

PAWEŁ BADOWSKI, BOGUMIŁA URBANEK-KARŁOWSKA

FITOESTROGENY – WYSTĘPOWANIE W ŻYWNOSCI

PHYTOESTROGENS IN FOODS – A REVIEW

Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku
Państwowy Zakład Higieny
00–791 Warszawa, ul. Chocimska 24
Kierownik: doc. dr hab. K. Karłowski

Na podstawie danych piśmiennictwa scharakteryzowano wybrane aspekty żywienia i zdrowotne u ludzi związane z naturalnym występowaniem w żywności fitoestrogenów – związków o działaniu estrogenym.

Estrogeny należą do hormonów sterydowych regulujących czynności płciowe u człowieka i zwierząt. Głównym żeńskim hormonem płciowym należącym do estrogenów jest 17 – *beta*-estradiol – pochodna estranu. Estrogeny wytwarzane są przez komórki jajników i łożyska. Ich ogólne działanie polega na stymulacji wzrostu narządów płciowych w okresie dojrzewania oraz pobudzaniu rozwoju drugorzędowych cech płciowych tj. rozwoju gruczołów mleknych, charakterystycznym rozmieszczeniu tkanki tłuszczowej i mięśniowej, poszerzeniu miednicy u kobiet. W układzie rozrodczym biorą one udział w regulacji przebiegu cyklu miesięczkowego, m.in. oddziałują na błonę śluzową macicy. Wahania poziomu hormonów, w tym estrogenów i progesteronu, są podłożem zespołu napięcia przedmiesiączkowego [18].

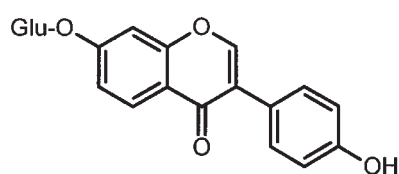
W okresie przekwitania, wskutek upośledzenia funkcji jajników zaburzona zostaje cykliczność wydzielania estrogenów. Występuje niedobór progesteronu i zmniejszone wydzielanie estrogenów. W drugim okresie przekwitania pojawiają się zaburzenia wegetatywne i niekiedy psychiczne. Objawiają się uderzeniami krwi do głowy, zaczerwienieniem twarzy, bólami głowy, labilnością emocjonalną, osłabieniem pamięci. Zanikaniu estrogenów towarzyszą zmiany narządowe i ogólnoustrojowe. Rośnie poziom cholesterolu we krwi, postępują zmiany miażdżycowe, pogłębia się otyłość, występują zaburzenia gospodarki wapniowo-fosforanowej. Nadciśnienie tętnicze, zapalenie pęcherzyka żółciowego, cukrzyca, zmiany zwyrodnieniowe stawów, osteoporoza to choroby ogólne dotykające kobiety w tym okresie. Podczas klimakterium zwiększa się również zachorowalność na choroby nowotworowe narządu rodne [7].

Poza endogennymi estrogenami, na człowieka oddziałują również inne związki wykazujące aktywność estrogeną. Są to fitoestrogeny czyli substancje pochodzenia roślinnego, estrogeny grzybowe, które normalnie nie powinny być obecne w diecie oraz ksenoestrogeny pojawiające się w środowisku między innymi w wyniku jego zanieczyszczenia przez przemysł [1, 2, 16].

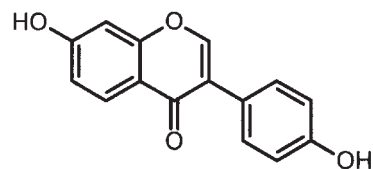
Fitoestrogeny występują w roślinach z różnych rodzin, między innymi są to: trawy (*Gramineae*), motylkowate (*Papilionaceae*), krzyżowe (*Cruciferae*), psiankowate (*Solanaceae*) i dyniowate (*Cucurbitaceae*) [4, 15]. Stąd też w szerokiej gamie produktów spożywczych w tym w pszenicy, ryżu, soi, kapuście, jabłkach, marchwi, czosnku, ziemniakach oraz kawie wykryto aktywność estrogeną [4, 11]. Stwierdzono różną zawartość fitoestrogenów w zależności od gatunku, części rośliny, warunków geograficznych i pogodowych panujących w danym okresie [9].

Fitoestrogeny są niesteroidowymi związkami o właściwościach estrogennych. Wśród nich można wyróżnić trzy główne grupy to jest: izoflawony, lignany i kumestany [4].

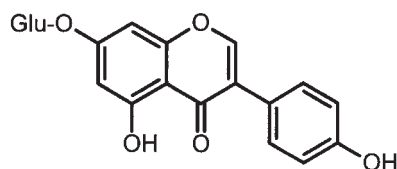
Głównym źródłem izoflawonów w diecie jest soja. Mogą one występować w formie związanej jako glikozydy: genistyna i daidzyna, gdzie aglikon stanowi genisteina i daidzeina [2, 4, 9, 19], przy czym aktywność estrogeną wykazują aglikony uwolnione przez jelitową mikroflorę (Ryc. 1).



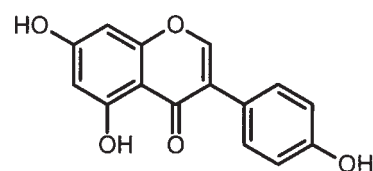
Daidzyna (glikozyd)



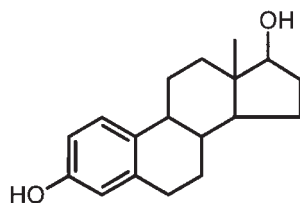
Daidzeina



Genistyna (glikozyd)



Genisteina

17-*beta*-estradiol

Ryc. 1. Wzory strukturalne izoflawonów i 17-*beta*-estradiolu
Chemical structures of isoflavones and 17-*beta*-oestradiol

Prekursorami genisteiny i daidzeiny są również biochanina A i formononetina. Występują one w koniczynie wykorzystywanej jako pasza dla owiec i bydła. W zżuwaniu tych zwierząt biochanina metabolizowana jest do genisteiny a formononetina do daidzeiny [2], a dalej do para-etylofenolu i ekwolu, odpowiednio. Po absorpcji w jelitach, ponownie tworzą formy związane np. z siarczanami, a następnie wydalane są z moczem i prawdopodobnie również z żółcią [2].

Obecność różnych fitoestrogenów stwierdzono także w osoczu, ślinie, płynie prostaty, nasieniu i kale [9]. Poziom izoflawonów we krwi i moczu wzrasta po spożyciu soi; od 7 do 30% pobranych izoflawonów wykrywa się w moczu. Poziom we krwi wzrasta po 30 minutach od momentu konsumpcji a następnie obniża się po 5 godzinach, przy czym pozostaje podwyższony przez następne 24 godziny. Duża liczba różnych metabolitów wydalanych z moczem, w tym desmetyloangolensina, wykazuje wahania w ich wzajemnych proporcjach. Jest to prawdopodobnie spowodowane osobniczymi różnicami w odmiennej absorpcji różnych izoflawonów i prawdopodobnie indywidualnym zróżnicowaniem mikroflory jelitowej zdolnej do przemiany tych substancji. W pewnych przypadkach nie powstaje np. ekwolu a niektórzy autorzy podają, że wysoki poziom węglowodanów stymulujący fermentację w jelicie grubym może powodować nasiloną przemianę daidzeiny do ekwolu [2]. Ponadto na ich metabolizm mogą wpływać inne składniki spożywanej żywności, zażywane leki, choroby przewodu pokarmowego, czas przebywania pokarmu w jelitach, pH treści jelit [9].

Lignany tworząc strukturalne bloki lignin w ścianach komórkowych są szeroko rozpowszechnione w diecie bogatej we włókna roślinne. Ich źródłem są głównie rośliny zbożowe, szczególnie ryż, a także nasiona lnu, owoce i warzywa [2, 19]. Lignany występują również w roślinach jako diglikozydy z dwoma resztami glukozowymi, przyłączonymi do grup OH⁻ pierścienia fenolowego lub łańcuchów bocznych. Są to secoisolaricresinol oraz matairesinol. Podczas fermentacji mikroflora jelita grubego powoduje usunięcie grup glukozowych i metylowych tworząc difenole: enterodiol i enterolakton. Po absorpcji są one również wydalane z moczem ale na temat ich metabolizmu u człowieka jest względnie niewiele danych literaturowych. Poziom lignanów w moczu wzrasta w sposób istotny po spożyciu posiłku uzupełnionego siemieniem lnianym a w mniejszym stopniu po spożyciu warzyw [2]. W badaniach na zwierzętach stwierdzono, że ponad 50% lignanów wydzielanych jest z kałem a około 30% z moczem, z niewielką retencją tych związków w jelitach, wątrobie i nerkach oraz w macicy (szczególnie wrażliwej na estrogeny) [12].

Jedynym znaczącym źródłem kumestanów są pędy lucerny i różnych gatunków fasoli, a także innych warzyw [4, 19]. Wśród względnie dużej liczby związków wyizolowanych z tej grupy, tylko nieliczne wykazują pewne działanie na macicę. Należy do niej kumestrol (7,12-dihydroksykumestan) i 4-metoksykumestrol (7-hydroksy-12-metoksykumestan) [16]. Na temat metabolizmu kumestrolu również jest niewiele danych. *In vivo* występuje on w formie związanej, ale w mniejszym stopniu niż izoflawony. Wykazano, że około 20 do 40% całkowitego kumestrolu w osoczu owiec było obecne w formie wolnej, a w przypadku izoflawonów było to mniej niż 10% [16].

Warto również wspomnieć, że produkty zbożowe mogą być źródłem związków o aktywności estrogennej, ale nie należących do fitoestrogenów. Są to tzw. mikoestrogeny.

geny do których należy mikotoksyna – zearalenon, produkowana przez porastające zboża pleśnie, głównie z rodzaju *Fusarium*.

Fitoestrogeny są słabymi estrogenami. Uważa się, że lignany i izoflawony mają również właściwości antywirusowe, antynowotworowe, bakteriobójcze i przeciwgrzybicze oraz antyoksydacyjne [9]. Mogą wchodzić w interakcje z kluczowymi enzymami, biorącymi udział w biosyntezie hormonów płciowych [19]. Stwierdzono także, że genisteina jest inhibitorem kinaz tyrozynowych i topoisomeras DNA co wpływa na kontrolę mitozy, regulację cyklu komórkowego i transformację komórek poprzez wiązanie czynnika wzrostu. Istotne jest, że czynniki kontrolujące wzrost modulowane przez kinazy tyrozynowe włączone są w powstawanie nowotworów. Genisteina hamuje również unaczynienie guzów nowotworowych oraz różnicowanie komórek nowotworowych [9]. Hamowanie tworzenia naczyń krwionośnych doprowadzających krew do guzów nowotworowych jest szczególnie ważne wobec potencjalnego zapobiegania przerzutom.

Uważa się, że fitoestrogeny mogą zapobiegać lub łagodzić skutki schorzeń związanych z niedoborem estrogenów w organizmie, takich jak naczynioruchowe objawy menopauzy, choroby sercowo-naczyniowe, osteoporoza a także nowotwory piersi, jelit, macicy czy też jajników [1, 9, 19].

Przytoczone powyżej właściwości znajdują potwierdzenie w licznych badaniach *in vitro*, doświadczeniach na zwierzętach a także testach z udziałem ludzi. Najwięcej jednak dowodów wskazujących na pozytywne oddziaływanie fitoestrogenów na ludzi przynoszą badania epidemiologiczne. Znacząca część tych dowodów pochodzi z obserwacji populacji, których dieta wykazuje duże zróżnicowanie, w szczególności odnośnie udziału w niej soi, głównego źródła izoflawonów. Oszacowano, że najwyższa konsumpcja produktów sojowych charakteryzuje populację Japończyków, gdzie zawartość izoflawonów w całodobowej diecie wynosi do 200 mg. Stwierdzono gradację w spożyciu izoflawonów w dietach azjatyckich od 25 do 45 mg na dzień i jedynie do 5 mg w tak zwanych państwach zachodnich (w dostępnej publikacji, autorzy *Knight* i *Eden* nie precyzują jakie to były państwa) [3, 9]. Obszar Hawajów wydaje się być szczególnie interesujący w tym zakresie. Populacja tych wysp składa się a pięciu grup etnicznych, u których ryzyko występowania schorzeń znacząco różni się. Zmiany w czasie i zwyczaje żywieniowe japońskich imigrantów umożliwiają dokonanie porównania pomiędzy tymi grupami, gdzie mieszane małżeństwa są rzadkością, a także odniesienie do prowincji w Japonii skąd osadnicy pochodzą oraz zestawienie z sytuacją w innych krajach, gdzie poziom fitoestrogenów w diecie jest przypuszczalnie bardzo niski.

Różna jest częstotliwość występowania u kobiet w okresie klimakterium z różnych rejonów świata tzw. objawów wypadowych, to znaczy uczucia gorąca w nadbrzuszu i klatce piersiowej, zaczerwienienia twarzy i uderzeń krwi do głowy, przyspieszenia czynności serca, bólów i zawrotów głowy [7]. W Europie występują one u 70 do 80% kobiet, w Malezji u mniej niż 57% i odpowiednio u 18 oraz 14% w Chinach i Singapurze [9]. Różnice w diecie dotyczyły przede wszystkim produktów sojowych. Prawdopodobnie właśnie aktywność estrogenowa powoduje różnice w częstotliwości i przebiegu zaburzeń naczyniowo-ruchowych u kobiet w tych rejonach geograficznych.

Badano poziom izoflawonów i endogennych estrogenów w moczu kobiet z Japonii, Ameryki Płn. i Finlandii. Poziom izoflawonów u Japonek był do 100 razy wyższy niż u kobiet odżywiających się dieta bogatą w produkty mięsne [1]. Koreluje to z przed-

stawioną w tabeli 1 zawartością izoflawonów w całodziennej diecie. Sugeruje się, że tak wysoki poziom fitoestrogenów może wyjaśniać mniejsze dolegliwości związane z okresem przekwitania u kobiet z Japonii [1, 2, 9] (Tab. I).

Tabela I. Szacunkowa zawartość izoflawonów w dietach
Estimated content of isoflavones in diets [1, 2, 9]

Kraj	Zawartość izoflawonów mg/dzień
Japonia	do 200
inne kraje azjatyckie	25–45
tzw. „kraje zachodnie”	poniżej 5

Przypadki schorzeń naczyniowo-sercowych nasilają się bardziej u kobiet w okresie po menopauzie w porównaniu z takimi przypadkami u mężczyzn w podobnym wieku [9]. W wielu pracach wykazano zmniejszenie ryzyka wystąpienia tego typu chorób u kobiet przyjmujących estrogeny, potwierdzając ich korzystny wpływ na poziom lipidów w plazmie i obniżenie ryzyka występowania zawału mięśnia sercowego [1].

Wpływ soi na poziom lipidów w plazmie znany jest od dość dawna. Ostatnio prowadzone badania wskazują, że izoflawonoidy są odpowiedzialne za takie pozytywne działanie [1]. Grupie kobiet w okresie przed menopauzą podawano dietę zawierającą 45 mg izoflawonów dziennie. Stwierdzono istotnie niższy poziom cholesterolu w porównaniu z grupą kontrolną [9].

W innych badaniach porównano poziom cholesterolu oraz frakcji cholesterolowo-*beta*-lipoproteinowej (LDL-c) we krwi dzieci karmionych piersią i odżywianych trzema różnymi preparatami mleka. Skład pierwszego ze wspomnianych preparatów oparty był na mleku krowim, zawierał więc niski poziom cholesterolu i fitoestrogenów. Drugi preparat stanowiło mleko sojowe o praktycznie zerowej zawartości cholesterolu i wysokiej zawartości fitoestrogenów. Trzecim preparatem było mleko sojowe wzbogacone cholesterol. Zawartość analizowanych związków we krwi dzieci karmionych sztucznie była istotnie niższa niż u karmionych piersią. Ponadto nie stwierdzono różnic w zawartości trójglicerydów oraz *beta*-lipoprotein (HDL) [9], które jak wykazały badania ostatnich lat mają własności przeciwmiażdżycowe. Należy zauważyć, że wysokie zapotrzebowanie na cholesterol w okresie gwałtownego wzrostu dziecka było regulowane przez wyraźny wzrost tzw. współczynnika syntezy cholesterolu u dzieci, którym podawano preparaty sojowe. Teoretycznie może mieć to duże znaczenie w późniejszych latach życia, kiedy organizm narażony będzie na wyższe pobranie cholesterolu z diety [9].

Chociaż niektóre gremia naukowe alarmują, że potencjalne, trwałe zakłócenie równowagi hormonalnej niemowląt może mieć negatywny wpływ na późniejszy rozwój płciowy i płodność [4] to brak jest historycznych i epidemiologicznych danych wskazujących na zaburzenia czynności płciowych pod wpływem diety obfitującej w soję [19]. Dlatego też podkreślając wagę karmienia piersią nie odradza się odstawiania preparatów sojowych, zalecanych do karmienia niemowląt ze względów medycznych.

W badaniach *in vitro* okazało się, że genisteina wykazuje silne działanie antyoksydacyjne oraz, że pobranie soi hamuje utlenianie *beta*-lipoprotein. Genisteina podwyższa również aktywność niektórych antyoksydacyjnych enzymów, szczególnie w skórze i je-

litach. Innym mechanizmem przeciwdziałania tworzeniu się blaszek miażdżycowych jest hamowanie czynnika wzrostu, uwalnianego np. z miocytów oraz hamowanie unaczynienia wspomnianych blaszek [1, 7].

Jak podaje *Adlercreutz*, w Finlandii stwierdzono, że dieta bogata w błonnik zbożowy znacząco obniża ryzyko śmierci z powodu choroby wieńcowej u palących mężczyzn w średnim wieku. Spożycie o 10 gramów więcej błonnika redukuje ryzyko nawet o 18%, przy czym włókna roślin zbożowych wykazują dużo silniejsze zależności niż pochodzące z warzyw czy owoców. Stąd też można przypuszczać, że obok izoflawonów także lignany, które zawarte są szczególnie we włóknach zbóż, mają działanie ochronne w schorzeniach naczyń wieńcowych [1].

Estrogeny są najprawdopodobniej odpowiedzialne za inicjację i promocję nowotworów piersi. Zaskakujące było więc, że fitoestrogeny mogą zapobiegać ich powstawaniu. Prawdopodobnie mogą również zmniejszać ryzyko zachorowania na raka okrężnicy, słuźówki macicy, jajników a także prostaty u mężczyzn [1, 9]. Przypadki schorzeń tego typu są mniej liczne wśród populacji azjatyckich i Wschodniej Europy w porównaniu z krajami zachodnimi. Stwierdzono, że emigranci z Azji, którzy utrzymali swoje zwyczaje żywieniowe a także wegetarianie i makrobiotycy również w mniejszym stopniu narażeni są na tego rodzaju nowotwory. Przypadki nowotworu macicy rejestrowane są u 25 kobiet na 100 tysięcy w USA i tylko u 2 na 100 tysięcy w Japonii i Singapurze. Niektórzy autorzy donoszą, że kobiety ze stwierdzonymi guzami piersi w Japonii mają lepsze rokowania niż kobiety w Ameryce czy też Wielkiej Brytanii, a czas przeżycia Japonek po resekcji piersi jest dłuższy [9]. Inne badania epidemiologiczne również potwierdzają, że populacje charakteryzujące się dietą bogatą w fitoestrogeny są w mniejszym stopniu narażone na wystąpienie szczególnie złośliwych odmian nowotworów [9].

Mechanizm działania fitoestrogenów w tym zakresie nie jest całkowicie poznany. Fitoestrogeny mogą zmieniać metabolizm hormonów płciowych bądź jako antyestrogeny konkurować z estradiolem o odpowiednie receptory i hamować proliferację zmienionych komórek [8].

Osteoporoza u kobiet związana jest szczególnie z klimakterium, kiedy to niski poziom endogennych estrogenów przyspiesza utratę masy kości, czyniąc je podatnymi na złamania [2]. Syntetyczne izoflawony utrzymują właściwą masę kości jeżeli podawane są kobietom w okresie przed menopauzą i przyjmującym leki hormonalne. Na podstawie takich badań sugeruje się, że fitoestrogeny mogą wykazywać podobnie korzystną reakcję [2, 9].

Omawiając dobroczynny wpływ fitoestrogenów na organizm człowieka nie można nie wspomnieć o doniesieniach sugerujących ich niekorzystne działanie. Dobrze udokumentowany jest wpływ fitoestrogenów w badaniach na owcach. Karmienie koniczyną zawierającą wysoki poziom kumestrolu powodowało utrudnienia w wykotach a przede wszystkim stwierdzano nieplodność. Bydło jest znacznie mniej wrażliwe niż owce [4]. Gepardy żywione specjalnie spreparowaną, przeznaczoną dla kotów, komercyjną karmą zawierającą wysoki poziom roślinnych estrogenów wykazywały upośledzenie reprodukcji. Podobnie przepiórki podczas suszy w Kalifornii stają się nieplodne, kiedy ze względu na panujące warunki wzrasta zawartość fitoestrogenów w dostępnym pokarmie [9]. Kolejne badania na zwierzętach doświadczalnych i domowych, którym podawano

karmę zawierającą izoflawony i kumestrol, potwierdzają poważne upośledzenie czynności związanych z rozmnażaniem się [19]. Natomiast zgodnie z informacją podaną w 1998 roku przez *Bingham* i wsp., nie stwierdzono wpływu diety bogatej w soję na reprodukcję samców i samic małp [2]. Brak jest również doniesień sugerujących, że populacje np. Japończyków czy Chińczyków, gdzie zwyczajowo spożycie produktów sojowych jest wysokie, wykazują osłabienie płodności lub upośledzenie rozwoju płciowego [4].

Metody oznaczania zawartości fitoestrogenów są niekiedy bardzo skomplikowane, szczególnie w przypadku jednoczesnego oznaczania kilku związków, które występują w bardzo zróżnicowanych ilościach. Wcześniejsze metody oparte były głównie na wysokosprawnej chromatografii ciekowej (HPLC) oraz połączonej chromatografii gazowej i spektrometrii masowej (GC-MS). Głównymi zaletami nowo rozwijanych metod, wykorzystujących kombinację różnych rodzajów chromatografii ciekowej i spektrometrii masowej jest uproszczenie etapu oczyszczania próbek i wyeliminowanie konieczności otrzymywania pochodnych badanych związków w celu ich oznaczenia. Jednak niewystarczające oczyszczenie próbki może pogorszyć specyficzność takich metod ze względu na interferowanie oznaczanych składników z innymi związkami występującymi w badanym materiale biologicznym a w szczególności ze steroidami. Coraz szerzej stosowane są metody immunologiczne to jest radioimmunologiczna oraz fluorooimmunologiczna [1].

Zawartość izoflawonów w soi jest cechą zależną od odmiany. Uprawiane w Stanach Zjednoczonych zawierały od 995 do 4216 $\mu\text{g/g}$ a w Japonii od 1261 do 2389 $\mu\text{g/g}$. Duże znaczenie mają prawdopodobnie również czynniki środowiskowe oddziałujące w czasie wzrostu – odmiana Vinton B1 ze zbiorów w 1989 roku zawierała 3309 $\mu\text{g/g}$ izoflawonów a w roku 1991 poniżej 1750 [5, 20, 21].

Szczególnie interesujące są wyniki oznaczania fitoestrogenów w sojowych odżywkach dla dzieci a także w mleku kobiet, którym podawano prażoną soję. Soja podawana kobietom w tym eksperymencie zawierała 830 mg/kg daidzeiny i 913 mg/kg genisteiny. Maksymalne ich stężenia w mleku wynosiły: od 80 do 110 i od 30 do 50 nmol/L, odpowiednio i wystąpiły po 10 – 14 godzinach a były jeszcze wykrywane przez następne 4 dni [6].

Zawartość izoflawonów w odżywkach (m.in. Prosobee, Gerber, Nursoy, Isomil) wahała się od 214 do 267 $\mu\text{g/g}$. Różnice te zaobserwowano w zależności od udziału w ich składzie izolatu sojowego. Zawartość genisteiny była wyższa niż daidzeiny i wynosiła od 126 do 154 $\mu\text{g/g}$ i od 57 do 78 $\mu\text{g/g}$, odpowiednio. W przygotowaniach według zaleceń producentów gotowych do spożycia napojach sojowych całkowita zawartość izoflawonów nie przekroczyła 47 $\mu\text{g/ml}$ [14, 17]. Dzieci spożywały więc w zależności od wieku od 5 do 12 mg izoflawonów na kg masy ciała, a stężenie genisteiny i daidzeiny w plazmie krwi było wyższe niż u dorosłych spożywających soję. Pomimo tego nie ma podstaw, jak już wspomniano, by spodziewać się na tym tle różnic w rozwoju dzieci w porównaniu z karmionymi piersią lub odżywkami na bazie mleka krowiego.

W dostępnym piśmiennictwie wielu autorów prezentuje wyniki badań zawartości różnych fitoestrogenów w żywności, zarówno w surowcach jak i gotowych produktach spożywczych. I tak mąka sojowa charakteryzowała się wyższą zawartością izoflawonów niż koncentrat i izolat sojowy [20]. Jednak pomimo dość wysokiej zawartości genisteiny

i daidzeiny, znikome ich wykorzystanie w tak zwanej diecie zachodniej, czyni ją nie istotnym źródłem fitoestrogenów. Dobrym źródłem omawianych związków są natomiast ser tofu oraz miso i tempeh – tradycyjne, fermentowane produkty rozpowszechnione w diecie azjatyckiej. Owoce i warzywa nie są znaczącym źródłem fitoestrogenów w diecie. Wśród owoców najczęściej fitoestrogenów zawierały borówki i truskawki a wśród warzyw – dynia [1].

Z prac *Murphy* i wsp. wynika, że obróbka cieplna tylko nieznacznie wpływała na zawartość tych związków. Jednakże okazało się, że gotowe, poddane obróbce termicznej hamburgery sojowo-wołowe zawierały więcej izowflawonów (głównie genistyny i daidzeiny) niż surowe. Stwierdzono, że utrata tłuszczu i wody podczas obróbki termicznej może wyjaśnić zaobserwowany wzrost ich poziomu [13].

W tabeli II przedstawiono przegląd zawartości różnych fitoestrogenów w żywności [5, 11]. Na tle zaprezentowanych produktów ponownie można stwierdzić, że soja i wyroby sojowe mogą być głównym źródłem fitoestrogenów w diecie, przy czym warto zauważyć, że inna roślina strączkowa jaką jest fasola zawiera bardzo małe ilości tych związków. Na uwagę zasługuje również herbata i kawa, w których stwierdzono wyższe zawartości lignanów niż innych fitoestrogenów (Tab. II).

Tabela II. Zawartość fitoestrogenów w żywności
Phytoestrogens content in foods [5, 10, 11]

	Izoflawony			Kumestany		Lignany	
	Dein	Gein	Fetin	BioA	Kume	Seco	Mat
	μg/g						
soja	676 ÷ 1001	940 ÷ 1382		nw		0,13 ÷ 2,73	–
mąka sojowa	654	1122					
tofu	113	166		nw			–
fasola	0,08 ÷ 0,90	0,70 ÷ 5,18	0,00 ÷ 1,50	0,00 ÷ 0,11	0,00 ÷ 0,10	0,50 ÷ 1,85	ślady
groszek chiński, gotowany		nw		93,1	nw		–
pędy lucerny		nw	3,4	nw	46,8		–
pędy koniczyny	nw	3,5	22,8	4,4	280,6		–
czarna herbata, napar						10 ÷ 24	0,71 ÷ 3,05
herbata jaśminowa	0,11	0,34		–	0,29	6,71	0,71
zielona herbata	0,10	0,35	–		0,32	6,09	0,56
kawa	0,66	0,29	0,78			5,6	–

Dein – daidzeina, Gein – genisteina, Fetin – formononetina, BioA – biochanina A, Kume – kumestrol, Seco – secoisolariciresimol, Mat – matairesinol, nw – nie wykryto

Dane podawane przez badaczy często jednak odbiegają od siebie. Jest to spowodowane zarówno stosowaniem różnych technik analitycznych i obliczeniowych jak i zmiennością materiału biologicznego [5].

Należy wspomnieć, że pierwsze publikacje dotyczące zawartości fitoestrogenów w soi genetycznie zmodyfikowanej wskazują, że są to poziomy porównywalne do stwierdzanych w soi tradycyjnej.

P. Badowski, B. Urbanek-Karłowska

PHYTOESTROGENS IN FOODS – A REVIEW

Summary

The steroid hormone estrogen influences female and male reproductive system, 17-*beta*-oestradiol is the major human oestrogen.

Phytoestrogens are naturally occurring oestrogens in many foods of plant origin. They are structurally and functionally similar to 17-*beta*-oestradiol or produce estrogenic effects.

It is suggested that phytoestrogens could lower risk of diseases accompanied woman in menopause and postmenopausal stage. They are considered to decrease risk of breast, endometrial and ovarian cancer, osteoporosis, cardiovascular disease.

This report presents the literature review on nutritious and health aspects connected with phytoestrogens.

Generally authors confirm the possibility of beneficial health effects of phytoestrogens in humans.

PIŚMIENNICTWO

1. *Adlercreutz H.*: Phytoestrogens. State of the art. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 1999, 7, 201–207.
2. *Bingham S.A., Atkinson C., Liggins J., Bluck L., Coward A.*: Phyto-oestrogens: where are we now? *British Journal of Nutrition* 1998, 79, 393–406.
3. *Coward L., Barnes N.C., Setchell K.D.R., Barnes S.*: Genistein, Daidzein, and Their β -Glycoside Conjugates: Antitumor Isoflavones in Soybean Foods from American and Asian Diets. *J. Agric. Food Chem.* 1993, 41, 1961–1967.
4. Food Safety-Plus, Health & Safety Publishing, Silverplatter International N.V. 2000.
5. *Franke A., Custer L.J., Cerna M.C., Narala K.K.*: Quantitation of Phytoestrogens in Legumes by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 1905–1913.
6. *Franke A.A., Custer L.J.*: Daidzein and genistein concentrations in human milk after soy consumption. *Clinical Chemistry* 1996, 42, 955–964.
7. *Gumułka W.S., Rewerski W.*: Ginekologia i Położnictwo w: *Encyklopedia Zdrowia*, Wydawnictwo Naukowe PWN 1992, 1838–1846.
8. *Ingram D., Sanders K., Kolybaba M., Lopez D.*: Case-control study of phyto-oestrogens and breast cancer. *The Lancet* 1997, 350, 990–994.
9. *Knight D.C., Eden J.A.*: Phytoestrogens – a short review. *Maturitas* 1995, 22, 167–175.
10. *Mazur W.M., Duke J.A., Wahala K., Rasku S., Adlercreutz H.*: Isoflavonoids and lignans in legumes: Nutritional and health aspects in humans. *Nutr. Biochem.* 1998, 9, 193–200.
11. *Mazur W.M., Wahala K., Rasku S., Salakka A., Hase T., Adlercreutz H.*: Lignan and isoflavonoid concentrations in tea and coffee. *Br. J. Nutr.* 1998, 79, 37–45.
12. *Meagher L.P., Beecher G.R., Flanagan V.P., Li B.W.*: Isolation and Characterization of the Lignans, Isolonicresinol and Pinoresinol, in Flaxseed Meal. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 3173–3180.

13. *Murphy P.A., Song T., Buseman G., Barua K., Beecher G.R., Trainer D., Holden J.*: Isoflavones in Retail and Institutional Soy Foods. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 2697–2704.
14. *Murphy P.A., Song T., Buseman G., Barua K.*: Isoflavones in Soy-based Infant Formula. *J. Agric. Food Chem.* 1997, 45, 4635–4638.
15. *Podbialkowski Z.*: Słownik roślin użytkowych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Wydanie VI, Warszawa 1989.
16. *Price K.R., Fenwick G.R.*: Naturally occurring oestrogens in foods – A review. *Fd Addit. and Contam.* 1985, 2, 73–106.
17. *Sethell K.D.R., Zimmer-Nechemias L., Cai J., Heubi J.E.*: Exposure of infants to phyto-oestrogens from soy-based infant formula. *The Lancet* 1997, 350, 23–27.
18. *Solomon E.P., Berg L.R., Martin D.W., Villee C.A.*: Rozród w: *Biologia*, ed. Multico Oficyna Wydawnicza, Wydanie I, Warszawa 1996, 1048–1052.
19. *Strauss L., Santti R., Saarinen N., Steng T., Joshi S., Makela S.*: Dietary phytoestrogens and their role in hormonally dependent disease. *Toxicol. Let.* 1998, 102–103, 349–354.
20. *Wang H., Murphy P.*: Isoflavone Content in Commercial Soybean Foods. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 1666–1673.
21. *Wang H., Murphy P.A.*: Isoflavone Composition of American and Japanese Soybeans in Iowa: Effects of Variety, Crop Year, and Location. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 1674–1677.

Otrzymano: 2000.10.23