

STRESZCZENIE

Właściwości białek i peptydów z wybranych gatunków owadów jadalnych

Entomofagia (z grec. *éntomon* – owad i *phageín* – jeść), czyli spożywanie owadów przez człowieka popularna w wielu krajach świata staje się coraz bardziej znana również w Europie. Najważniejszym składnikiem odżywczym obecnym w owadach jest pełnowartościowe białko. Z uwagi na fakt, że naturalne zasoby białka mogą być niewystarczające z powodu szybkiego przyrostu ludności na świecie, poszukiwanie nowych źródeł tego składnika przyczyniło się do wzrostu zainteresowania owadami w Europie. Owady są zasobne w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, są źródłem witamin – głównie witamin z grupy B oraz w mniejszych ilościach witamin E, A i C, a także składników mineralnych takich jak: żelazo, wapń, magnez, cynk, potas, fosfor, czy selen. Konsumpcja owadów jadalnych stała się polecana nie tylko ze względu na ich wysoką wartość odżywczą, ale także przyjazny wpływ na środowisko, ponieważ ich hodowla wymaga znacznie mniejszego zużycia wody pitnej i paszy niż hodowla zwierząt gospodarskich, emitując tym samym znacznie mniejsze ilości gazów cieplarnianych.

Wśród dostępnej literatury dominują prace poświęcone wartości odżywczej owadów. Natomiast w ostatnich latach wzrosło zainteresowanie badaniem potencjału biologicznego białek otrzymanych z owadów jako źródła bioaktywnych peptydów, co opisano w pracy I. Peptydy otrzymywane z białek owadów wykazują właściwości przeciwgrzybicze, przeciwbakteryjne, przeciwutleniające, przeciwcukrzycowe, ale jako pierwsze i zarazem najczęściej badane były właściwości przeciwnadciśnieniowe (inhibitorowe wobec konwertazy angiotensyny (ACE)).

Bioaktywne składniki żywności, takie jak peptydy, dzięki swej aktywności przeciwutleniającej i przeciwzapalnej mogą odgrywać istotną rolę w prewencji coraz częściej występujących chorób cywilizacyjnych. Mechanizm działania peptydów przeciwutleniających obejmuje m.in. neutralizowanie wolnych rodników czy chelatowanie jonów metali przejściowych będących katalizatorami reakcji Fentona. Właściwości przeciwzapalne dotyczą natomiast hamowania aktywności lipooksygenazy (LOX) i cyklooksygenazy-2 (COX-2). Celem pracy było zbadanie właściwości prozdrowotnych peptydów otrzymanych podczas enzymatycznej hydrolizy białek wybranych gatunków owadów jadalnych. Przedmiotem badań były dorosłe świerszcze bananowe (*Gryllodes sigillatus*), dorosłe szarańcze pustynne (*Schistocerca gregaria*) oraz larwy mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*). Do badań

zastosowano zmielone do postaci mączki zarówno owady surowe jak i poddane obróbce termicznej (gotowanie i pieczenie) oraz otrzymane z nich preparaty białkowe.

W pracach **II–III** wybrane gatunki owadów (świerszcz bananowy (*Grylloides sigillatus*), szarańcza pustynna (*Schistocerca gregaria*), mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*)) i otrzymane z nich preparaty białkowe analizowano w aspekcie ustalenia ich wartości odżywczej i cytotoksyczności, a także określenia ich właściwości funkcjonalnych. W ramach wartości odżywczej oznaczono kaloryczność, profil aminokwasowy i kwasów tłuszczowych, oraz zawartość składników mineralnych (**II**). Oznaczono także wpływ obróbki termicznej owadów na cytotoksyczność wobec fibroblastów ludzkiej skóry hydrolizatów otrzymanych po ich trawieniu *in vitro* (**II**).

W celu ukierunkowania zastosowania owadów w przemyśle spożywczym wykonano oznaczenie właściwości funkcjonalnych białek obecnych w zmielonych owadach oraz w preparatach białkowych z nich przygotowanych, które obejmowały: rozpuszczalność białek, zdolność absorpcji wody i tłuszczu, wydajność pienienia i stabilność piany oraz aktywność emulgowania i stabilność emulsji (**III**). Dokonano również oceny sensorycznej badanych postaci owadów jadalnych tj. zmielonych oraz preparatów białkowych (**III**).

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że szarańcza charakteryzowała się najwyższą zawartością białka (76% s.m.), przy najniższej zawartości tłuszczu (12,97% s.m.) i najniższej kaloryczności (432 kcal/100g). Wysoką zawartość białka oznaczono również w świerszczu (70% s.m.), natomiast mącznik posiadał najniższą zawartość białka (52,35% s.m.) przy najwyższej zawartości tłuszczu (24,7% s.m.) (**II**). Przeprowadzone *in vitro* badania cytotoksyczności wobec fibroblastów ludzkiej skóry pozwalają stwierdzić, że hydrolizaty otrzymane z surowych, gotowanych i pieczonych owadów są bezpieczne dla zdrowia człowieka z wyjątkiem szarańczy, dla której tylko obróbka termiczna owada gwarantuje bezpieczeństwo zdrowotne (**II**). Ponadto stwierdzono, że białko świerszcza bananowego (*Grylloides sigillatus*) posiada dobrą rozpuszczalność w szerokim zakresie pH, a otrzymana z niego mączka i preparat białkowy charakteryzują się najlepszymi właściwościami funkcjonalnymi spośród wszystkich przebadanych gatunków (**III**). W ramach oceny organoleptycznej preparatów białkowych i mączek otrzymanych z owadów najlepiej oceniony został preparat białkowy z szarańczy. Preparaty białkowe wykazywały lepsze właściwości

funkcjonalne i były lepiej ocenione w zakresie oceny organoleptycznej niż mączki z owadów, co czyni je bardziej przydatnymi z punktu widzenia technologii żywności (III).

W pracach IV–V podjęto badania oceny białek owadów jako prekursorów przeciwutleniających peptydów z uwzględnieniem wpływu obróbki termicznej. W tym celu analizowane gatunki owadów jadalnych zostały poddane gotowaniu i pieczeniu oraz przygotowano z nich preparaty białkowe. Zarówno preparaty białkowe jak i gotowane, pieczone oraz surowe owady poddano trawieniu w warunkach symulujących układ pokarmowy, a następnie wchłanianiu *in vitro* przy użyciu półprzepuszczalnej membrany o odcięciu 3,5 kDa. W otrzymanych hydrolizatach oraz frakcjach peptydowych <3,5kDa oznaczono właściwości przeciwutleniające obejmujące zdolność do neutralizowania wolnych rodników generowanych z ABTS i DPPH, zdolność do chelatowania jonów Fe^{2+} , siłę redukcji jonów żelaza Fe^{3+} oraz właściwości przeciwzapalne wyrażone jako zdolność do hamowania aktywności lipooksygenazy i cyklooksygenazy-2 (IV). W kolejnym etapie badań przeprowadzono rozdział peptydów o masie cząsteczkowej <3,5 kDa przy użyciu metod chromatograficznych. Następnie oznaczono właściwości przeciwutleniające frakcji uzyskanych po rozdziale chromatograficznym. Frakcje o najwyższych właściwościach przeciwutleniających poddano analizie przy użyciu spektrometrii mas, co pozwoliło na wyznaczenie mas cząsteczkowych i sekwencji aminokwasowej peptydów. Na podstawie analizy widm masowych otrzymanych peptydów wybrano po jednym unikalnym peptydzie z każdego wariantu owada (surowy, gotowany, pieczony i preparat białkowy), a następnie w celu jednoznacznego potwierdzenia, który z peptydów odpowiada za specyficzną aktywność biologiczną, przeprowadzono ich syntezę chemiczną. W ostatnim etapie badań oznaczono właściwości przeciwutleniające i przeciwzapalne zsyntetyzowanych chemicznie peptydów w celu potwierdzenia, iż za aktywność hydrolizatów białek owadów odpowiadają fizjologicznie aktywne peptydy (V).

Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że najczęściej najlepszymi właściwościami przeciworodnikowymi oraz inhibitorowymi wobec LOX i COX-2 charakteryzowały się hydrolizaty i frakcje peptydowe otrzymane z preparatów białkowych owadów, natomiast najslabszymi – z surowych owadów. W znacznej większości analizowanych przypadków obróbka termiczna owadów powodowała poprawę badanych właściwości, a lepsze rezultaty uzyskiwano w wyniku pieczenia (IV–V).

Fracje peptydowe stanowiące mieszaninę peptydów posiadają wyższą aktywność przeciwutleniającą i przeciwzapalną niż poszczególne syntetyczne peptydy, a spośród syntetycznie otrzymanych peptydów posiadających sekwencję aminokwasów taką samą jak zidentyfikowane, pochodzące z białek badanych owadów, peptyd o sekwencji FDPFPK wyróżniał się najlepszymi właściwościami przeciwutleniającymi i przeciwzapalnymi (V).

Odniesienie do publikacji:

- (I) **Zielińska E.**, Karaś M., Jakubczyk A., Zieliński D., Baraniak B. (2018) Edible insects as source of proteins. [W]: Red. Mérillon JM., & Ramawat K. *Bioactive Molecules in Food*. Reference Series in Phytochemistry. Wyd. Springer.
- (II) **Zielińska E.**, Baraniak B., Karaś M., Rybczyńska K. & Jakubczyk A., 2015, Selected species of edible insects as a source of nutrient composition, *Food Research International*, 77, 460-466.
- (III) **Zielińska E.**, Karaś M., Baraniak B. (2018) Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. *LWT – Food Science and Technology*, 91, 168-174.
- (IV) **Zielińska E.**, Baraniak B., Karaś M., 2017, Antioxidant and anti-inflammatory activities of hydrolysates and peptide fractions obtained by enzymatic hydrolysis of selected heat-treated edible insects. *Nutrients*, 9(9), 970.
- (V) **Zielińska E.**, Baraniak B., Karaś M., 2018, Identification of antioxidant and anti-inflammatory peptides obtained by simulated gastrointestinal digestion of three edible insects species (*Gryllobates sigillatus*, *Tenebrio molitor*, *Schistocerca gregaria*). *International Journal of Food Science and Technology*, doi:10.1111/ijfs.13848.