

JOANNA WAWRYKA¹, AMADEUSZ TEODORCZYK¹, ZYGMUNT ZDROJEWICZ²

Zastosowanie lecznicze siemienia lnianego

Medical use of flaxseed

¹Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu²Katedra i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

KEYWORDS

flaxseed, polyunsaturated fatty acids (PUFA), α -linolenic acid, dietary fiber, health

SUMMARY

Flaxseed (*Linum usitatissimum*) is one of the oldest plant used in medical treatment. It is a rich source of micro- and macroelements (Ca, Mg, P, Cu, P, Zn), vitamins, soluble and insoluble dietary fiber, lignans and proteins relatively high in arginine, aspartic acid and glutamic acid whereas lysine, methionine and cystine are limiting amino acid. Thus, due to its nutritional composition it is a valuable potential component of the human diet. One of the most valuable components of flaxseed are polyunsaturated fatty acids (PUFA) with the highest content of α -linolenic acid (ALA). It belongs to fatty acids form of omega-3 family, which potential health benefits have been evaluated in many studies. In the organism it can be metabolized into docosahexaenoic acid (DHA) (ω -3) and eicosapentaenoic acid (EPA) (ω -3). α -linolenic acid (ALA) is beneficial in reducing cardio-vascular mortality and morbidity, reducing blood lipids, prevention of cancer, hypertension and diabetes mellitus. Flaxseed dietary fiber helps to keep better bowel movements and reduces the risk of constipation. It is also hypocholestermic agent. Lignans act as both antioxidants and phytoestrogens helping to prevent the osteoporosis, breast and ovarian cancer. It also have positive influence on blood lipid profile. The aim of the study was a review of literature on the nutritional composition of flaxseed, its health benefits, and influence to disease-prevention.

WSTĘP

Len zwyczajny jest jedną z najstarszych roślin uprawianych od początku cywilizacji (okolice Morza Śródziemnego i Azji Zachodniej) dostarczających włókien i oleju tłoczonego z nasion. Jest to roślina jednoroczna o wysokiej, delikatnej łodydze zwieńczonej niebieskimi kwiatami (1). Nazwa łacińska *Linum usitatissimum* może być przetłumaczona jako „bardzo użyteczny”. Wykorzystanie lecznicze nasion lnu było opisywane już w VI wieku przed naszą erą przez medyków greckich i rzymskich w schorzeniach takich jak: zapalenie błon śluzowych, bóle podbrzusza czy biegunka (1-3). Każda część rośliny jest wykorzystywana komercyjnie – bezpośrednio lub po przetworzeniu. Łodygi stanowią dobrej jakości włókna o dużej wytrzymałości i trwałości. Nasiona lnu (siemień lniane) są drobne i płaskie, barwy brązowoszarej, w kontakcie z wodą pęcznią i otaczają się śluzem. Tłoczy się z nich również olej roślinny o żółtym zabarwieniu i gorzkim smaku i zapachu (3-5).

Len był używany do lat 90. XX wieku głównie w przemyśle włókiennym i papierniczym.

Od dwóch dekad siemień lniane cieszy się wzmożonym zainteresowaniem w kręgu nauk dietetycznych i medycznych ze względu na korzyści zdrowotne wynikające z zawartości niektórych jego biologicznie aktywnych związków. Len stanowi również składnik stosowany w produkcji paszy dla zwierząt oraz w przemyśle chemicznym (1, 2, 4).

WARTOŚCI ODŻYWCZE

Nasiona lnu zawierają liczne aktywne biologicznie składniki o działaniu prozdrowotnym – wymienić należy przede wszystkim cenne z żywieniowego punktu widzenia kwasy tłuszczowe omega-3, białka, błonnik pokarmowy, lignany, witaminy (C, E, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆ oraz kwas foliowy) i składniki mineralne (Ca, Mg, P, Cu, P, Zn) (6, 7). Wartość odżywcza oraz zawartość składników bioaktywnych siemienia lnianego podane są w tabeli 1.

Siemień lniane składa się w 35-40% z lipidów i jest jednym z najbogatszych roślinnych źródeł kwasów tłuszczowych omega-3. Ich głównym przedstawicielem jest kwas α -linolenowy (ALA), będący w organizmie prekursorem

Tab. 1. Siemię lniane – zawartość poszczególnych składników dietetycznych (na podstawie 6, modyfikacja własna)

| Składniki odżywcze/bioaktywne | Zawartość w 100 g | Składniki odżywcze/bioaktywne | Zawartość w 100 g |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|
| Węglowodany | 29,0 g | Biotyna | 6 µg |
| Białko | 20,0 g | α-Tokoferol | 7 mg |
| Tłuszcze całkowite | 41,0 | δ-Tokoferol | 10 mg |
| Kwas linolenowy | 23,0 g | γ-Tokoferol | 552 mg |
| Błonnik pokarmowy | 28,0 g | Wapń | 236 mg |
| Lignany | 0,8 mg | Miedź | 1 mg |
| Kwas askorbinowy | 0,50 mg | Magnez | 431 mg |
| Tiamina | 0,53 mg | Mangan | 3 mg |
| Ryboflawina | 0,23 mg | Fosfor | 622 mg |
| Niacyna | 3,21 mg | Potas | 831 mg |
| Pirydoksyna | 0,61 mg | Sód | 27 mg |
| Kwas pantotenowy | 0,57 mg | Cynk | 4 mg |
| Kwas foliowy | 112 µg | | |

ważnych kwasów nienasyconych: EPA i DHA. Inne kwasy tłuszczowe zawarte w roślinie to kwas oleinowy, linolowy (jednonienasycony) oraz palmitynowy i stearynowy (nasycony). Stosunek kwasów ω-6:ω-3 jest bardzo korzystny i wynosi 0,3:1 (8). Siemię lniane w postaci nieprzetworzonej jest również dobrym źródłem naturalnych lipidowych antyoksydantów – tokoferoli (9). Podczas przetwarzania znaczna część tych witamin ulega utlenieniu. Zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w nasionach lnu przedstawiono w tabeli 2.

W diecie wegańskiej siemię lniane może zastąpić tran jako tradycyjne źródło kwasów tłuszczowych omega-3.

Zawartość białek w nasionach lnu waha się między 20-30%. Skład aminokwasowy jest porównywalny do nasion soi, z dominującą komponentą argininy i kwasu glutaminowego. Niemniej jednak białko lnu nie jest uważane za pełnowartościowe z uwagi na ograniczoną zawartość lizyny. Siemię lniane zawiera również bioaktywne peptydy uznane

za czynniki obniżające ryzyko w chorobach układu sercowo-naczyniowego (10).

Siemię lniane stanowi doskonałe źródło błonnika pokarmowego. Składa się on z frakcji nierozpuszczalnej (celuloza i ligniny) oraz rozpuszczalnej w wodzie (pektyny, śluzy i gumy). Tylko 10 g siemienia lnianego w codziennej diecie zwiększa o 1 g dzienne spożycie błonnika rozpuszczalnego i o 3 g błonnika nierozpuszczalnego (12). Błonnik nierozpuszczalny ma właściwości przeczyszczające i zapobiegania zaparciom, głównie poprzez zwiększenie masy kału oraz skraca czas pasaży jelitowego. Natomiast błonnik rozpuszczalny w wodzie pomaga w utrzymaniu wyrównanego poziomu glikemii poposiłkowej i obniża poziom cholesterolu we krwi (13). Stosunek rozpuszczalnego do nierozpuszczalnego błonnika w nasionach lnu przyjmuje wartość ok. 40:60. Nasiona lnu zawierają około 800 razy większą ilość lignanów w porównaniu z innymi źródłami roślinnymi. Mają one zarówno właściwości antyoksydantów, jak i fitoestrogenów (14). Siemię lniane nie jest jednak pozbawione związków szkodliwych, ze względu na zawartość niewielkich ilości związków cyjanowych. Istotne jest więc dobowe dawkowanie spożywanych nasion lnu, spożywanie nadmiernych ilości w rzadkich przypadkach może prowadzić do zatrucia (15).

WPŁYW ORAZ ZASTOSOWANIE SIEMIENIA LNIANEGO W PROFILAKTYCE I LECZENIU WYBRANYCH SCHORZEŃ

Siemię lniane zawdzięcza swoje potencjalne prozdrowotne właściwości głównie dzięki zawartości trzech składników: po pierwsze wysokiej zawartości omega-3 – kwasu

Tab. 2. Udział kwasów tłuszczowych w oleju lnianym (na podstawie 11, modyfikacja własna)

| Kwas tłuszczowy | Przedział (%) |
|---------------------------------|---------------|
| Kwas palmitynowy (C16:0) | 4,90-8,00 |
| Kwas stearynowy (C18:0) | 2,24-4,59 |
| Kwas oleinowy (C18:1) | 13,44-19,39 |
| Kwas linolowy (C18:2) (ω-6) | 12,25-17,44 |
| Kwas α-linolenowy (C18:3) (ω-3) | 39,90-60,42 |

linolenowego (ALA), po drugie – dzięki bogactwu składu w rozpuszczalny i nierozpuszczalny błonnik pokarmowy, po trzecie – dzięki znaczącej zawartości lignanów wykazujących właściwości antyoksydacyjne i fitoestrogenowe.

Kwasy tłuszczowe omega-3 pełnią dwie główne funkcje – są strukturalnymi składowymi błon komórkowych, a także prekursorami prostaglandyn, które wykazują działanie mediacyjne na ciśnienie krwi, krzepnięcie, procesy odpornościowe i wiele innych fizjologicznych funkcji. Ludzki metabolizm modyfikuje 5-10% kwasu α -linolenowego do jego długołańcuchowych pochodnych – kwasów DHA i EPA (typowo pozyskiwanych z ryb lub alg). Wszystkie trzy wymienione kwasy omega-3 są istotne w prawidłowym funkcjonowaniu procesów fizjologicznych ludzkiego organizmu (16, 17).

Gonady i stężenia hormonów płciowych

Lignany, których bogatym źródłem jest siemię lniane, w organizmie człowieka wykazują działanie konkurencyjne w stosunku do endogennych estrogenów. Wspomagają utrzymanie homeostazy zarówno w przypadku nadmiaru, jak i niedoboru hormonów steroidowych. Wiążą wolne receptory estrogenowe, stymulując szlak przekąźnikowy, co redukuje negatywne skutki w przypadku niskiego endogennego poziomu hormonu. Działają także ochronnie w przypadku wysokiego stężenia estrogenów, obniżając prawdopodobnie ryzyko rozwoju nowotworów hormonozależnych, m.in. raka piersi i jajnika. W przypadku przeciwwskazań do hormonalnej terapii zastępczej po menopauzie lub jej nietolerancji, dolegliwości łagodzić mogą fitoestrogeny. Dlatego warto zalecić wzbogacenie diety właśnie o siemię lniane, zawarte w nim lignany przetwarzane są bowiem w przewodzie pokarmowym przez bakterie jelitowe w enterodiol i enterolakton, które wykazują słabe działanie estrogenowe w organizmie. Udowodniono również w badaniu klinicznym, że substancje zawarte w siemieniu lnianym zmniejszają objawy naczynioruchowe występujące u kobiet w okresie menopauzalnym w porównaniu z grupą kontrolną (18).

Gospodarka wapniowa i fosforanowa organizmu

Lignany poprzez działanie estrogenowe chronią organizm przed osteoporozą. Optymalne dzienne spożycie tych substancji powinno wynosić 60 mg, przy czym przeciętna dieta w Polsce dostarcza jedynie około 5 mg, dawka jest więc niewystarczająca.

Gospodarka węglowodanowa

Cukrzyca charakteryzuje się hiperglikemią i powiązanymi z nią zaburzeniami w metabolizmie węglowodanów, białek i lipidów. Błonnik spożywczy, lignany i kwasy tłuszczowe omega-3 obecne w siemieniu lnianym wykazują działanie protekcyjne w odniesieniu do ryzyka rozwoju cukrzycy oraz działają korzystnie i wspomagająco w leczeniu jej przebiegu (19). Udowodniono, że lignany zawarte w nasionach lnu hamują ekspresję genu karboksykinazy fosfofenylopirogonianu, która jest kluczowym enzymem syntezy glukozy w wątrobie (20) i poprzez to wpływają hamująco

na glukoneogenezę. Wykazano, że suplementacja w diecie cukrzycy typu 2 10 g mielonego siemienia lnianego przez 1 miesiąc redukuje poziom glikemii na czczo (FBG) o 19,7% oraz poziom glikowanej hemoglobiny o 15,6% w stosunku do wartości początkowej (21). Kapoor i wsp. (22) badali efekty suplementacji mielonego lnu w diecie u kobiet chorujących na cukrzycę typu 2 w okresie postmenopauzalnym. Pacjentki otrzymywały 15 i 20 g mielonych nasion lnu na dobę przez okres 2 miesięcy. Po tym czasie zaobserwowano średni spadek stężenia glukozy na czczo o odpowiednio 6,4 i 13%, zaś stężenia glukozy po posiłku odpowiednio o 7,9 i 19,9% w stosunku do wartości początkowych. Pożądane efekty hipoglikemizujące były związane z niską zawartością w diecie wzbogaconej o całe lub mielone nasiona lnu węglowodanów glikemizujących oraz wyższą zawartością błonnika, który zapobiega gwałtownym skokom poziomu glukozy we krwi i skutkuje lepszą kontrolą glikemii poposiłkowej.

Redukcja masy ciała

Błonnik, w który obfitują nasiona lnu, absorbuje wodę, dzięki czemu spożywany z pokarmami zwiększa swoją objętość w żołądku, dając szybsze uczucie sytości. Kolejną funkcją błonnika mającą wpływ na zahamowanie apetytu jest spowolnienie opróżniania żołądka i wchłaniania substancji odżywczych. Dzięki temu uczucie sytości utrzymuje się dłuższy czas i stopuje chęć podjadania, dlatego też dieta zawierająca siemię lniane może wspomagać leczenie i być stosowana w profilaktykę otyłości (23). Interesujące doniesienia na temat wpływu spożywania siemienia lnianego na hamowanie apetytu przedstawili McCullough i wsp. (24). W jego badaniu zwierzęta otrzymujące dietę składającą się w 10% z siemienia lnianego miały podwyższony poziom leptyny w organizmie. Białko to jest hormonem tkankowym syntetyzowanym głównie w tkance tłuszczowej. Działając na receptory podwzgórzowe, wpływa na wydzielanie neuropeptydu Y, którego funkcją fizjologiczną jest hamowanie apetytu. W badaniu zmiany w ekspresji leptyny były silnie skorelowane z zawartością kwasu α -linolenowego (ALA) w tkance tłuszczowej zwierząt, którego poziom był podwyższony dzięki suplementacji nasion lnu, oraz odwrotnie skorelowane z ryzykiem miażdżycy tętnic.

Profilaktyka zapać oraz zespołu jelita drażliwego

Siemię lniane w związku z wysoką zawartością błonnika pokarmowego wykazuje właściwości wypróżniające, wiążąc wodę i zwiększając objętość stolca. Próby zastosowania diety zawierającej grubo mielone częściowo odtłuszczone siemię lniane u pacjentów cierpiących na zaparcia w zespole jelita drażliwego (łac. *colon irritabile*, ang. *irritable bowel syndrome* – IBS) wykazywały znaczące zmniejszenie częstości incydentów zapać oraz innych objawów brzusznych (25).

Nowotwory, zastosowanie w onkologii

Siemię lniane jest bogatym źródłem fitoestrogenów – hormonów roślinnych. Dominujące wśród nich lignany

to substancje o działaniu antynowotworowym, posiadają właściwości antyutleniające, redukując reakcje wolnorodnikowe (podobnie, lecz silniej niż powszechnie znane witamina C i E). Z tego względu profilaktyczne spożywanie siemienia lnianego zalecane jest także przez amerykańską agencję do spraw leków i żywności FDA (Food and Drug Administration). Poza właściwościami antyoksydacyjnymi, metabolizm ustrojowy tych substancji wykazuje, że stanowią one czynnik konkurencyjnie wiążący się z receptorami estrogenowymi, co w znacznym stopniu reguluje karcynogenezę hormonozależnych nowotworów piersi i jajnika. Udowodniono również wpływ na metaloproteinazy MMP2, MMP9 oraz MMP14- znaczne obniżenie aktywności tych enzymów hamuje metastazę. W badaniach *in vitro* zmniejszoną zdolność tworzenia przerzutów nowotworowych stwierdzono na przykładzie raka piersi. Podobnie na przykładzie raka piersi wykazującego ekspresję HER2 (ang. *human epidermal growth factor receptor 2*), na modelu zwierzęcym stwierdzono korzystny wpływ jednoczesnego stosowania oleju lnianego i transtuzumabu. W porównaniu do grupy kontrolnej, leczonej jedynie transtuzumabem, uzupełnienie diety myszy o olej lniany (4%) znacznie zmniejszyło proliferację komórek nowotworowych. Nastąpił istotny spadek białek szlaków przekąźnikowych Akt, MAPK (ang. *mitogen-activated protein kinase*) i komórki nowotworowe skierowane zostały na szlak apoptozy (26, 27). Może stanowić to przykład istotnej interakcji diety i leczenia onkologicznego. Ważnym komponentem oleju lnianego zmniejszającym proliferację komórek raka piersi są też długołańcuchowe (3n) wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Wysokie stężenie insuliny i IGF-1 (ang. *insulin-like growth factor 1*) zwiększa ryzyko proliferacji komórek nowotworowych, a także wywiera efekt ochronny wobec komórek z uszkodzonym DNA, działając antyapoptotycznie. U tych osób szczególnie często występują nowotwory jelita grubego i trzustki. Na przykładzie kobiet w wieku pomenopauzalnym, po uzupełnieniu diety o 7,5 g dziennie przez pierwsze 6 tygodni i 15 g dziennie w kolejnych 6 tygodniach zauważono niewielki spadek stężenia IGF-1, co może sugerować ochronny wpływ suplementacji w diecie siemienia lnianego w profilaktyce nowotworu jelita grubego (28).

Profilaktyka chorób układu sercowo-naczyniowego

Choroba wieńcowa jest dominującą przyczyną zgonów w dzisiejszych czasach i głównym ekonomicznym wyzwaniem dla światowych rynków opieki zdrowotnej. Współczesne badania wykazały, że choroba może być w dużym stopniu kontrolowana oraz istnieje możliwość jej profilaktyki poprzez zmiany nawyków żywieniowych i stylu życia (29). Są ścisłe dowody naukowe na to, iż kwasy omega-3 zawarte w rybach mogą istotnie zredukować czynniki ryzyka incydentów sercowo-naczyniowych (m.in. poprzez redukcję poziomu trójglicerydów), ryzyko letalnych i nieletalnych incydentów zawału serca, nagłej śmierci sercowej oraz zredukować w niewielkim stopniu wartości ciśnienia krwi oraz agregację płytek krwi (17, 29-31). Spożywanie siemienia

lnianego dostarcza kwasu linolenowego (ALA) do krążenia i tkanek organizmu. Poziomy kwasu zaczynają wzrastać średnio po 2 tygodniach suplementacji dietą zawierającą nasiona lnu. Biodostępność ALA zależy od postaci spożywanego siemienia (większa dostępność w oleju lnianym niż w nasionach mielonych oraz w nasionach mielonych niż w całych). Kwasy EPA i DHA są strukturalnie różne od ALA zawartego w siemieniu lnianym, ich wpływ na choroby układu sercowo-naczyniowego również może się różnić. Niestety działanie to nie zostało zbadane tak dobrze jak powyższych kwasów w diecie rybnej i jest przedmiotem wielu debat (32, 33). Naukowcy z Lyon zbadali, że spożywanie ALA było skorelowane ze spadkiem ryzyka nawrotu zawału serca oraz z redukcją ryzyka (73%) pierwotnego incydentu sercowego pomiędzy grupą badaną i kontrolną (34). W badaniu kontrolnym z próbą podwójnie zaślepioną przeprowadzonym w Indiach 120 pacjentów z grupy ryzyka zawału serca przyjmowało ALA w dawce 2,9 g/dobę. Po roku, zarówno wskaźniki incydentów zawału serca oraz nagłej śmierci sercowej były znacząco niższe w tej grupie w porównaniu z grupą przyjmującą placebo (35). Prace na modelach zwierzęcych mogą wskazywać na protekcyjny mechanizm przyjmowania ALA – wykazano, że podawanie myszom siemienia lnianego (0,4 g/dzień) efektywnie hamuje ekspresję cytokin zapalnych, takich jak: interleukina-6, mac-3, naczyniowe cząsteczki adhezyjne VCAM-1 oraz markerów proliferacji komórek antygeny jądrowego w aorcie miażdżycowej z tkanki myszy (36). Podobny efekt zaobserwowano w badaniu na ludziach zdrowych – po wdrożeniu diety bogatej w siemię lniane (13,7 g ALA z nasion lnu/dobę) istotnej redukcji uległy markery zapalne – TNF- α , IL-1-beta, tromboksan B₅ i prostaglandyna E5 (37).

Hiperlipidemia i miażdżycza

Wydalanie kwasów żółciowych to główny sposób usunięcia przez organizm nadmiaru cholesterolu. Błonnik rozpuszczalny zawarty w siemieniu lnianym wiąże kwasy żółciowe i usuwa je z jelit, redukując krążenie jelitowo-wątrobowe. Dodatkowo również cholesterol spożywany wraz z dietą jest wiązany i usuwany z organizmu ze stolcem. Stwierdzono, że dieta o odpowiednio wysokiej zawartości błonnika sprzyja także redukcji poziomu trójglicerydów we krwi. Konsekwentnie redukcji ulega ryzyko miażdżycy (23). Badania naukowców z różnych części świata wskazują, że stosowanie diety wzbogaconej w siemię lniane wpływa na obniżanie poziomu cholesterolu LDL od 0 do 18%, a cholesterolu całkowitego – 0-11%. Z jednym wyjątkiem – większość badań nie wykazuje wpływu diety zawierającej siemię lniane na poziom cholesterolu HDL (38, 39). Większość prac potwierdza również redukujące działanie diety bogatej w siemię lniane na poziom trójglicerydów. Zhao i wsp. (40) wykazali 18% spadek stężenia TG u pacjentów przyjmujących kwas α -linolenowy (ALA) w dawce 17,5 g/dobę. Podwyższenie poziomu lipoproteiny (a) (Lp[a]) we krwi jest czynnikiem ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego, chorób naczyniowych mózgu, miażdżycy oraz zakrzepicy.

Bloedon i Szapary (39) wykazali, że spożywanie siemienia lnianego (40 g/dobę) obniża poziom Lp (a) o 14% po 10 tygodniach suplementacji. Wykazano również w tym badaniu spadek wskaźnika oporności na insulinę (HOMA-IR) o 23,7% oraz spadek poziomu cholesterolu HDL u mężczyzn o 9%. Inne badanie wykazało, że stosowanie diety wzbogaconej w pełne nasiona lnu powoduje spadek stężenia Lp[a] oraz cholesterolu LDL u kobiet po menopauzie (41). Seidelin i wsp. (42) wskazywali, że pacjenci po incydencie udaru niedokrwiennego mózgu mieli niższy poziom kwasu α -linolenowego (ALA) w tłuszczowej tkance podskórnej w porównaniu do grupy kontrolnej. Z kolei naukowcy z USA wykazali w badaniu obejmującym ponad 1500 osób, że dieta bogata w ALA była skorelowana z niższym rozpowszechnieniem w obrębie tętnic szyjnych blaszki miażdżycowej i z występowaniem cieńszej warstwy wewnętrznej (intima) ściany naczyń (43). Można więc uznać, że badania potwierdzają aterosoprotekcyjne działania kwasu α -linolenowego (ALA).

Nadciśnienie tętnicze

Zawarte w siemieniu lnianym kwasy α -linolenowe (ALA) w organizmie są prekursorami prostaglandyn i leukotrienów, które wpływają obniżająco na napięcie ściany naczyń. Amerykańscy naukowcy w badaniu obejmującym ponad 4500 osób dowiedli, że spożywanie ALA wiązało się z mniejszym rozpowszechnieniem nadciśnienia tętniczego i obniżeniem wartości ciśnienia skurczowego (44). Mieszanina peptydów uzyskanych z siemienia lnianego zawierająca duże stężenie rozgałęzionych aminokwasów i niskie stężenie aromatycznych aminokwasów wykazuje właściwości antyoksydacyjne, zmiatając rodnik 2,2-difenyl-1-pikrohydroksylowy oraz przeciwnadciśnieniowe właściwości poprzez hamowanie enzymu odwrotnej transkryptazy (10).

Żywność i suplementy diety

Siemię lniane to bogate źródło błonnika, kwasów ω -3, kwasu α -linolenowego (ALA), białka, a przede wszystkim lignanów (pinoresinol, secoisolariciresinol (SECO), diglucoside (SDG)) w znaczący sposób regulujących homeostazę organizmu i zmniejszających ryzyko karcynogenezy. Od lat siemię lniane wykorzystywane jest do produkcji oleju lnianego, natomiast ze względu na udowodniony korzystny wpływ na organizm ludzki coraz częściej staje się składnikiem wielu suplementów diety. Wyniki badań donoszą, że zawartość flawonoidów, związków fenolowych i lignanów zmienia się w trakcie procesu kiełkowania siemienia

lnianego. Najwyższą zawartością substancji cennych dla zdrowia człowieka i zmniejszoną zawartością substancji oleistych, cyjanów glikozydów, linustatyn i inhibitora trypsyny zawiera siemię lniane w 8.-10. dniu kiełkowania. Reakcje biochemiczne zachodzące w procesie kiełkowania sprawiają, że to właśnie w tym okresie siemię lniane posiada optymalną zawartość składników odżywczych dla człowieka (4). Wysokie zainteresowanie dostrzegane jest także poza sektorem farmaceutycznym. Nie tylko w Europie, ale również w Stanach Zjednoczonych wysoka świadomość pozytywnego wpływu na zdrowie spożywania siemienia lnianego powoduje, że coraz częściej staje się ono składnikiem produktów przemysłu piekarniczego i cukierniczego (chleby, bułki, babeczki). Olej lniany stosowany jest do pieczonych i smażonych potraw (12). Dzięki wysokiej zawartości kwasów ω -3, lignanów, ALA oraz błonnika, siemię lniane możemy znaleźć także w niektórych makaronach, pasztetach, produktach mlecznych, a nawet sokach (7-11). Producenci na skalę przemysłową zaczynają uzupełniać popularne produkty żywnościowe w składniki pochodzące z siemienia lnianego. Jest to bardzo ekonomiczny sposób na wzbogacenie w niezbędne substancje odżywcze podstawowych produktów spożywczych, dzięki czemu stają się one nie tylko potencjalnie bardziej atrakcyjne dla osób dbających o zdrową dietę, ale także korzystne dla przeciętnego konsumenta. W piekarnictwie stwierdzono, że dodanie mielonego siemienia lnianego w około 10% całkowitej masy chleba znacznie poprawia objętość oraz opóźnia czerstwienie bochenka, co pozytywnie wpływa na jakość pieczywa (13). Niemniej inne badanie pokazuje, że chleb zawierający w swoim składzie 15% siemienia lnianego został oceniony negatywnie ze względu na walory smakowe (14). Jako domowe sposoby łagodzenia dolegliwości z przewodu pokarmowego siemię lniane stosowane jest w postaci parzonej i ucieranej. Posiadając kleistą konsystencję, wpływa osłonowo na błonę śluzową żołądka i jelit oraz reguluje pH w przewodzie pokarmowym.

PODSUMOWANIE

Siemię lniane bardzo korzystnie wpływa na organizm człowieka. Może być stosowane w profilaktyce oraz leczeniu wspomagającym wielu schorzeń. Spożywane przez ludzi od pokoleń ponownie cieszy się dużym zainteresowaniem zarówno w przemyśle spożywczym, jak i farmaceutycznym. Jest powszechnie uznane za tani i łatwy przepis na zdrowie.

KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

PIŚMIENNICTWO

1. Vaisey-Genser M, Morris DH: Introduction: History of the cultivation and uses of flaxseed. [In:] Muir AD, Westcott ND (eds.): Flax: The Genus Linum. RCR Press, London and New York 2003: 1-21.
2. Tolkachev ON, Zhuchenko Jr AA: Biologically active substances of flax: Medicinal and nutritional properties (A review). Pharm Chem J 2000; 34(7): 360-367.
3. <http://www.cukrzycaazdrowie.pl>; <http://www.cukrzycaazdrowie.pl/Files/file/Artyku-C5%82y/Lniana%20terapia.pdf> (data dostępu: 04.05.2016).

ADRES DO KORESPONDENCJI

Zygmunt Zdrojewicz
Katedra i Klinika Endokrynologii,
Diabetologii i Leczenia Izotopami
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
ul. Pasteura 4, 50-367 Wrocław
tel. +48 (71) 784-25-54
zygmunt@zdrojewicz.wroc.pl

4. Singh KK, Mridula D, Rehal J et al.: Flaxseed – a potential source of food, feed and fiber. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2011; 51: 210-222.
5. Freeman TP: Structure of flaxseed. [In:] Cunnane SC, Thompson LU (eds.): *Flaxseed in Human Nutrition*. AOCS Press, Champaign Illinois 1995: 11-21.
6. Strona internetowa Flax Council of Canada: <http://flaxcouncil.ca/food/nutrition/technical-nutrition-information/flax-a-health-and-nutrition-primer/> oraz http://flaxcouncil.ca/wpcontent/uploads/2015/03/FlxPrmr_4ed_Chpt1.pdf (data dostępu: 04.05.2016).
7. de Lourdes RM: *Giada Food Applications for Flaxseed and its Components: Products and Processing*. Recent Pat Food Nutr Agric 2010; 2: 181-186.
8. Pellizzon MA, Billheimer JT, Bloedon LT et al.: Flaxseed reduces plasma cholesterol levels in hypercholesterolemic mouse models. *J Am Coll Nutr* 2007; 26(1): 66-75.
9. Holstun J, Zetocha D: *An analysis of flaxseed utilization in the health food industry*. Institute for Business and Industry Development, North Dakota State University, Fargo 1994.
10. Udenigwe CC, Aluko RE: Antioxidant and angiotensin converting enzyme-inhibitory properties of a flaxseed protein derived high Fischer ratio peptide mixture. *J Agric Food Chem* 2010; 58(8): 4762-4768.
11. Zhang ZS, Wang LJ, Li D et al.: Characteristics of flaxseed oil from two different flax plants. *Int J Food Prop* 2011; 14(6): 1286-1296.
12. Greenwald P, Clifford CK, Milner JA: Diet and cancer prevention. *Eur J Cancer* 2001; 37: 948-965.
13. Kristensen M, Savorani F, Christensen A et al.: Flaxseed dietary fibers suppress postprandial lipemia and appetite sensation in young men. *Nutr Metab Cardiovasc In press* 2013; 23(2): 136-143.
14. Gryszczyńska A, Gryszczyńska B, Opala B, Łowicki Z: Zastosowanie roślin leczniczych w menopauzie. *Cz. 1. Post Fitoter* 2012; 2: 79-92.
15. Roseling H: Measuring effects in humans of dietary cyanide exposure to sublethal-cyanogens from Cassava in Africa. *Acta Hort* 1994; 375: 271-283.
16. Best D: Low-carb revolution fuels innovation with flaxseed; <http://newhope.com/health/low-carb-revolution-fuels-innovation-flaxseed> 2004 (data dostępu: 04.05.2016).
17. Zdrojewicz Z, Adamek M, Machalski A, Wójcik E: Wpływ kwasów tłuszczowych (omega) zawartych w rybach na organizm człowieka. *Med Rodz* 2015; 3(18): 137-143.
18. Colli MC, Bracht A, Soares AA et al.: Evaluation of the efficacy of flaxseed meal and flaxseed extract in reducing menopausal symptoms. *J Med Food* 2012; 15: 840-845.
19. Prasad K: Secoisolariciresinol diglucoside from flaxseed delays the development of type 2 diabetes in Zucker rat. *J Lab Clin Med* 2001; 138: 32-39.
20. Prasad K: Suppression of phosphoenolpyruvate carboxykinase gene expression by secoisolariciresinoldi glucoside (SDG), a new antidiabetic agent. *Int J Angiol* 2002; 11: 107-109.
21. Mani UV, Mani I, Biswas M et al.: An open-label study on the effect of flax seed powder (*Linum usitatissimum*) supplementation in the management of diabetes mellitus. *J Diet Suppl* 2011; 8(3): 257-265.
22. Kapoor S, Sachdeva R, Kochhar A: Efficacy of flaxseed supplementation on nutrient intake and other lifestyle pattern in menopausal diabetic females. *Ethnomedicine* 2011; 5(3): 153-160.
23. Peckenpaugh N: *Podstawy żywienia i dietoterapia*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2011.
24. McCullough RS, Edel AL, Bassett CMC et al.: The alpha linolenic acid content of flaxseed is associated with an induction of adipose leptin expression. *Lipids* 2011; 46: 1043-1052.
25. Tarpila A, Wennberg T, Tarpila S: Flaxseed as a functional food. *Curr Top Nutraceuticals Res* 2005; 3(3): 167-188.
26. Mason JK, Fu BM, Chen J, Thompson LU: Flaxseed oil enhances the effectiveness of trastuzumab in reducing the growth of HER2-overexpressing human breast tumors (BT-474). *J Nutr Biochem* 2015; 26: 16-23.
27. Mason JK, Chen J, Thompson LU: Flaxseedoil-trastuzumab interaction in breast cancer. *Food Chem Toxicol* 2010; 48: 2223-2226.
28. Sturgeon SR, Volpe SL, Puleo E et al.: Dietary intervention of flaxseed: effect on serum levels of IGF-1, IGF-BP3, and C-peptide. *Nutr Cancer* 2011; 63(3): 376-380.
29. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S et al.: Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): Case-control study. *Lancet* 2004; 364: 937-952.

30. Harris WS: N-3 fatty acids and serum lipoproteins: Human studies. *Am J Clin Nutr* 1997; 65 (suppl. 5): 1645-1654.
31. Bucher HC, Hengstler P, Schindler C et al.: N-3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med* 2002; 112: 298-304.
32. Burdge GC, Calder PC: Dietary α -linolenic acid and health-related outcomes: A metabolic perspective. *Nutr Res Rev* 2006; 19: 26-52.
33. Whelan J, Rust C: Innovative dietary sources of n-3 fatty acids. *Annu Rev Nutr* 2006; 26: 75-103.
34. de Lorgeril M, Salen P, Martin JL et al.: Mediterranean diet, traditional risk factors, and the rate of cardiovascular complications after myocardial infarction: Final report of the Lyon Diet Heart Study. *Circulation* 1999; 99: 779-785.
35. Singh RB, Niaz MA, Sharma JP et al.: Randomized, double-blind, placebo-controlled trial of fish oil and mustard oil in patients with suspected acute myocardial infarction; the Indian experiment of infarct survival-4. *Cardiovasc Drugs Ther* 1997; 11: 485-491.
36. Dupasquier CM, Dibrov E, Kostenuk AL et al.: Dietary flaxseed inhibits atherosclerosis in the LDL receptor deficient mouse in part through anti-proliferative and anti-inflammatory actions. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007; 293: H2394-2402.
37. Caughey GE, Mantzioris E, Gibson RA et al.: The effect on human tumor necrosis factor alpha and interleukin 1 beta production of diets enriched in n-3 fatty acids from vegetable oil or fish oil. *Am J Clin Nutr* 1996; 63: 116-122.
38. Zhang W, Wang X, Liu Y et al.: Dietary flaxseed lignan extract lowers plasma cholesterol and glucose concentrations in hypercholesterolaemic subjects. *Br J Nutr* 2008; 99: 1301-1309.
39. Bloedon LT, Szapary PO: Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutr Rev* 2004; 62: 18-27.
40. Zhao G, Etherton TD, Martin KR et al.: Dietary alpha-linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. *J Nutr* 2004; 134: 2991-2997.
41. Arjmandi BH, Khan DA, Juma S: Whole flaxseed consumption lowers serum LDL-cholesterol and lipoprotein(a) concentrations in postmenopausal women. *Nutr Res* 1998; 18: 1203-1214.
42. Seidelin KN, Jensen B, Haugaard SB et al.: Ischemic stroke and n-3 fatty acids. *J Stroke Cereb Dis* 1997; 6: 405-409.
43. Djoussé L, Folsom AR, Province MA et al.: Dietary linolenic acid and carotid atherosclerosis: The NHLBI Family Heart Study. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 819-825.
44. Djoussé L, Arnett DK, Pankow JS et al.: Dietary linolenic acid is associated with a lower prevalence of hypertension in the NHLBI Family Heart Study. *Hypertension* 2005; 45: 368-373.
45. Wang H, Wang J, Guo X et al.: Effect of germination on lignan biosynthesis and antioxidant and antiproliferative activities in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chem* 2016 Aug 15; 205: 170-177.
46. Pohjanheimo TA, Hakala MA, Tahvonon RL et al.: Flaxseed in bread making, effects on sensory quality, aging, and composition of bakery products. *J Food Sci* 2006; 71: 5343-5348.
47. Dodin S, Lemay A, Jacques H et al.: The effects of flaxseed dietary supplement on lipid profile, bone mineral density, and symptoms in menopausal women: a randomized, double-blind, wheat germ placebo-controlled clinical trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90(3): 1390-1397.
48. Ivanova S, Rashevskaya T, Makhonina M: Flaxseed additive application in dairy products production. *Procedia Food Sci* 2011; 1: 275-280.
49. Dodin S, Cunnane SC, Masse B et al.: Flaxseed on cardiovascular disease markers in healthy menopausal women: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Nutr* 2008; 24(1): 23-30.
50. Lee RE, Manthey FA, Hall CA: Content and stability of hexane extractable lipid at various steps of producing macaroni containing ground flaxseed. *J Food Process Preserv* 2004; 28: 133-144.
51. Hall AA, Manthey FA, Lee RE et al.: Stability of α -linolenic acid and secoisolaricresinol diglucoside in flaxseed fortified macaroni. *J Food Sci* 2005; 70: C483-C489.
52. Mentos O, Bakkalbassi E, Ercan R: Effect of the use of ground flaxseed on quality and chemical composition of bread. *Food Sci Technol Int* 2008; 14(4): 299-306.
53. Alpaslan M, Hayta M: The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *J Food Quality* 2006; 29: 617-627.

nadesłano: 04.01.2017

zaakceptowano do druku: 24.01.2017