stężeniach stosowanie ich jest bezpieczne i nie wykazuje żadnych negatywnych efektów. Niestety obserwuje się tendencję do przekraczania wspomnianych dopuszczalnych dawek poprzez wzrost stosowania przypraw zawierających z MSG, co zwiększa ryzyko występowania niepożądanych efektów.

Regulacje dotyczące dodawania czystych soli glutaminianu w Unii Europejskiej określają poziom 10 g/kg żywności. Należy jednak zaznaczyć, że dla substytutów soli i mieszanek przyprawowych nie określono maksymalnego dozwolonego poziomu glutaminianów, a zatem muszą być one stosowane zgodnie z dobrymi praktykami produkcyjnymi [5].

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie oznaczenia zawartości substancji wzmacniającej smak obecnej w składzie mieszanek przyprawowych – glutaminian sodu (MSG) – będących dodatkiem do produktów typu *instant* (czyli tzw. miksów przyprawowych), a także analiza ich właściwości fizykochemicznych. Określono zawartość wybranych składników odżywczych i bioaktywnych, takich jak sód, potas i wapń, całkowitą zawartość związków o charakterze polifenolowym oraz właściwości antyoksydacyjne. Do pomiarów wykorzystano metody spektrofotometryczne (UV–Vis), technikę emisyjnej fotometrii płomieniowej oraz testy zdolności antyoksydacyjnej, takie jak FRAP i DPPH, uwzględniając przy tym zasady zielonej chemii.

Materiał i metody

Materiał do badań stanowiła zawartość dziewięciu saszetek z mieszankami przypraw pochodzących od siedmiu różnych producentów, dołączonych do opakowań zup błyskawicznych. Do analizy wybrano wyłącznie zupy o smaku kurczaka. Makaron oraz porcja tłuszczu (która nie była obecna w każdym pakiecie) zostały w tym eksperymencie pominięte. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę materiału wraz z jego składem deklarowanym przez producenta oraz smakiem, jaki produkt ma imitować.

Tabela 1. Symboliczne oznaczenia próbek mieszanek przyprawowych wraz z ich składem deklarowanym przez producenta

Table 1. Symbolic designations of spice mixture samples along with their composition as declared by the manufacturer

Nr próbki	Smak	Skład mieszanki przyprawowej wg. deklaracji
1	2	3
1.	Kurczak	sól; smak kurczaka; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; cukier; chili; pieprz; guma ksantanowa; karboksymetyloceluloza; węglan sodu; polifosforany; dwutlenek krzemu; kwas jabłkowy; karmel amoniakalny
2.	Kurczak złoty	sól; cukier; rafinowany olej palmowy; pieprz; cebula; czosnek; chili; glutaminian monosodowy; aromat kurczaka aromat mięsny; BHA (butylowany hydroksyanizol); BHT (butylowany hydroksytoluen)

1	2	3
3.	Kurczak złoty	sól; rafinowany olej palmowy; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; cukier; orzeszki ziemne; sezam; pieprz; suszony por; czerwona szalotka; czosnek; hydrolizat białka sojowego; karmel; maltodekstryna; dwutlenek krzemu; tokoferol
4.	Kurczak łagodny	sól; rafinowany olej palmowy; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; cukier; pieprz; suszony por; czosnek; maltodekstryna; karmel; karoteny; hydrolizat białka sojowego; dwutlenek krzemu; tokoferol
5.	Kurczak pieczony	sól; rafinowany olej palmowy; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; cukier; chili; suszony por; czosnek; aromat; hydrolizat białka sojowego; karmel; maltodekstryna; dwutlenek krzemu; tokoferol
6.	Kurczak	sól; cukier; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; cebula; czosnek; pieprz biały; szalotka; chili; imbir; hydrolizowane białko roślinne; dwutlenek krzemu; olej palmowy; aromat kurczaka; skrobia z tapioki ekstrakt drożdżowy; karmel amoniakalny
7.	Kurczak	sól; maltodekstryna; cukier; marchew; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; kwas cytrynowy; skrobia ziemniaczana; cebula; natka pietruszki; aromat; pomidory; szczypiorek; papryka ostra; olej palmowy; olej słonecznikowy wysokooleinowy; dwutlenek krzemu; ryboflawina
8.	Kurczak pieczony	maltodekstryna; glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; sól; skrobia; aromaty; prażona cebula; szczypiorek; czosnek; chili; kurkuma; pieprz; nasiona selera; cukier; tłuszcz kurzy; ekstrakty z rozmarynu
9.	Kurczak Ramen	glutaminian monosodowy; inozynian disodowy; guanylan disodowy; sól; aromat kurczaka; maltodekstryna; cukier; czosnek; sos sojowy w proszku; sezam; imbir; szczypiorek; pieprz; ekstrakt drożdżowy; tłuszcz kurzy; karmelizowany cukier; kwas cytrynowy

Źródło: opracowanie własne.

Materiał został zakupiony w popularnych sieciach sklepów spożywczych. Wyselekcjonowano zostały produkty o podobnym wyglądzie i zawartości opakowania oraz odpowiadającym sobie smaku kurczaka.

Na rysunku 2 przedstawiono wygląd badanych mieszanek przyprawowych. Materiał był zróżnicowany zarówno pod względem koloru i stopnia rozdrobnienia, jak i zawartości suszonych ziół i warzyw.



Rysunek 2. Mieszanki przyprawowe znajdujące się w saszetkach obecne w każdym opakowaniu produktu *instant*

Figure 2. Spice mixes in sachets included in every package of instant product

Źródło: archiwum prywatne.

Próbki do badań przygotowano poprzez rozpuszczenie w 50 ml wody destylowanej naważki mieszanki przyprawowej (1 g). Powstałą mieszaninę poddano krótkotrwałemu działaniu ultradźwięków (przez 30 minut w temperaturze 25°C) w urządzeniu typu Sonic 5 (500 × 135 × 100 mm, Polsonic), a następnie przesączono. Otrzymane w ten sposób klarowne ekstrakty wykorzystano do oznaczeń.

Badanie zdolności antyoksydacyjnej metodą FRAP

Oznaczenie zdolności antyoksydacyjnej mieszanek przyprawowych wykonano metodą FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) [6]. Technika ta opiera się na pomiarze stopnia redukcji związku TPTZ (kompleksu żelazowo-2,4,6-tripirydylo-S-tiazyny) w wyniku działania związków o charakterze antyoksydacyjnym. Obserwuje się zabarwienie bezbarwnego substratu na intensywnie niebieski kolor produktu reakcji, o maksimum absorpcji przy długości fali 593–595 nm. Intensywność barwy jest proporcjonalna do stężenia obecnych w próbce związków o charakterze redukującym, co umożliwia ilościową ocenę całkowitej aktywności antyoksydacyjnej.

Do przygotowania reagenta FRAP wykorzystano trzy odczynniki: bufor octowy (300 mM, pH 3,6), roztwór TPTZ (10 mM) oraz roztwór FeCl₃ (20 mM). Do 1 ml świeżo przygotowanego reagenta FRAP dodano 50 ml próbki (do ślepej próby dodano 50 ml wody). Po 4 min termostatowania próbki w 37°C zmierzono wartość

absorbancji przy długości fali 593 nm. Pomiarów dokonano na spektrofotometrze Thermo Fisher (Evolution 60S, USA). Dla każdej próbki wykonano po 3 powtórzenia. W celu sporządzenia krzywej kalibracyjnej przygotowano roztwór macierzysty Troloxu (6-hydrokso-2,5,7,8-tetrametylchroman-2-karboksyłan) o stężeniu 1 mM. Jest to związek organiczny, pochodna witaminy E, rozpuszczalny w wodzie. Roztwór wyjściowy o stężeniu 1 mM rozcieńczano sekwencyjnie (kaskadowo), każdorazowo w stosunku 1:1. Uzyskano w ten sposób cztery roztwory o stężeniach: 62,5 μ M, 125 μ M, 250 μ M oraz 500 μ M. Następnie postępowano analogicznie jak w przypadku oznaczania zdolności antyoksydacyjnej metodą FRAP, otrzymując krzywą wzorcową. Uzyskane równanie prostej regresji ($y = 0,0017x - 0,0062$) wykorzystano do przeliczenia wyników badanych próbek i wyrażenia ich zdolności antyoksydacyjnej jako równoważników Troloxu (TEAC, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity).

Badanie zdolności antyoksydacyjnej metodą DPPH

Do oznaczenia potencjału antyoksydacyjnego posłużono się również metodą wykorzystującą spektrofotometryczny pomiar spadku absorbancji barwnego rodnika azowego DPPH, spowodowanego działaniem przeciwutleniacza. Zmianę koloru z ciemnofioletowego na różowy lub żółty (zależnie od mocy zastosowanego antyoksydantu), a tym samym postęp reakcji redukcji, mierzy się spektrofotometrycznie przy długości fali $\lambda = 517$ nm ze względu na maksimum absorpcji DPPH [39].

W tym celu przygotowano wyjściowy roztwór DPPH, rozpuszczając 25 mg rodnika w 50 ml etanolu. Roztwór badanej próbki zmieszano w kolejnym kroku z przygotowanym w ten sposób roztworem DPPH w odpowiednich proporcjach 500 μ l: 1500 μ l lub 1000 μ l: 1000 μ l, bezpośrednio w kuwecie, a następnie odczekano 5 min na zajście reakcji, po czym zmierzono absorbancję przy długości fali 517 nm (A). Pomiarów dokonano na spektrofotometrze Thermo Fisher (Evolution 60S, USA). Dla każdej próbki wykonano po 6 powtórzeń.

Oznaczanie całkowitej zawartości polifenoli

Przy oznaczaniu całkowitej zawartości polifenoli w badanym materiale wykorzystano metodę Folina–Ciocalteu, która jest standardem przy oznaczaniu zawartości związków o charakterze fenolowym. Technika ta polega na pomiarze absorbancji kompleksu, który powstał w wyniku redukcji soli heteropolikwasów fosforowolframomolibdenowych. Roztwór tego reagenta, zwany odczynnikiem Folina–Ciocalteu, powstaje poprzez połączenie molibdenianu sodu (Na_2MoO_4), wolframienu sodu (Na_2WO_4), siarczanu litu (Li_2SO_4), wody bromowej i stężonych kwasów: solnego i fosforowego. Wskutek reakcji z polifenolami tworzy się niebieskie zabar-

wienie (o maksimum absorbancji przy $\lambda = 765$ nm). Przyjmuje się, że zmiana koloru wynika z redukcji jonów Mo(VI) do Mo(V). Pomiar prowadzi się w środowisku zasadowym, ponieważ w takich warunkach związki fenolowe dysocjują, a powstałe fenolany mają niższy potencjał redoks i łatwiej wchodzi w reakcję z odczynnikiem Folina–Ciocalteu (w środowisku kwaśnym czas reakcji jest wydłużony) [6].

Z przygotowanych wcześniej roztworów próbek pobrano 15 μ l (w ślepej próbie roztwór mieszanki przyprawowej zastąpiono 15 μ l wody) i umieszczono je w probówkach Eppendorfa o objętości 2 ml, a następnie dodano kolejno: 1,185 ml wody Millipore, 75 μ l odczynnika Folina–Ciocalteu oraz 225 μ l węgla sodowego i dobrze wymieszano. Tak przygotowaną próbkę umieszczono w termostacie na 20 min w temperaturze 40°C. Po upływie tego czasu zawartość przelano do kuwety i zmierzono absorbancję względem ślepej próby przy długości fali $\lambda = 765$ nm. Pomiarów dokonano na spektrofotometrze Thermo Fisher (Evolution 60S, USA). Dla każdej próbki wykonano po 4 powtórzenia. Całkowitą zawartość związków polifenolowych podano w przeliczeniu na kwas galusowy (mg GAE/ml) (krzywa kalibracyjna: $y = 0,0008x + 0,0414$).

Oznaczanie zawartości Na, K i Ca techniką emisyjnej fotometrii płomieniowej

Emisyjna fotometria płomieniowa, a dokładniej emisyjna spektrometria atomów pobudzanych termicznie (ang. Flame Atomic Emission Spectrometry – F-AES), jest oparta na pomiarze promieniowania emitowanego przez wzbudzoną płomieniem palnika próbkę. Badany roztwór (przy użyciu sprężonego powietrza) jest zasysany z naczynia, a następnie ulega rozpyleniu w gazowym płomieniu, gdzie atomy analizowanej substancji ulegają spalaniu, emitując charakterystyczne widmo. Wydzielone światło przechodzi przez układ optyczny wyposażony w filtr, który przepuszcza jedynie promieniowanie charakterystyczne dla badanego pierwiastka. Następnie trafia ono na fotoogniwo, gdzie zostaje przekształcone w sygnał elektryczny proporcjonalny do stężenia analizowanej substancji [7].

W celu oznaczenia zawartości konkretnych pierwiastków odważono około 100 mg każdej mieszanki przyprawowej, a następnie zmineralizowano je, używając 5 ml 65% kwasu azotowego(V). Po rozтворzeniu próbek roztwory przeniesiono ilościowo do kolb miarowych o pojemności 25 ml, dopełniono wodą destylowaną do kreski i wymieszano. Przygotowane w ten sposób próbki przelano do naczynek i wprowadzono do urządzenia (w celu określenia sygnałów tła użyto wody destylowanej). Pomiarów dokonano na spektrometrze BWB – XP (MS Spektrum). Dla każdej próbki wykonano po 3 powtórzenia.

Do wykreślenia krzywych kalibracyjnych sporządzono równoległe po siedem roztworów wzorcowych dla każdego oznaczanego pierwiastka w następujących zakresach stężeń:

- 1) dla Na: od 2,00 do 35,00 ppm,
- 2) dla K: od 1,00 do 10,00 ppm,
- 3) dla Ca: od 0,20 do 6,00 ppm.

Wykonano w tym celu odpowiednie rozcieńczenia odczynników certyfikowanych, tak aby ich stężenia znajdowały się w pożądanym zakresie. Następnie dokonano pomiarów promieniowania emisyjnego, analogicznie jak w przypadku badanych próbek mieszanek przyprawowych, otrzymując następujące krzywe kalibracyjne:

- 1) $y = 909,39x + 70,43$,
- 2) $y = 1105,85938x - 204,96354$,
- 3) $y = 611,72354x + 87,02222$.

Oznaczanie zawartości glutaminianu sodu z zastosowaniem zasad zielonej chemii metodą spektrofotometrii

Spektrofotometryczne oznaczenie glutaminianu sodu, wpisujące się w założenia zielonej chemii, można przeprowadzić na kilka sposobów: poprzez reakcję MSG z NQS (1,2-naftochinono-4-sulfonianem sodu) z wytworzeniem pomarańczowo-czerwonego produktu lub poprzez reakcję MSG z kwasem askorbinowym (AA) z wytworzeniem fioletowo-purpurowego produktu [8].

W pracy tej skupiono się jednak na metodzie drugiej. Badania rozpoczęto od przygotowania 0,2% roztworu witaminy C. W tym celu odważono 100 mg substancji i rozpuszczono ją w 0,5 ml wody destylowanej. Następnie roztwór przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 50 ml, uzupełniono do kreski DMF (dimetyloformamid) i dokładnie wymieszano. Pobrano również 1 ml mieszaniny próbki, umieszczono ją w kolbie miarowej o pojemności 10 ml i dopełniono DMF do kreski. Z tak rozcieńczonego roztworu ponownie pobrano po 1 ml i umieszczono go w szklanej probówce z zakrętką, a następnie dodano kolejno po 1 ml uprzednio przygotowanego roztworu AA oraz DMF. Probówki umieszczono w łaźni wodnej i ogrzewano przez 45 min w temperaturze 80°C. Po upływie zadanego czasu doprowadzono je do temperatury pokojowej, a ich zawartość przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 10 ml i uzupełniono DMF. Następnie zmierzono absorbancję otrzymanych roztworów wobec ślepej próby (sporządzonej z samego DMF) przy długości fali 387 nm. Pomiarów dokonano na spektrofotometrze Thermo Fisher (Evolution 60S, USA). Dla każdej próbki wykonano po 5 powtórzeń.

W celu sporządzenia krzywej wzorcowej przygotowano roztwór podstawowy MSG o stężeniu 10 mg/ml. Z tak przygotowanego roztworu podstawowego pobrano 1 ml i przeniesiono go do kolby miarowej o pojemności 10 ml, a następnie uzupełniono DMF, uzyskując roztwór roboczy o stężeniu 1 mg/ml. Pobierając jego odpowiednią ilość, sporządzono szereg roztworów wzorcowych mieszczących się w zakresie 10–140 µg/ml. Następnie postępowano tak, jak przy oznaczaniu zawartości MSG w przypadku badanych próbek mieszanek przyprawowych, otrzymując następującą krzywą kalibracyjną: $y = 0,0079x + 0,0373$.

Wyniki i dyskusja

Celem przeprowadzonych badań była analiza składu oraz właściwości wybranych produktów spożywczych typu *instant*, ze szczególnym uwzględnieniem mieszanek przyprawowych dołączanych do popularnych zup tego rodzaju (tzw. „zupki chińskie”). Produkty te, mimo powszechnej dostępności i dużej popularności, wciąż budzą wiele wątpliwości dotyczących ich wartości odżywczej oraz wpływu na zdrowie. Uzyskane wyniki dostarczyły wielu informacji na temat obecności określonych składników, w tym wzmacniaczy smaku (glutaminianu sodu), oraz ich właściwości fizykochemicznych.

Pomiary zdolności antyoksydacyjnych badanych mieszanek przyprawowych, występujących w zestawie analizowanych zup typu *instant*, a także czystego roztworu glutaminianu sodu, przeprowadzono z wykorzystaniem metod FRAP i DPPH. Wyniki zaprezentowano w tabeli 2.

Zdolność redukcji jonów żelaza (FRAP) mieściła się w zakresie od 6,12 µM/g (dla próbki 2) do 17,91 µM/g (dla próbki 8) i wykazywała istotne zróżnicowanie w analizowanych próbkach. Wyższymi wartościami FRAP charakteryzowały się próbki: 6 (12,61 µM/g), 9 (12,93 µM/g) oraz 8 (17,91 µM/g); jednocześnie próbka 8 odznaczała się także największym odchyleniem standardowym (SD = 3,01), co może wskazywać na większą zmienność w jej składzie chemicznym. Z kolei najniższe wartości stwierdzono w próbkach 2 (6,12 µM/g) oraz 5 (6,71 µM/g). W próbce oznaczonej symbolem MSG, czyli w roztworze czystego glutaminianu sodu, wartość FRAP wyniosła 32,74 µM/g ($\pm 2,87$). Wartość ta jest istotnie wyższa niż w przypadku pozostałych próbek, co świadczy o aktywności redukcyjnej tej substancji. Możliwe jest więc, że potencjał antyoksydacyjny mieszanek przyprawowych jest spowodowany zawartością glutaminianu sodu w badanym materiale. Dodatkowo występujące różnice w wynikach pomiędzy poszczególnymi próbkami mogą być również następstwem odmiennego składu mieszanek (poza obecnością MSG), w tym użycia różnych dodatkowych składników, m.in. konserwantów, w procesie ich wytwarzania. Można również uznać, że glutaminian sodu jest dość

silnym antyoksydantem, ponieważ wartości FRAP, które dla niego uzyskano, są zbliżone do wartości, jakie uzyskuje się dla m.in. owoców bogatych w witaminę C (która jest powszechnie znana z właściwości przeciwutleniających). Przykładowo, potencjał redukcyjny świeżej truskawki wynosi 15,9 $\mu\text{M/g}$, cytryny – 10,4 $\mu\text{M/g}$, a kiwi – 8,2 $\mu\text{M/g}$ [9].

Tabela 2. Zdolność redukcji jonów żelaza (FRAP) [$\mu\text{M/1 g}$], zdolność neutralizacji rodnika DPPH [mg/1 g] oraz całkowita zawartość polifenoli (TP) [mg GAE/1 g]

Table 2. Iron ion reduction capacity (FRAP) [$\mu\text{M/1 g}$], radical neutralization mg DPPH [mg/1 g], and total polyphenol content (TP) [mg GAE/1 g]

Nr próbki	FRAP [$\mu\text{mol TE/1 g}$] \pm SD	DPPH [mg/1 g] \pm SD	TP [mg GAE/1 g] \pm SD
1.	7,27 \pm 0,25	0,230 \pm 0,040	nd
2.	6,12 \pm 0,35	0,187 \pm 0,002	nd
3.	8,04 \pm 1,06	0,282 \pm 0,002	nd
4.	7,36 \pm 0,46	0,294 \pm 0,006	nd
5.	6,71 \pm 0,74	0,273 \pm 0,003	nd
6.	12,61 \pm 0,85	0,145 \pm 0,001	nd
7.	11,35 \pm 0,25	0,153 \pm 0,001	nd
8.	17,91 \pm 3,01	na	1,45 \pm 1,43
9.	12,93 \pm 0,92	na	1,28 \pm 0,57
MSG	32,74 \pm 2,87	1,720 \pm 0,024	nd

nd – nie wykryto zawartości; na – nie analizowano

Źródło: opracowanie własne.

Zdolność neutralizacji trwałego rodnika DPPH w analizowanych próbkach przyprawowych mieściła się w zakresie od 0,145 mg DPPH/g (próbka 6) do 0,294 mg DPPH/g (próbka 4). Większość próbek charakteryzowała się zbliżonym poziomem aktywności przeciwutleniającej, w przeciwieństwie do wyników uzyskanych metodą FRAP. Badanie z wykorzystaniem trwałego rodnika DPPH zachodzi według innego mechanizmu (przeniesienia atomu wodoru) w porównaniu z reakcją redukcji w metodzie FRAP. Niestety dwie spośród badanych próbek, tj. nr 8 i nr 9, zostały wykluczone z tej analizy ze względu na bardzo szybkie mętnienie badanego roztworu po dodaniu wszystkich odczynników, co uniemożliwiło wykonanie prawidłowych pomiarów spektrofotometrycznych. Mogło być to spowodowane m.in. większym dodatkiem substancji białkowych w tych dwóch próbkach, które w środowisku reakcji uległy wytrąceniu. Dla porównania wyniki uzyskane dla czystego

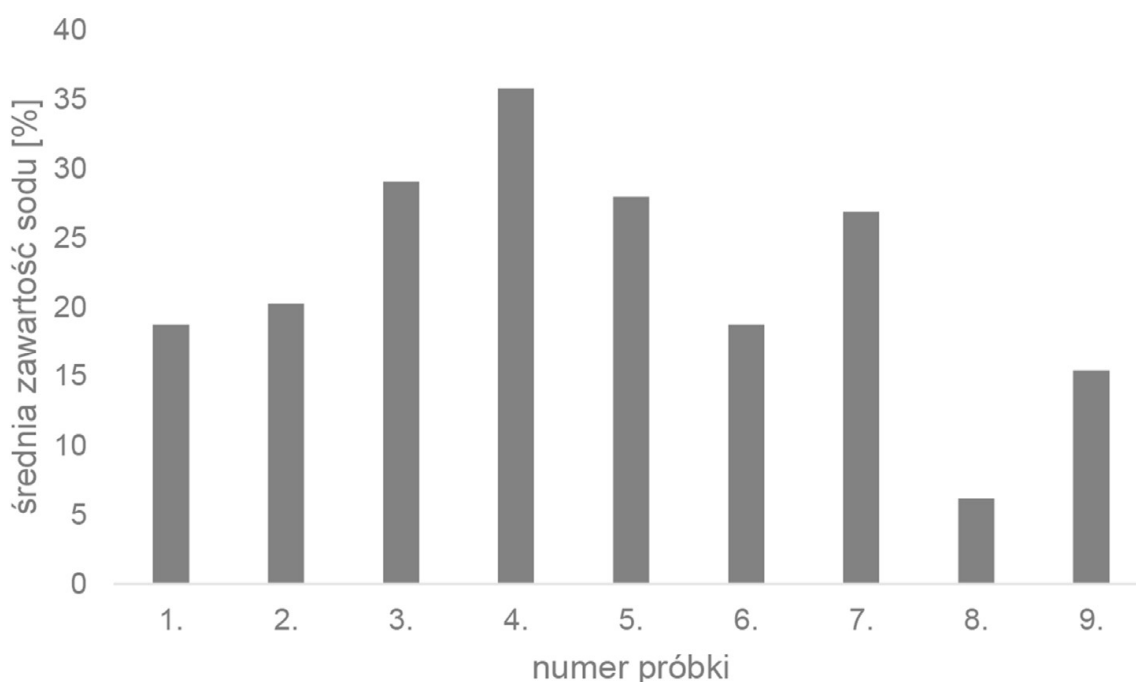
glutaminianu sodu (próbka oznaczona jako MSG) wykazały znacznie wyższą zdolność neutralizacji trwałego rodnika DPPH. Jego potencjał antyoksydacyjny określono na poziomie równym $1,720 \pm 0,024$ mg DPPH/g. Może to wskazywać na istotny udział MSG w aktywności przeciwutleniającej badanych mieszanek przyprawowych, a wyniki uzyskane w tych pomiarach pokrywają się z wynikami otrzymanymi w przypadku badania z użyciem FRAP, w którym również odnotowano znacznie wyższą aktywność antyoksydacyjną.

W oznaczeniu całkowitej zawartości związków polifenolowych w mikсах przypraw próbki 1–7 charakteryzowały się brakiem wykrywalnej zawartości tych związków. Może to wynikać z faktu, że mieszanki przyprawowe dołączane do tzw. „zuppek chińskich” składają się w większości z soli, wzmacniaczy smaku, cukru, regulatorów kwasowości i sztucznych aromatów, czyli składników, które nie są źródłem naturalnych polifenoli (tab. 1). Przyczyną może być również fakt, że podczas przyrządzania dania nie były zachowane optymalne warunki umożliwiające przechodzenie związków polifenolowych do roztworu. Zgodnie z instrukcją dołączoną do opakowania danie to należy zalać wrzącą wodą i odstawić na kilka minut do „ugotowania”, podczas gdy najwyższe stężenia polifenoli w laboratorium uzyskuje się, stosując 30–50% etanol oraz prowadząc ekstrakcję w temperaturze około 40°C [10–11]. Może to również wskazywać na zbyt mały dodatek przypraw do mieszanek.

Niemniej jednak w próbkach nr 8 i nr 9 odnotowano niewielkie ilości TP, odpowiednio 1,45 mg/g i 1,28 mg/g ekwiwalentów GAE, co sugeruje, że w tych mieszankach przyprawowych mogły znajdować się naturalne składniki roślinne bogate w związki fenolowe (tab. 1). Ich obecność przypuszczalnie wynika z większego dodatku, w porównaniu z resztą próbek, suszonych przypraw ziołowych, takich jak czosnek, cebula, papryka, kurkuma, pieprz, chili czy susze warzywne.

Jednak ze względu na znaczną przewagę próbek, w których nie udało się oznaczyć ich zawartości, oraz niski współczynnik powtarzalności pomiarów można ogólnie przyjąć, że mieszanki przyprawowe nie zawierały w swoim składzie związków polifenolowych.

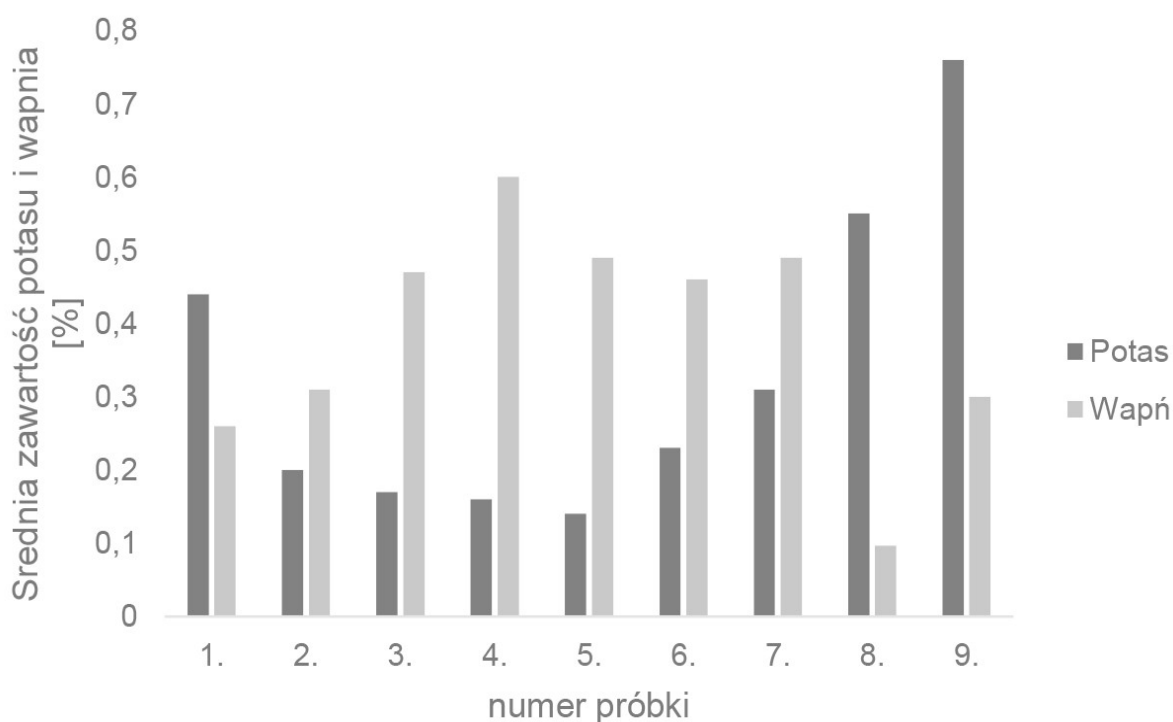
Oznaczanie zawartości Na, K i Ca przeprowadzono techniką emisyjnej fotometrii płomieniowej. Zawartość sodu w badanych próbkach była zdecydowanie najwyższa spośród wszystkich analizowanych pierwiastków. Mieściła się ona w przedziale od 6,16% (próbka 8) do 35,8% (próbka 4). Wysoką zawartość sodu stwierdzono również w próbkach nr 3 (29,1%), nr 5 (28,0%) oraz nr 7 (26,9%) (rys. 4). Może to wskazywać na dużą zawartość soli kuchennej (chlorku sodu) w wymienionych mieszankach przyprawowych, ale także innych soli sodowych, do których należą wzmacniacze smaku, m.in. glutaminian monosodowy, inozynian disodowy i guanylan disodowy. Może to również oznaczać, że sól stanowi nawet ponad 1/3 zawartości saszetki z mieszanką przyprawową.



Rysunek 3. Zawartość sodu (Na) w badanych mieszankach przyprawowych
Figure 3. Average content of sodium (Na) in the spice mixtures tested

Źródło: opracowanie własne.

Poziom potasu w badanych mieszankach przyprawowych był zdecydowanie niższy w porównaniu z poziomem sodu. Jego wartości nie przekraczały nawet 1%, mieszcząc się w zakresie 0,14% (próbka nr 5) – 0,76% (próbka nr 9). Prawie połowa zbadanych próbek miała poziom potasu niższy bądź równy 0,2% (próbki numer 2, 3, 4 i 5). Próbki nr 3, 4 i 5 były zbliżone do siebie pod względem zawartości potasu, a jego poziom to ok. 0,15% (rys. 5). Również zawartość wapnia w badanych mieszankach przyprawowych była równie niska i porównywalna z zawartością potasu. Jego poziom był również niższy niż 1%, a nawet 0,6%. Jednakże jego śladowe ilości były obecne i mieściły się w granicach od 0,097% (próbka 8) do 0,60% (próbka 4). Próbki nr 3, 5, 6 i 7 były zbliżone do siebie pod względem zawartości tego pierwiastka i osiągały wartości około 0,5%. Najniższą zawartość wapnia oznaczono w próbce nr 8 (rys. 5). Zawierała ona śladową ilość tego pierwiastka (mniej niż 0,01%). Podobnie jak w przypadku potasu tutaj również można wnioskować o znikomiej zawartości wapnia w przyprawach dołączanych w saszetkach do tzw. „zuppek chińskich”.



Rysunek 4. Zawartość K i Ca w badanych mieszankach przyprawowych
Figure 4. Content of K and Ca in the spice mixtures tested.

Źródło: opracowanie własne.

Po przeliczeniu uzyskanych wartości procentowych oraz uśrednieniu wyników można określić zawartość pierwiastków w jednostce mg/100 g mieszanki przyprawowej, co ułatwia porównanie z istniejącymi badaniami na ten temat. W ten sposób uzyskano średnią (ze wszystkich badanych mieszanek przyprawowych): sodu równą 22 460 mg/100 g, potasu równą 330 mg/100 g, oraz z wapnia równą 385 mg/100 g.

Należy również zaznaczyć, że gramatura mieszanek przyprawowych dołączonych do opakowań wynosi 4–10 g. Zakładając średnią masę mieszanki przyprawowej, analogicznie jak w przypadku poziomu pierwiastków, tj. około 7 g, można określić przybliżoną ilość pierwiastków dostarczanych wraz ze spożyciem gotowego dania. Tak więc w przypadku sodu było to około 1572,2 mg, potasu 23,1 mg, oraz wapnia 26,95 mg. Zatem, jeśli mieszanka przyprawowa dołączona do opakowania nr 2 ważyła 9,75 g, to zgodnie z otrzymanymi wynikami zawierała 20,3%, co odpowiada 1979 mg sodu, 0,20%, co odpowiada 20 mg potasu, oraz 0,31%, co odpowiada 31 mg wapnia. Takie wartości zostałyby więc przyjęte przez organizm człowieka wraz ze spożyciem mieszanki przyprawowej dołączonej do tej konkretnej zupki chińskiej. Dla porównania, w badaniach Borkowskiej i wsp [12] produkt *instant* o tym samym smaku, przy założeniu, że mieszanka przyprawowa również ważyła około 10 g, zawierałaby 22,65 mg potasu i 6,32 mg wapnia (brak danych

dotyczących zawartości sodu). Poziom potasu był zbliżony, natomiast poziom wapnia był zdecydowanie niższy niż w przypadku próbki nr 2. Należy w tym miejscu spojrzeć na codzienne zapotrzebowanie na te pierwiastki u dorosłego, zdrowego człowieka. Wartości te zestawiono w tabeli nr 3 wraz z ilością tych pierwiastków dostarczoną po spożyciu mieszanki przyprawowej dołączonej do zupki nr 2 oraz z pokryciem codziennego zapotrzebowania na te pierwiastki [12].

Tabela 3. Dienne zapotrzebowanie dorosłego człowieka na Na, K i Ca oraz zestawienie z wartościami dostarczonymi wraz ze spożyciem mieszanki przyprawowej dołączonej do zupki chińskiej nr 2 [mg]

Table 3. Daily requirement of Na, K, and Ca for an adult and comparison with the values provided by consuming spice mixture included with instant noodle soup no. 2 [mg]

Pierwiastek	Dzienne zapotrzebowanie [mg] [13]	Ilość dostarczona wraz ze spożyciem zupki nr 2 [mg]	% dziennego zapotrzebowania
Na	1500	1979	131,93%
K	4700	20	0,43%
Ca	2500	31	1,24%

Źródło: opracowanie własne na podstawie [13].

Największą uwagę zwraca zawartość sodu, którego ilość w jednej porcji zupki nr 2 wynosi 1979 mg, co stanowi aż 131,93% codziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek dorosłego człowieka.

Oznacza to, że spożycie zaledwie jednego opakowania mieszanki przypraw powoduje przekroczenie zalecanej codziennej normy, co może mieć konsekwencje zdrowotne, zwłaszcza w kontekście nadciśnienia tętniczego oraz chorób sercowo-naczyniowych. Należy również podkreślić, że oznaczono jedynie ilość sodu pochodzącą z mieszanki przyprawowej, a zatem jego rzeczywista ilość dostarczana do organizmu może być jeszcze wyższa, jeśli uwzględnimy jego obecność w makaronie lub saszetce z olejem.

Oznaczanie zawartości glutaminianu sodu metodą zielonej spektrofotometrii

Zawartość glutaminianu sodu w badanych mieszankach przyprawowych oznaczono przyjazną dla środowiska metodą spektrofotometryczną, wykorzystującą reakcję glutaminianu sodu z kwasem askorbinowym (pomiar pośredni). Wyniki zaprezentowano w tabeli 4, a wartości wyrażono jako mg glutaminianu sodu zawartego w 1 g mieszanki przyprawowej.

Tabela 4. Zawartość glutaminianu sodu w badanych mieszankach przyprawowych
Table 4. Average concentration of monosodium glutamate in the spice mixtures tested

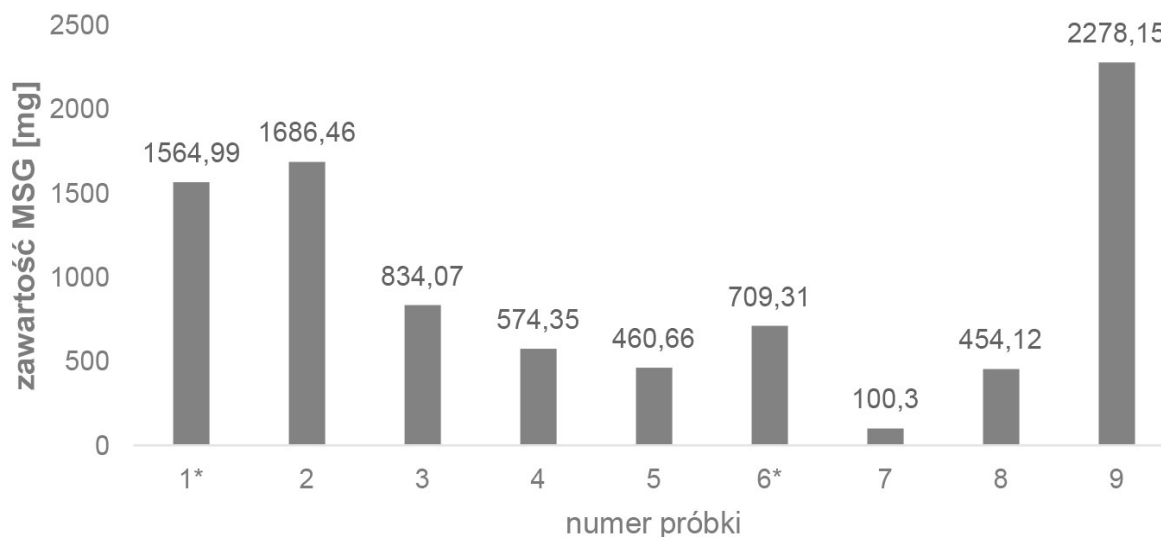
Nr próbki	MSG [mg/g] ± SD
1.	223,57 ± 2,03
2.	172,97 ± 0,32
3.	165,49 ± 0,00
4.	136,75 ± 0,00
5.	109,68 ± 0,45
6.	101,33 ± 0,00
7.	18,17 ± 0,45
8.	49,63 ± 0,00
9.	228,730,36

Źródło: opracowanie własne.

Zawartość glutaminianu sodu w badanych próbkach była bardzo zmienna i wahała się od 18,17 mg/g (próbka nr 7) do 228,73 mg/g (próbka nr 9). Różnica pomiędzy nimi była ponad dwunastokrotna. Próbka nr 8, podobnie jak próbka nr 7, również charakteryzowała się dość niską zawartością MSG, wynoszącą 49,63 mg. Próbki nr 2, 3, 4, 5 i 6 odznaczały się średnią w kierunku do wysokiej zawartością glutaminianu sodu i mieściły się w przedziale od 101,33 do 172,97 mg/g. Natomiast próbka nr 1 zawierała go aż 223,57 mg/g, co daje wynik niewiele mniejszy od najwyższego. Zakładając uśrednioną masę pojedynczej saszetki z przyprawami, wynoszącą 7 g, różnica w ilości glutaminianu sodu dostarczanego w jednej porcji między próbką o najniższej i najwyższej zawartości wynosiła aż 1437,8 mg (rys. 6). Daje to prawie 1,5-gramową, a więc znaczną różnicę w ilości dodatku tego wzmacniacza smaku, co – ze względu na to, że badane były produkty tego samego typu i o tym samym smaku – jest zastanawiające. Jednak, biorąc pod uwagę bardziej szczegółowe dane, okaże się, że różnica ta jest w rzeczywistości jeszcze wyższa. Mieszanka przyprawowa pozyskana z dania nr 7 zawierała około 5,5 g, podczas gdy ta z próbki nr 9 prawie 10 g glutaminianu sodu.

Po uwzględnieniu tych informacji w obliczeniach okaże się, że po spożyciu tej pierwszej do organizmu dostarczymy 100,3 mg glutaminianu sodu, natomiast po spożyciu tej drugiej – 2,3 g. Jak więc widać, różnica ta jest znacząca i wynosi dokładnie 2199,7 mg.

Ilość glutaminianu sodu w mieszankach przyprawowych



Rysunek 5. Rys. 1. Zawartość glutaminianu sodu [mg] w badanych mieszankach przyprawowych. (*) do wyliczeń użyta została uśredniona waga mieszanki przyprawowej (7 g), ze względu na brak tej informacji od producenta

Figure 5. Amount of monosodium glutamate [mg] present in each spice mixture tested. (*) The average weight of the spice mixture (7 g) was used for calculations due to the lack of this information from the manufacturer

Źródło: opracowanie własne.

Zestawiając wyniki przedstawione na obu wykresach, można zauważyć podobne tendencje. Mieszanka przyprawowa nr 7 ponownie w zestawieniu zajmuje ostatnie miejsce pod względem zawartości glutaminianu sodu, natomiast mieszanka nr 9 odznacza się najwyższą zawartością MSG. W przypadku pozostałych analizowanych próbek można zaobserwować zmienną pozycję w zestawieniu. Po uwzględnieniu wszystkich danych okazuje się, że mieszanka nr 6 przewyższa pod względem zawartości MSG próbki nr 4 i 5, czego na poprzednim wykresie nie odnotowano. Podobny wzrost zawartości MSG obserwuje się w przypadku mieszanki nr 2, która w tym wypadku wyprzedza próbkę nr 1. W innych tego typu badaniach poziom glutaminianu sodu oznaczono na poziomie około 700 mg na opakowanie [13] oraz w zakresie 2,9–4,7% masy całego produktu (uwzględniając w tym również makaron) [14], co, przy założeniu, że jedna mieszanka przypraw waży około 7 g, przekłada się na ponad 2–3 g soli MSG. Wpływ na różnice może mieć oczywiście konkretny smak, firma czy kraj, z którego pochodzi dana zupka, natomiast nie zmienia to faktu, że wartości te są bardzo wysokie. Warto się w tym miejscu przyjrzeć dopuszczalnym normom spożycia tego wzmacniacza smaku. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) określił tę wartość jako 30 mg/kg masy ciała na dobę [15].

Przyjmując, że dorosły, zdrowy człowiek waży ok. 70 kg, wartość MSG, jaką może dziennie spożyć, wynosi 2100 mg. Większość przebadanych mieszanek przyprawowych tego progu nie przekracza. Niestety nie można tego powiedzieć o daniu nr 9. Jego zawartość glutaminianu przewyższa dopuszczalne maksymalne spożycie o prawie 10%, co oznacza, że już jednorazowe spożycie tego produktu powoduje przekroczenie rekomendowanej dawki. Stosowanie diety bogatej w produkty o podwyższonej zawartości MSG może zatem przyczyniać się do wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych. Należy również zauważyć, że człowiek spożywa w ciągu doby więcej niż jeden posiłek, a glutaminian sodu coraz częściej dodawany jest do różnego typu produktów, szczególnie tych gotowych do spożycia, jak również do mieszanek przyprawowych używanych w codziennym gotowaniu. Ponadto jest on naturalnie występującym składnikiem żywności, a zwłaszcza tej powstającej w procesie fermentacji oraz bogatej w białko. Przykładami takich produktów mogą być sery, konserwy i przetwory mięsne oraz wszelkiego rodzaju azjatyckie sosy, m.in. sos sojowy. Do grupy produktów bogatych w glutaminian należą również orzechy, owoce morza oraz grzyby (m.in. shiitake, które miały swój udział w odkryciu smaku umami) [16–17].

Podsumowanie

Celem badań była analiza składu oraz właściwości mieszanek przyprawowych w wybranych produktach spożywczych typu *instant*. Produkty te, mimo powszechnej dostępności i dużej popularności, wciąż budzą wiele wątpliwości co do ich wartości odżywczej oraz wpływu na zdrowie. W trakcie badań potwierdzono obecność znacznych ilości glutaminianu sodu w niemal każdej z analizowanych próbek, co nie jest zaskoczeniem, zważywszy na charakter analizowanych produktów oraz rolę, jaką MSG pełni jako najpowszechniej stosowany wzmacniacz smaku. Może to wynikać zarówno z chęci poprawy walorów smakowych dania, jak i próby maskowania niskiej jakości surowców podstawowych. Mimo że sam glutaminian jest ogólnie uznawany za bezpieczny w umiarkowanych ilościach, jego nadmierne spożycie może wiązać się z pewnymi zagrożeniami zdrowotnymi, zwłaszcza w przypadku osób spożywających go regularnie. W pracy zastosowano spektrofotometryczną metodę oznaczania MSG, zgodną z zasadami zielonej chemii, co zapewniło ekologiczne podejście przy zachowaniu zadowalającej efektywności.

Równolegle do oznaczeń glutaminianu prowadzono badania zawartości składników mineralnych, takich jak sód, potas oraz wapń, które są istotne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Wyniki wykazały, że zawartość K i Ca w badanych próbkach nie jest szczególnie znacząca, podczas gdy zawartość Na była

niepokojąco wysoka. Stanowi to istotne ryzyko zdrowotne, szczególnie w kontekście nadciśnienia tętniczego oraz zaburzeń gospodarki wodno-elektrolitowej. Taka charakterystyka składu produktów *instant* potwierdza ich niską wartość odżywczą i ograniczoną przydatność jako elementu zbilansowanej diety.

Ocena zdolności antyoksydacyjnej analizowanych próbek, przeprowadzona z użyciem metod FRAP oraz DPPH, wykazała, że całkowita aktywność antyoksydacyjna była umiarkowana w przypadku mieszanek przyprawowych oraz wyraźna w przypadku czystego glutaminianu sodu. Może to sugerować jego istotny udział w ogólnej zdolności przeciwutleniającej produktów *instant*. Mimo to nie powinny być one traktowane jako znaczące źródło antyoksydantów w diecie, szczególnie w porównaniu z naturalnymi owocami i warzywami. Dodatkowo dokonano analizy całkowitej zawartości związków polifenolowych. Ich ilość w badanych mieszankach przyprawowych okazała się niewielka lub zbyt niska, aby możliwe było jej oznaczenie, co może wynikać z wysokiego stopnia przetworzenia produktów tego typu.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują jednoznacznie, że żywność typu *instant*, mimo swojej wygody i atrakcyjności, nie powinna stanowić podstawy codziennego żywienia. Produkty te cechuje wysoki poziom przetworzenia, niska wartość odżywcza oraz obecność licznych dodatków do żywności, które mogą mieć niekorzystny wpływ na zdrowie przy ich nadmiernym spożyciu. Uzyskane dane potwierdzają potrzebę zwiększania świadomości konsumentów w zakresie składu i jakości tego typu produktów oraz promowania świadomych wyborów żywieniowych.

Literatura

- [1] Krełowska-Kułas M., Badanie preferencji konsumentckich żywności wygodnej, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 2005, 678, s. 141–148.
- [2] Soroka M. D., Glutaminian sodu – smak niezdrowej chemii? 2017, Narodowe Centrum Edukacji Żywieniowej, <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/glutaminian-sodu-smak-niezdrowej-chemii/> (stan na dzień).
- [3] World Health Organisation, Monosodium L-Glutamate, 1987; <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/2257> (stan na dzień).
- [4] PubChem, Monosodium Glutamate (compound), <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23672308#section=MeSH-Entry-Terms> (stan na dzień).
- [5] European Food Safety Authority, EFSA reviews safety of glutamates added to food, 2017, <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/170712> (stan na dzień).
- [6] Rumpf J., Burger R., Schulze M., Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins, International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 233, 23470.