

FRAKCJA LIPIDOWA I BIAŁKOWA NASION KONOPI SIEWNYCH (*C. SATIVA* L.) ORAZ JEJ KORZYSTNY WPŁYW NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

Lipid and protein fraction of hemp seed (*C. sativa* L.) and its beneficial influence on human health

Grzegorz Dąbrowski, Marta Skrajda*

Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych
Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych
Pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn
e-mail: marta.skrajda@uwm.edu.pl

Abstrakt

Wprowadzenie i cel pracy: Konopie siewne wykorzystywane są od tysięcy lat do produkcji włókien oraz oleju z nasion. W ostatnim czasie nasiona tej rośliny wykorzystuje się także do produkcji izolatów i hydrolizatów białek. Celem niniejszej pracy jest opisanie składu frakcji tłuszczowej i białkowej nasion konopi siewnych oraz potencjału zdrowotnego oleju oraz izolatów i hydrolizatów białkowych pochodzących z tego surowca.

Skrócony opis stanu wiedzy: Nasiona konopi są bogatym źródłem oleju oraz białka. Skład oleju jest korzystny z żywieniowego punktu widzenia z uwagi na duży udział niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) oraz korzystne proporcje kwasów n-6/n-3. Olej konopny zawiera także duże ilości związków bioaktywnych, takich jak fitosterole, karotenoidy, polifenole i tokoferole. Białko konopi cechuje się dobrym składem aminokwasów oraz jest źródłem bioaktywnych peptydów o działaniu antyoksydacyjnym.

Podsumowanie: Ze względu na zawartość oleju o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych i wartościowego białka, nasiona konopi powinny być coraz częściej wprowadzane do codziennej diety.

Słowa kluczowe: konopie siewne, NNKT, bioaktywne peptydy, tokoferole, fitosterole, polifenole, karotenoidy

Abstract

Introduction and purpose: Hemp are used for thousands of years to obtain the fiber and seed oil. Recently, the hemp seeds are also used for the production of protein hydrolysates and isolates. The aim of this study is to describe the composition of the fat and protein fractions. In addition health benefits of the consumption of the oil and protein hydrolysates and isolates will be described.

Brief description of the state of the knoweledge: Hemp seeds are a rich source of oil and protein. The oil composition is beneficial from a nutritional point of view due to the high content of essential fatty acids (EFAs) in the optimal ratio of n-6 / n-3. Hemp oil also contains large amounts of a bioactive compounds, such as sterols, carotenoids, polyphenols and tocopherols. Hemp protein is well balanced in terms of amino acids composition and is a source of bioactive peptides with antioxidant activity.

Summary: Due to the preferred oil fatty acid composition and valuable proteins, seeds should be increasingly incorporated into the daily diet.

Keywords: hemp, EFA, bioactive peptides, tocopherols, phytosterols, polyphenols, carotenoids

Wstęp

Rodzaj *Cannabis* obejmuje trzy główne gatunki: *C. sativa*, *C. indica* i *C. ruderalis*. Konopie siewne (*C. sativa* L.) zaliczane są do ziół i mają długie, cienkie kwiaty oraz spiczaste liście (Anwar i in. 2006, Vonapartis i in. 2015). Roślina ta jest znana i wykorzystywana już od tysięcy lat (Callaway 2004). Była uprawiana na całym świecie aż do początku lat dwudziestych, kiedy wielkość upraw gwałtownie zmalała. W tym czasie zakazano uprawy roślin będących źródłem tetrahydrokannabinolu będącego substancją psychoaktywną (Galasso i in. 2016). Najstarsze doniesienia na temat wykorzystywania konopi siewnych w celach leczniczych oraz żywieniowych znajdują się w tradycyjnej medycynie chińskiej (Callaway 2004). Roślina ta pochodzi z Azji Środkowej. Przez tysiące lat uprawiano ją jako źródło pożywienia, oleju spożywczego oraz surowiec do produkcji włókien i leków. W ostatnich czasach konopie stały się wartościowym źródłem włókien stosowanych w produkcji ubrań oraz składnikiem pasz dla zwierząt (Liang i in. 2015). Łyko zawarte w łodydze konopi pozwala uzyskać bardzo wytrzymałe tkaniny i papiery o specjalnym przeznaczeniu, takie jak m.in. płótno, torebki do herbaty, papier do produkcji pieniędzy czy bibułka do papierosów (Callaway 2004).

Cenną częścią roślin są również ich nasiona, w których dominującym składnikiem jest tłuszcz. Zawartość oleju w nasionach konopi może wynosić ponad 35%. Surowiec ten jest również bogaty w białko (ok. 25%) oraz węglowodany (ok. 28%) (Callaway 2004). Tłuszcz z nasion konopi odznacza się bardzo korzystnym składem kwasów tłuszczowych. Dominuje w nim kwas linolowy, a następnymi pod względem udziału są kwasy α - oraz γ -linolenowy. Proporcja kwasów n-6/n-3 wynosi ok. 3:1 i jest korzystna z żywieniowego punktu widzenia (Da Porto i in. 2012, Teh i Birch 2013). W oleju konopnym stwierdzono obecność karotenoidów, tokoferoli, polifenoli oraz steroli (Leizer i in. 2000, Aladić i in. 2015).

Duży udział tłuszczu o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych czyni te nasiona cennym składnikiem diety człowieka oraz pasz dla zwierząt. Udowodniono, że zastosowanie ich w żywieniu drobiu może pozwolić na zwiększenie zawartości kwasów linolowego i α -linolenowego w jajach, przy jednoczesnym obniżeniu zawartości kwasu palmitynowego

(Silversides i Lefrancois 2005). W badaniach na szczurach wykazano, że olej konopny zawiera składniki o działaniu hepatoprotekcyjnym, które zapobiegają uszkodzeniom wątroby wywołanym przez tetrachlorek węgla (Musa i in. 2015). Dzięki korzystnej proporcji n-6/n-3 olejowi temu przypisuje się działanie przeciwnowotworowe, przeciwzapalne i przeciwzakrzepowe. Zaobserwowano również poprawę metabolizmu i obniżenie poziomu cholesterolu we krwi (Leizer i in. 2000). Nasiona zawierają cenne białka, które dzięki swojemu składowi aminokwasowemu wykazują działanie przeciwutleniające (Girgih i in. 2013). Skład białka tych nasion czyni je doskonałym naturalnym źródłem aminokwasów (Wang i in. 2008). Z tego powodu w Kanadzie wprowadzono na rynek wiele różnych produktów na bazie nasion konopi, takich jak: przekąski, odtłuszczona mączka, koktajle białkowe, mleko konopne (o smaku waniliowym lub czekoladowym), batony, czy też oleje (House i in. 2010, Radocaj i in. 2014).

Uprawa konopi siewnych na cele żywieniowe jest ograniczona ze względu na obecność psychoaktywnego związku - tetrahydrokannabinolu (THC). Wykorzystanie roślin konopi o niskiej zawartości THC jest powodem wzrostu dostępności jadalnych nasion, będących produktem ubocznym podczas przemysłowego wytwarzania cennego włókna tej rośliny (Wang i in. 2009).

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest przegląd literatury dotyczącej składu frakcji tłuszczowej i białkowej nasion konopi siewnych oraz potencjału zdrowotnego oleju oraz izolatów i hydrolizatów białkowych pochodzących z tego surowca.

Olej z nasion konopi

Nasiona konopi siewnej składają się w około 25-35% z oleju złożonego w ponad 90% z nienasyconych kwasów tłuszczowych. Głównymi kwasami tłuszczowymi są kwas linolowy (18:2 n-6) oraz α -linolenowy (18:3 n-3), które należą do NNKT. Wartość żywieniową dodatkowo podnosi obecność kwasu γ -linolenowego (18:3 n-6, 'GLA') oraz stearydonowego (18:4 n-3, 'SDA'), które są biologicznymi metabolitami kwasu linolowego oraz α -linolenowego (Meizer i in. 2014, Callaway 2004).

W wyniku zmiany nawyków żywieniowych gwałtownie wzrosła ilość spożywanych tłuszczów *trans*. Wynikiem tego jest wzrost całkowitego cholesterolu przy jednoczesnym spadku ilości tzw. „dobrych” lipoprotein o wysokiej gęstości (HDL). Zmiany te mogą być odwrócone poprzez spożywanie nienasyconych kwasów tłuszczowych w formie *cis* (Erasmus 1999). Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WKT) są ważnym składnikiem diety. Jako składniki strukturalne fosfolipidów błon komórkowych mózgu biorą udział w regulacji czynności układu nerwowego, poprzez modyfikację systemu przekąźnikowego oraz regulację funkcji receptorów membranowych (Callaway 2004, Oomah i in. 2002). Termin NNKT odnosi się do kwasów tłuszczowych, które nie są metabolizowane w organizmie, a więc muszą być dostarczane wraz z dietą. W wyniku metabolizmu NNKT powstają eikozanoidy, z których powstają prostaglandyny, związki te które odpowiadają m.in. za krzepnięcie krwi, odpowiedź organizmu na stany zapalne oraz regulację immunologiczną. W wyniku konkurencji kwasów z rodziny n-6 i n-3 o enzym – desaturazę Δ -6 bardzo istotny jest stosunek, w jakich są spożywane. Wcześniej uważano, że odpowiedni stosunek mieści się w przedziale od 5:1 do 10:1 (n-6/...3). Obecnie ten pogląd się zmienił, a jako prawidłowe uznaje się stosunek od 2:1 do 3:1 (Simopoulos 1999, Simopoulos 2002). W idealnej diecie codzienne spożycie tłuszczów nie powinno dostarczyć więcej niż 15-20% energii, z czego około jedną trzecią powinny stanowić NNKT. Biorąc pod uwagę stosunek, w jakim powinny one występować, codzienne spożycie kwasu linolowego powinno wynosić ok. 9-18 g, a α -

linolenowego 6-7 g (przy diecie 2500 kcal/dzień) (Erasmus 1999). Ten cel łatwo osiągnąć poprzez spożywanie 3-5 łyżek stołowych oleju z nasion konopi.

Zarówno zawartość oleju w nasionach, jak i skład kwasów tłuszczowych może się różnić w zależności od odmiany oraz warunków uprawy, a także od metod produkcji i warunków przechowywania (Meizer i in. 2014). Galasso i in. (2016) przeprowadzili badania na 20 najbardziej popularnych odmianach konopi siewnej. Wykazali, że zawartość oleju różniła się istotnie statystycznie ($p < 0,01$) i mieściła się w zakresie od 28 do 36%. We wszystkich uzyskanych olejach dominującym kwasem tłuszczowym był kwas linolowy, który średnio stanowił ok. 55% ogółu oraz kwas α -linolenowy, z udziałem ok. 17%. Ich zawartości różniły się istotnie statystycznie pomiędzy przebadanymi odmianami. Ilość kwasu linolowego mieściła się w przedziale 46,1-58,1%, natomiast α -linolenowego w przedziale 12-28,4%. Średnio proporcja kwasów n-6/n-3 wynosiła 3,1:1, ale obszar rozrzutu to od 1,6:1 do 4,6:1. Suma nasyconych kwasów tłuszczowych osiągała średnio 10,8%, a jednonienasyconego kwasu oleinowego 13,4%. Kwasy GLA i SDA występowały w małych ilościach, a ich najwyższe udziały, dochodzące odpowiednio do 4,54 i 1,54% stwierdzono w odmianie Finola (Galasso i in. 2016). W badaniach Anwar i in. (2006) skupiono się natomiast na wpływie czynników agroekologicznych na skład olejów pozyskiwanych z *C. sativa* L. Ilość oleju wytłoczonego z pozyskiwanych nasion mieściła się w przedziale 26,9-31,5%. Głównymi kwasami tłuszczowymi były linolowy, α -linolenowy oraz oleinowy, których udział mieścił się odpowiednio w zakresach 56,5-60,5, 16,9-20 i 10,2-14,0%. Anwar i in. (2006). Wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (ok. 80-90%) może jednak powodować większą podatność na utlenianie (Meizer i in. 2014). Z tego powodu poszukuje się metod wydobycia zachowujących jakość tego cennego oleju. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się metody ekstrakcji nadkrytycznej z użyciem dwutlenku węgla (CO_2). Zaletami tej metody jest możliwość ekstrakcji substancji wrażliwych na wysokie temperatury i łatwo ulegających utlenianiu. Ponadto zastosowany rozpuszczalnik (CO_2) jest nietoksyczny, tani, łatwo go oddzielić od ekstraktu oraz wprowadzić w stan nadkrytyczny (32°C, 74 bary) (Da Porto i in. 2012). W badaniach Da Porto i in. (2012) określono wpływ metody ekstrakcji tą techniką na ilość oraz jakość uzyskanego oleju z nasion konopi. Wykazano, że zastosowana metoda nie wpływa istotnie statystycznie na skład kwasów tłuszczowych w olejach z konopi. Odnotowano natomiast różnice w ilości pozyskanego oleju oraz jego stabilność oksydacyjną. Chociaż zastosowanie ekstrakcji nadkrytycznej spowodowało wydobycie tylko od 16 do 22 g tłuszczu ze 100g nasion (metoda Soxhleta pozwoliła na odzysk 30 g tłuszczu ze 100g nasion), jednak stabilność tego oleju była ponad 12-krotnie wyższa. Olej ten był ponadto ponad 4-krotnie bardziej stabilny niż oliwa z oliwek (Da Porto i in. 2012).

Oprócz korzystnego składu kwasów tłuszczowych olej z nasion konopi posiada również inne składniki wykazujące korzyści zdrowotne. Zalicza się do nich głównie tokoferole, karotenoidy, sterole i polifenole. Tokoferole składają się z czterech izomerów oznaczonych jako: α -, β -, γ - oraz δ - i zaliczają się do grupy określanej ogólnie jako witamina E (Liang i in. 2015, Jiang 2014). Każda z form wykazuje trochę inne właściwości ze względu na szlaki metaboliczne do których jest włączana. Funkcja witaminy E oraz związana z tym suplementacja tokoferolami bazuje głównie na formie α -, natomiast wiele roślin, w tym konopie, posiadają głównie formę γ -. Forma α - występuje głównie w osoczu, natomiast formy γ -, głównie w jelicie (Stone i Papas 1997). γ -tokoferol ma najwyższą aktywność antyoksydacyjną, działa w warunkach *in vitro* nawet w koncentracji poniżej 50 ppm. Wykazuje także działanie ochronne w chorobie wieńcowej, a także jest uważany za substancję antykancerogenną (Leizer i in. 2000, Meizer i in. 2014). Badania Galasso i in. (2016) prowadzone na 20 odmianach konopi siewnych wykazały, że ogólna zawartość tokoferoli wynosi od 60 do 110 mg/100g oleju, przy średniej ok. 88 mg tokoferoli/100 g oleju. Ilość ta różni się istotnie statystycznie w zależności od odmiany, jednak zawsze

dominującą formą była γ -. Anwar i in. (2006) w badaniach prowadzonych na olejach z konopi uprawianych w 3 różnych lokalizacjach stwierdzili podobne zakresy zawartości tokoferoli, wynoszące odpowiednio dla α -, γ - oraz δ -tokoferolu 5,2, 66,5 oraz 4,9 mg/100g oleju. Teh i Birch (2013) porównywali zawartość tokoferoli w 3 olejach tłoczonych na zimno: rzepakowym, lnianym oraz z konopi. Wykazali, że oleje różniły się istotnie statystycznie zawartością tokoferoli, a olej z konopi wyróżniał się najwyższą ilością γ -tokoferolu oraz tokoferoli ogółem.

Karotenoidy są grupą naturalnych lipofilnych barwników, dających żółto-pomarańczowe zabarwienie. Zalicza się do nich karoteny, które zbudowane są tylko z węgla i wodoru oraz ksantofile, które zawierają dodatkowo co najmniej jeden atom tlenu. W oleju z konopi ilość karotenoidów waha się w zależności od metody produkcji i może wynosić od 3,1 mg/100g oleju przy tłoczeniu na zimno do 12,5 mg/100g oleju przy zastosowaniu ekstrakcji nadkrytycznej (Liang i in. 2015).

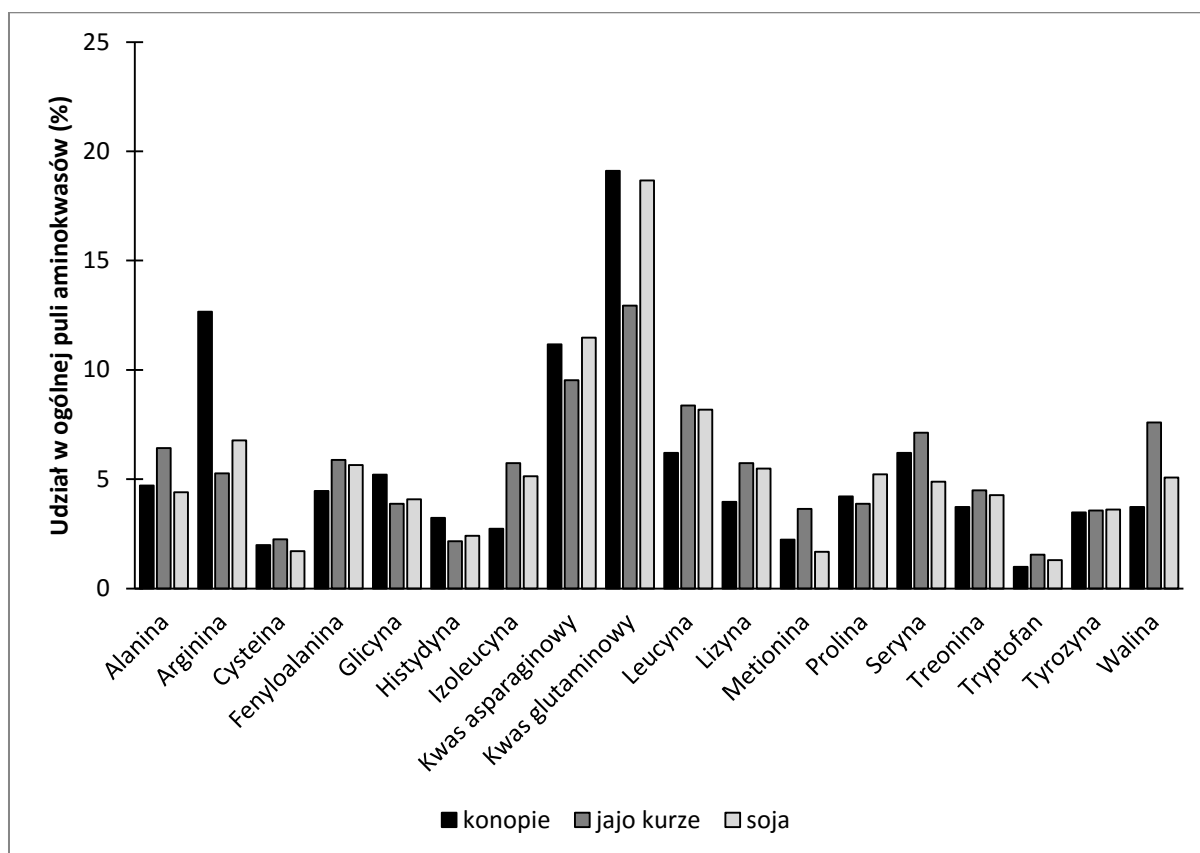
Kolejną grupą związków obecnych w oleju z nasion konopi są fitosterole. Jest to grupa metabolitów wtórnych, do których zalicza się sterole oraz stanole (nasycone formy steroli) (Andersson et al. 2014). Związki te znane są z możliwości obniżania frakcji LDL-cholesterolu w osoczu poprzez hamowanie absorpcji w jelicie cienkim (Nurmi i in. 2008). Badania wskazują, że spożycie 2 - 2,5g fitosteroli dziennie skutkuje obniżeniem koncentracji LDL - cholesterolu o 10% (Katan et al. 2004; Baigent et al. 2010). Według Matthaus i in. (2008), prowadzonych na 10 odmianach *C. sativa* L., całkowita ilość steroli w oleju z konopi mieści się w przedziale od 390 do 670 mg/100g oleju. Dominującym steroidem jest β -sitosterol, który stanowi ok. 70% wszystkich steroli, w mniejszych ilościach występują kampesterol (15%) oraz Δ^5 -awenasterol (5%).

Polifenole są szeroką grupą antyoksydantów hydrofilnych, a niektóre również amfifilowych. Jako składnik oleju wpływają na wydłużanie jego trwałości poprzez hamowanie reakcji oksydacji (Dąbrowski i in. 2016). Jednocześnie są cennym składnikiem diety, gdyż poprzez wygaszanie wolnych rodników chronią DNA, lipidy oraz białka przed oksydacją, która prowadzi do niezakaźnych chorób przewlekłych (Liang i in. 2015). W badaniach Gallaso i in. (2016) prowadzonych na olejach z 20 odmian konopi przeciętna zawartość polifenoli, wyrażona jako ekwiwalent kwasu kawowego (CAE), wynosiła ok. 86 mg/100g oleju. W zależności od odmiany wyniki różniły się istotnie statystycznie, a ilość polifenoli mieściła się w granicach od 58,8 do 106,3 mg CAE/100g oleju. Teh i Birch (2013) porównali z kolei olej z konopi z olejami lnianym i rzepakowym. Wyniki, wyrażone jako ekwiwalent kwasu galusowego, pokazały, że olej konopny zawierał istotnie statystycznie najwięcej polifenoli. Ważną grupą wśród polifenoli są flawonoidy, których najważniejszą funkcją w organizmie jest ochrona frakcji LDL cholesterolu przed oksydacją. Badania Teh i Birch (2013) wykazały, że zawartość flawonoidów, wyrażonych jako ekwiwalent luteoliny, wynosiła 19,5 mg/100g oleju z konopi,

Białka

Jak już wcześniej wspomniano nasiona konopi siewnych zawierają aż ok. 25% białka (). Głównymi białkami tego surowca są albumina oraz edestina, które są bogatym źródłem aminokwasów egzogennych. Na rys. 1. porównano skład aminokwasowy białek nasion konopi siewnych i soi oraz jaja kurzego. Białko jaja kurzego wg FAO/WHO jest wzorcowym dla organizmu człowieka białkiem pod względem udziału poszczególnych aminokwasów. Porównanie profili aminokwasowych tych białek wykazało, że białko konopne jest porównywalne do innych białek wysokiej jakości. Białko to cechuje się odpowiednią zawartością argininy i kwasu glutaminowego (Callaway 2004). Udziały niezbędnych

aminokwasów (z wyjątkiem lizyny i aminokwasów siarkowych) są odpowiednie dla 2-5 letnich dzieci według zaleceń FAO/WHO (Tang i in. 2006).



Rys. 1. Wykres porównujący procentowe składniki aminokwasowe białka nasion konopi siewnych, nasion soi i białka jaja kurczego (Callaway 2004, Raikos i in. 2015).

Białka roślinne mogą być źródłem bioaktywnych peptydów. Jednym z nich jest aktywność antyoksydacyjna polegająca na neutralizowaniu szkodliwego oddziaływania reaktywnych form tlenu. Zarówno endogenne, jak i egzogenne reaktywne formy tlenu, a także wolne rodniki, odgrywają kluczową rolę w rozwoju chorób zwyrodnieniowych i nowotworowych w organizmie człowieka. Ludzkie ciało jest wyposażone w naturalne mechanizmy neutralizujące niekorzystne skutki oddziaływania reaktywnych form tlenu. Polegają one na wykorzystaniu endogennych antyoksydantów. Jednakże nadmierne narażenie na działanie czynników oksydacyjnych może przerosnąć ochronne zdolności endogennych antyoksydantów, co może prowadzić do wzrostu stresu oksydacyjnego (Udenigwe i in. 2009). Nadmierna ilość reaktywnych form tlenu w organizmie może skutkować uszkodzeniami błon komórkowych, białek, enzymów i DNA, prowadząc do rozwoju przewlekłych stanów chorobowych (Urso i Clarkson 2003, Li i in 2008). Obecność aminokwasów, takich jak: histydyna, tyrozyna, metionina, lizyna, tryptofan czy prolina zwiększa siłę antyoksydacyjną żywności bogatej w białko i pomaga przeciwdziałać stresowi oksydacyjnemu (Pena-Ramos i Xiong 2004).

Aby bioaktywne peptydy mogły spełniać swoją funkcję w organizmie, niezbędna jest hydroliza białek. Wykorzystywane są do tego celu enzymy proteolityczne, takie jak np. pepsyna czy pankreatyna (Girgih i in. 2011, Girgih i in. 2014a). Antyoksydacyjne właściwości otrzymanych hydrolizatów w dużej mierze zależą od specyficzności enzymów, stopnia hydrolizy oraz natury uwalnianych peptydów, w tym masy cząsteczkowej, składu aminokwasowego i hydrofobowości (Girgih i in. 2011). Istnieje szereg opracowań na temat

czynników wpływających na aktywność antyoksydacyjną białkowych hydrolizatów pozyskanych z nasion konopi. Badania *in vitro* przeprowadzone przez Girgih i in. (2011) wykazały, że hydrolizat białkowy z nasion konopi oraz jego frakcje różniące się masą cząsteczkową, uzyskane w procesie ultrafiltracji skutecznie przeciwdziałają procesom oksydacyjnym. Zdolność uzyskanych peptydów do zmiatania rodników hydroksylowych i DPPH, redukcji jonów żelazowych i chelatowania jonów metali wskazuje na ich potencjalne zastosowanie do przeciwdziałania zaburzeniom metabolicznym, które powstają wskutek nadmiernego poziomu reaktywnych form tlenu. Na podstawie uzyskanych wyników autorzy sklasyfikowali odtłuszczoną mączkę z nasion konopi jako potencjalny surowiec do stosowania w produkcji prozdrowotnych peptydów. Związki te mogą być używane w projektowaniu żywności funkcjonalnej i nutraceutyków o szerokim spektrum bioaktywności. Również badania *in vivo* potwierdzają antyoksydacyjne działanie peptydów z mączki konopnej. Girgih i in. (2014b) w badaniach prowadzonych na szczurach potwierdzili, że białka nasion konopi i otrzymane z nich peptydy mogą być stosowane w celu obniżenia stresu oksydacyjnego. Właściwości te stwierdzono zarówno dla produktów białkowych poddanych, jak i nie poddanych hydrolizie. Zdolność białek niehydrolizowanych do obniżania stresu oksydacyjnego może być spowodowana poprzez uwalnianie bioaktywnych peptydów podczas trawienia. Mechanizm działania peptydów nasion konopi wydaje się obejmować regulację działania enzymów antyoksydacyjnych, wychwytywanie rodników oraz hamowanie peroksydacji lipidów. Wyniki uzyskane na szczurach korelują z zaobserwowaną *in vitro* aktywnością antyrodnikową oraz zdolnością chelatowania jonów metali. Na tej podstawie stwierdzono, że również białko konopne nie poddane hydrolizie może służyć jako istotny składnik diet obniżających stres oksydacyjny. Izolaty białek z konopi siewnych można stosować jako cenne źródło składników odżywczych dla niemowląt i dzieci dające potencjalne efekty terapeutyczne (Girgih i in. 2014b).

Wykorzystanie tych białek w technologii żywności może być ograniczane słabymi właściwościami funkcjonalnymi. Izolaty białek konopi, w porównaniu z sojowymi, cechują się znacznie niższym wskaźnikiem aktywności emulgującej, indeksem stabilności emulsji, zdolnością zatrzymywania wody oraz rozpuszczalnością w pH poniżej 8. Zdolność adsorpcji tłuszczu jest dla tych białek na podobnym poziomie. Złe właściwości funkcjonalne izolatów białek z konopi są powodowane w dużej mierze tworzeniem się kowalencyjnych wiązań disiarczkowych pomiędzy poszczególnymi cząsteczkami oraz dalszą ich agregacją w obojętnym lub kwaśnym pH (Tang i in. 2006). Hydroliza enzymatyczna pozwala modyfikować właściwości tych białek. Powoduje ona poprawę rozpuszczalności, jednakże w jej wyniku pogorszeniu ulegają właściwości powierzchniowo-czynne. Szansą na poprawę właściwości funkcjonalnych może być zastosowanie hydrolizy połączonej z działaniem transglutaminazy lub reakcji Maillarda z polisacharydami (Yin i in. 2008). Pomimo tych trudności warto wprowadzać białka z nasion konopi do diety. Choć ich właściwości funkcjonalne w porównaniu do białek soi są gorsze, to jednak cechują się one lepszą strawnością. Wang i in. (2008) potwierdzili to w badaniach *in vitro* z zastosowaniem pepsyny i trypsyny.

Podsumowanie

Podsumowując, nasiona konopi siewnych zawierają ok. 25-35% oleju, w którym ok. 75% stanowią NNKT. Kwasy n-6 i n-3 występują w zalecanej proporcji (ok. 3:1). Olej ten jest ponadto cennym źródłem substancji o charakterze antyoksydacyjnym, antykancerogennym i przeciwzapalnym. Metoda ekstrakcji nadkrytycznej daje możliwość pozyskania oleju bardziej stabilnego oksydacyjnie oraz o zwiększonej ilości antyoksydantów.

W nasionach tej rośliny obecne są również białka o korzystnym składzie aminokwasów. Są one łatwostrawne, dzięki czemu mogą być efektywnie wykorzystywane przez organizm. W wyniku

hydrolizy *in vitro* lub trawienia uwalniane są z nich bioaktywne peptydy, m.in. o działaniu przeciwutleniającym.

References:

1. Aladić K, Jarni K, Barbir T, Vidović S, Vladić J, Bilić M i wsp. Supercritical CO₂ extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Industrial Crops and Products*. 2015; 76(2015): 472-478.
2. Andersson AA, Dimberg L, Åman P, Landberg R. Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye. *Journal of Cereal Science*. 2014; 59(3): 294-311.
3. Anwar F, Latif S, Ashraf M. Analytical characterization of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil from different agro-ecological zones of Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006; 83(4): 323-329.
4. Baigent C, Blackwell L, Emberson J, Holland LE, Reith C, Bhalra N i wsp. Efficacy and safety of more intensive lowering of LDL cholesterol: A meta-analysis of data from 170,000 participants in 26 randomised trials. *Lancet*. 2010; 376(9753): 1670-1681.
5. Callaway JC. Hempseed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica*. 2004; 140(1-2): 65-72.
6. Da Porto C, Decorti D, Tubaro F. Fatty acid composition and oxidation stability of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil extracted by supercritical carbon dioxide. *Industrial Crops and Products*. 2012; 36(1): 401-404.
7. Erasmus U. *Fats that Heal, Fats that Kill*. Alive Books. 1999.
8. Galasso I, Russo R, Mapelli S, Ponzoni E, Brambilla IM, Battelli G, Reggiani R. Variability in seed traits in a collection of *Cannabis sativa* L. genotypes. *Frontiers in Plant Science*. 2016; 7: 1-9.
9. Girgih AT, Alashi AM, He R, Malomo SA, Raj P, Netticadan T i wsp. A novel hemp seed meal protein hydrolysate reduces oxidative stress factors in spontaneously hypertensive rats. *Nutrients*. 2014b; 6(12): 5652-5666.
10. Girgih AT, He R, Malomo S, Offengenden M, Wu J, Aluko RE. (2014a). Structural and functional characterization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein-derived antioxidant and antihypertensive peptides. *Journal of Functional Foods*. 2014a; 6: 384-394.
11. Girgih AT, Udenigwe CC, Aluko RE. In vitro antioxidant properties of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate fractions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2011; 88(3): 381-389.
12. Girgih AT, Udenigwe CC, Aluko RE. Reverse-phase HPLC separation of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate produced peptide fractions with enhanced antioxidant capacity. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2013; 68(1): 39-46.
13. House JD, Neufeld J, Leson G. Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2010; 58:11801-7.
14. Jiang Q. Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radical Biology and Medicine* 2014; 72: 76-90.
15. Katan MB, Grundy SM, Jones P, Law M, Miettinen T, Paoletti R i wsp. Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. In *Mayo Clinic Proceedings*. 2003; 78(8): 965-978

16. Leizer C, Ribnicky D, Poulev A, Dushenkov S, Raskin I. The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*. 2000; 2(4): 35-53.
17. Li Y, Jiang B, Zhang T, Mu W, Liu J. Antioxidant and free radical scavenging activities of chickpea protein hydrolysate (CPH). *Food Chemistry*. 2008; 106: 444–450
18. Liang J, Appukuttan Aachary A, Thiyam-Holländer U. (2015). Hemp seed oil: Minor components and oil quality. *Lipid Technology*. 2015; 27(10): 231-233.
19. Matthäus, B., & Brühl, L. Virgin hemp seed oil: An interesting niche product. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008; 110(7): 655-661.
20. Musa EM, EL Badwi SM, Jah Elnabi MA, Osman EA, Dahab MM. Hepatoprotective and toxicity assessment of *Cannabis sativa* seed oil in Albino rat. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2015; 1(2012): 69-76
21. Nurmi T, Nystrom L, Edelmann M, Lampi AM, Piironen V. Phytosterols in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*. 2008; 56(21): 9710-9715.
22. Oomah BD, Busson M, Godfrey DV, Drover JC. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry*. 2002; 76(1): 33-43.
23. Pena-Ramos EA, Xiong YL. Antioxidant activity of soy protein hydrolysates in a liposomal system. *Journal of Food Science*. 2004; 67: 2952–2959.
24. Radočaj O, Dimić E, Tsao R. Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oilpress-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *Journal of Food Science*. 2014; 79(3): C318-C325.
25. Raikos V, Duthie G, Ranawana V. Denaturation and oxidative stability of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) Protein isolate as affected by heat treatment. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2015; 70(3): 304-309.
26. Silversides FG, Lefrancois MR. The effect of feeding hemp seed meal to laying hens. *British Poultry Science*. 2005; 46(2): 231-235.
27. Simopoulos AP. Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1999; 70: 560–569.
28. Simopoulos AP. The importance of the n-6/n-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2002; 56(8): 365–379.
29. Stone W, Papas A. Tocopherols and the etiology of colon cancer. *Journal of the National Cancer Institute*. 1997; 89(14): 1006-1014.
30. Tang CH, Ten Z, Wang XS, Yang XQ. Physicochemical and functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006; 54(23): 8945-8950.
31. Teh SS, Birch J. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2013; 30(1): 26-31.
32. Udenigwe CC, Lu Y-L, Han C-H, Hou W-C, Aluko RE. Flaxseed protein-derived peptide fractions: antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. *Food Chemistry*. 2009; 116: 277–284
33. Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*. 2003; 189: 41–45
34. Vonapartis E, Aubin MP, Seguin P, Mustafa AF, Charron JB. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015; 39: 8-12.

35. Wang XS, Tang CH, Chen L, Yang XQ. Characterization and antioxidant properties of hemp protein hydrolysate obtained with neutrase. *Food Technology and Biotechnology*. 2009; 47: 428–434
36. Wang XS, Tang CH, Yang XQ, Gao WR. Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Food Chemistry*. 2008; 107(1): 11-18.
37. Yin SW, Tang CH, Cao JS, Hu EK, Wen QB, Yang XQ. Effects of limited enzymatic hydrolysis with trypsin on the functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate. *Food Chemistry*. 2008; 106(3): 1004-1013.
38. Yu LL, Zhou KK, Parry J. Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils. *Food Chemistry*. 2005; 91: 723–729.