

RENATA SZYMAŃSKA, JERZY KRUK

*Zakład Fizjologii i Biochemii Roślin
Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii
Uniwersytet Jagielloński
Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
email: jkruk@mol.uj.edu.pl
rszyman@mol.uj.edu.pl*

FITOSTEROLE – WYSTĘPOWANIE I ZNACZENIE DLA CZŁOWIEKA

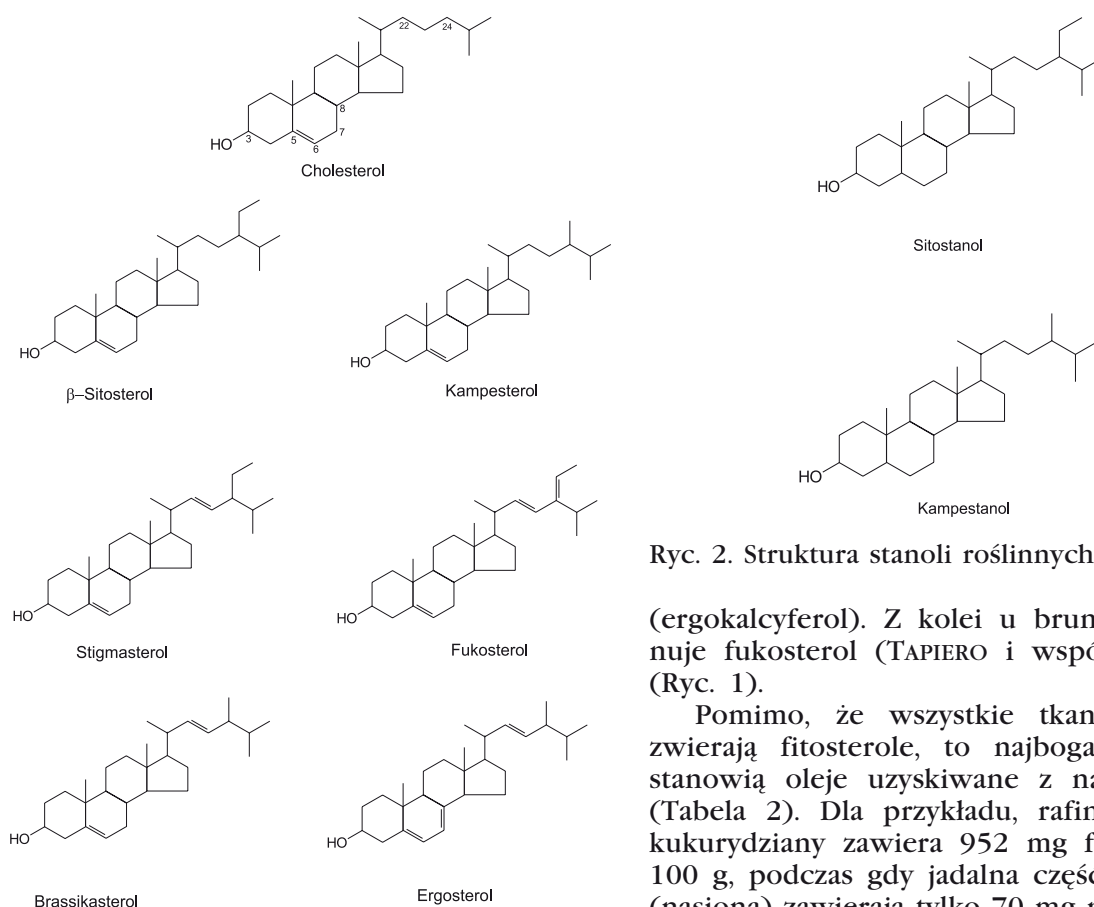
STRUKTURA ORAZ WYSTĘPOWANIE

Fitosterole (sterole roślinne) są strukturalnymi i funkcjonalnymi analogami cholesterolu syntetyzowanymi wyłącznie przez rośliny. Związki te wchodzą w skład roślinnych błon komórkowych, pełniąc analogiczną funkcję do cholesterolu w zwierzęcych błonach komórkowych, tzn. zmniejszając płynność błon, zwłaszcza jej powierzchniowej warstwy. Występują we wszystkich tkankach roślinnych, najobficiej jednak w olejach roślinnych. Są to 28- lub 29-węglowe, wielopierścieniowe alkohole (LAGARDA i współaut. 2006) w strukturze bardzo podobne do cholesterolu (Ryc. 1). W typowym przypadku zawierają taki sam układ wielopierścieniowy z jedną grupą wodorotlenową, natomiast różnica w budowie dotyczy łańcucha bocznego. Fitosterole są bogatsze o grupę metylową lub etylową i mogą zawierać dodatkowo jedno lub dwa wiązania podwójne w tym łańcuchu (Ryc. 1). Wśród fitosteroli możemy wyróżnić dwie zasadnicze grupy: sterole (zwane także Δ^5 -sterolami, ze względu na obecność podwójnego wiązania pomiędzy atomami C₅ i C₆) oraz stanole bez podwójnego wiązania (zredukowane sterole) (Ryc. 2) (OSTLUND 2002). Niekiedy spotyka się również sterole z wiązaniem podwójnym w pierścieniu pomiędzy atomami C₇ i C₈, określane jako Δ^7 -sterole. Nazwą fitosterole określa się zarówno sterole, jak i stanole oraz estry obu tych związków.

Jak dotąd zidentyfikowano ponad 200 fitosteroli, wśród których najbardziej rozpo-

wszechnione są: β -sitosterol (24- α -etylocholesterol), kampesterol (24- α -metylocholesterol) i stigmasterol (Δ^{22} , 24- α -etylocholesterol) (Tabela 1). W stanie naturalnym, związki te występują jako wolne fitosterole oraz jako sterolowe lub stanolowe estry: kwasów tłuszczowych, kwasu hydroksycynamonowego, glukozy czy glikolipidów (MOREAU i współaut. 2002). Występowanie niektórych steroli, takich jak np. brassikasterol, ograniczone jest tylko do jednej rodziny Brassicaceae (Tabela 1). Fitosterole w formie zestryfikowanej stanowią w olejach roślinnych zwykle około 50 % całkowitej zawartości steroli, chociaż w przypadku oleju sojowego ten udział wynosi tylko nieco ponad 10% (Tabela 1). Wykazano, że poszczególne sterole w oleju rzepakowym (Canola) są zestryfikowane w różnym stopniu: dwa dominujące (sitosterol i kampesterol) w ok. 50 %, brassikasterol w 40%, natomiast awenasterol tylko w 25% (GORDON i MILLER 1997). Kwasy tłuszczowe estryfikujące powyższe sterole to: oleinowy (30%), linolowy (21%), stearynowy (18%), palmitynowy (17%), linolenowy (7%), mirystynowy (3%) oraz śladowe ilości kwasu arachidowego i erukowego. W porównaniu ze składem kwasów tłuszczowych acylogliceroli oleju rzepakowego, w jego sterolach jest znacznie więcej kwasów nasyconych (C₁₄, C₁₆, C₁₈) natomiast mniej kwasu oleinowego.

Spośród rzadziej spotykanych fitosteroli można wymienić ergosterol będący głównym



Ryc. 1. Struktura cholesterolu, typowych steroli roślinnych oraz steroli drożdży (ergosterol) i brunatnic (fukosterol).

sterolem u drożdży i grzybów, choć obecny jest również w kukurydzy, nasionach bawełny, orzechach ziemnych i oleju lnianym (TAPIERO i współaut. 2003, KRITCHEVSKY i CHEN 2005). Jest on prekursorem witaminy D₂

Ryc. 2. Struktura stanoli roślinnych.

(ergokalcysterol). Z kolei u brunatnic dominuje fukosterol (TAPIERO i współaut. 2003) (Ryc. 1).

Pomimo, że wszystkie tkanki roślinne zawierają fitosterole, to najbogatsze źródło stanowią oleje uzyskiwane z nasion roślin (Tabela 2). Dla przykładu, rafinowany olej kukurydziany zawiera 952 mg fitosteroli w 100 g, podczas gdy jadalna część kukurydzy (nasiona) zawierają tylko 70 mg na 100 g nasion (OSTLUND i współaut. 2002). Dość dużą zawartością fitosteroli charakteryzują się także nasiona sezamu, kiełki pszeniczne, orzechy (włoskie, ziemne, laskowe i migdały) oraz nasiona roślin strączkowych (OSTLUND 2002, LAGARDA i współaut. 2006). Znaczna koncentracja fitosteroli występuje również w przetworach zbożowych: żytnich, pszenicznych, jęczmiennych i owsianych (LAGARDA i współaut.

Tabela 1. Skład steroli w wybranych olejach roślinnych (w %) (wg GORDONA i MILLERA 1997).

Sterol	Oleje rzepakowe	Olej sojowy	Olej słonecznikowy	Olej kukurydziany
Cholesterol	0,1-0,4	0,3	0,1	0,1
Brassikasterol	10,8-16,2	-	-	-
Kampesterol	27,6-34,4	18,1	7,5	17,2
Stigmasterol	0,1-0,8	15,2	7,5	6,3
Δ^7 -stigmasterol	2,1-2,3	1,4	7,1	1,8
β -sitosterol	48,7-52,3	54,1	58,2	60,3
Awenasterol	0,1-2,1	2,5	4,0	10,5
Δ^7 -awenasterol	0,8-1,9	2,0	4,0	1,1
Całkowita zaw. (mg/100g)	633-881	460	410	970
Całkowita zaw. zestyfikowanych (mg/100g)	398-435	57,6	207	565

2006). Najbardziej rozpowszechnionymi i najobficiej występującymi roślinnymi sterolami w tych produktach są: β -sitosterol (90%), jak również kampesterol i stigmasterol. Badania prowadzone w Szwecji i Holandii dotyczące zawartości fitosteroli w produktach zbożowych wykazały, że dominuje w nich β -sitosterol (62%), a oprócz niego występują: kampesterol (21%), stigmasterol (4%), β -sitostanol (4%) i kampestanol (2%) (NORMÉN i współaut. 2000). Dość znaczne wahania w zawartości fitosteroli widoczne są w obrębie tego samego rodzaju. Na przykład, zawartość wolnych i zestryfikowanych fitosteroli w pszenicy *Triticum spelta* wynosi odpowiednio: 52,7 i 52,8 mg/100g, podczas gdy u ozimego gatun-

ku *Triticum aestivum* koncentracja wolnych fitosteroli wynosi 123,8 mg/100g, a estrów steroli 112,6 mg/100g nasion (RUIBAL-MENDIETA i współaut. 2004). Również produkty pochodzenia zwierzęcego nie są pozbawione fitosteroli, pomimo że zwierzęta nie potrafią syntetyzować tych związków. U mały stwierdzono obecność 20 różnych steroli z głównym ich przedstawicielem – cholesterolem (19–39%) oraz fitosterolami: brassikasterolem, kampesterolem (>10%) i innymi. Obecność fitosteroli u mały jest konsekwencją odżywiania się tych zwierząt zróżnicowanym fitoplanktonem (COPEMAN i PARRISH 2004).

ZNACZENIE FITOSTEROLI DLA CZŁOWIEKA

Duże zainteresowanie fitosterolami w diecie człowieka wiąże się z ich działaniem obniżającym poziom cholesterolu we krwi. W 1912 r. Ellis i Gardner stwierdzili, że fitosterole nie są absorbowane przez organizm zwierzęcy (KRITCHEVSKY i CHEN 2005), przez co nie mogą one wywierać żadnego efektu na ludzkie zdrowie. Jednak kilkadziesiąt lat później, mając do dyspozycji bardziej nowoczesne metody detekcji ustalono, że fitosterole są absorbowane w niewielkim stopniu z przewodu pokarmowego zwierząt i człowieka. Wolne sterole tworzą bowiem bardzo trwałe kryształy, które są trudno rozpuszczalne w żółci i fosfolipidowych micelach, przez to również słabo absorbowane (TAPIERO i współaut. 2003). Dalsze badania wykazały, że różne gatunki absorbują sterole roślinne z różną wydajnością: od 0% (królik), 4% (szczur) do 6% (człowiek) (KRITCHEVSKY i CHEN 2005). Opierając się na licznych danych doświadczalnych ustalono, że dzienne zapotrzebowanie na sterole roślinne wynosi od 160 do 400 mg/dzień. Przykładowo, w Finlandii dzienne zalecane spożycie fitosteroli to 130–360 mg/dzień, zaś w Wielkiej Brytanii 163 mg/dzień (LAGARDA i współaut. 2006). W Polsce zalecana dawka to 200–300 mg/dzień. Ze względu na ograniczoną absorpcję steroli roślinnych w organizmie człowieka, organizacja The Adult Treatment Panel of The National Cholesterol Education Program zaleca jako dawkę efektywną spożywanie 2 g steroli lub stanoli roślinnych w ciągu doby (OSTLUND i współaut. 2002, WŁODAREK 2005). Oszacowano, że taka dawka może prowadzić do 10%-wej redukcji stężenia LDL-cholesterolu

we krwi (KRITCHEVSKY i CHEN 2005). Pomimo dość znacznie ograniczonej absorpcji roślinnych steroli z jelit, w piśmiennictwie opisane są przypadki zaburzeń gospodarki lipidowej określanej jako fitosterolemia lub sitosterolemia. Charakteryzują się one zwiększoną absorpcją fitosteroli, przy jednoczesnym ograniczeniu wydzielania żółci, co w konsekwencji prowadzi do akumulacji fitosteroli w surowicy i tkankach (KRITCHEVSKY i CHEN 2005). U osób z tym zaburzeniem, fitosterole stanowią 7 do 16% wszystkich steroli we krwi. Dla porównania, u osób z fitosterolemią stężenie sitosterolu waha się w granicach 0,3–16 mM, a kampesterolu od 0,2 do 0,5 mM, podczas gdy u osób zdrowych stężenie tych dwóch steroli zawiera się w granicach 0,01–0,05 mM (KRITCHEVSKY i CHEN 2005). Sitosterolemia występuje bardzo rzadko; w 1998 r. na świecie opisano tylko 34 przypadki (BERGER i współaut. 1998). Nieliczne badania łączą występowanie fitosterolemii z przedwczesnymi schorzeniami tętnicy wieńcowej i zastawki aorty (PATEL i THOMPSON 2006). Fitosterole zidentyfikowano także w płycie miazdżycowej u osób bez zaburzeń absorpcji steroli roślinnych, co może być podstawą do uznania fitosteroli za nowy czynnik ryzyka wystąpienia miazdżycy (PATEL i THOMPSON 2006).

W czasie przetwarzania i przechowywania żywności fitosterole ulegają utlenianiu do tzw. oksyfitosteroli. Wykazano, że związki te są absorbowane i akumulowane w organizmie zwierzęcym. Nie stwierdzono jednak ich promiazdżycowego działania (TOMOYORI i współaut. 2004).

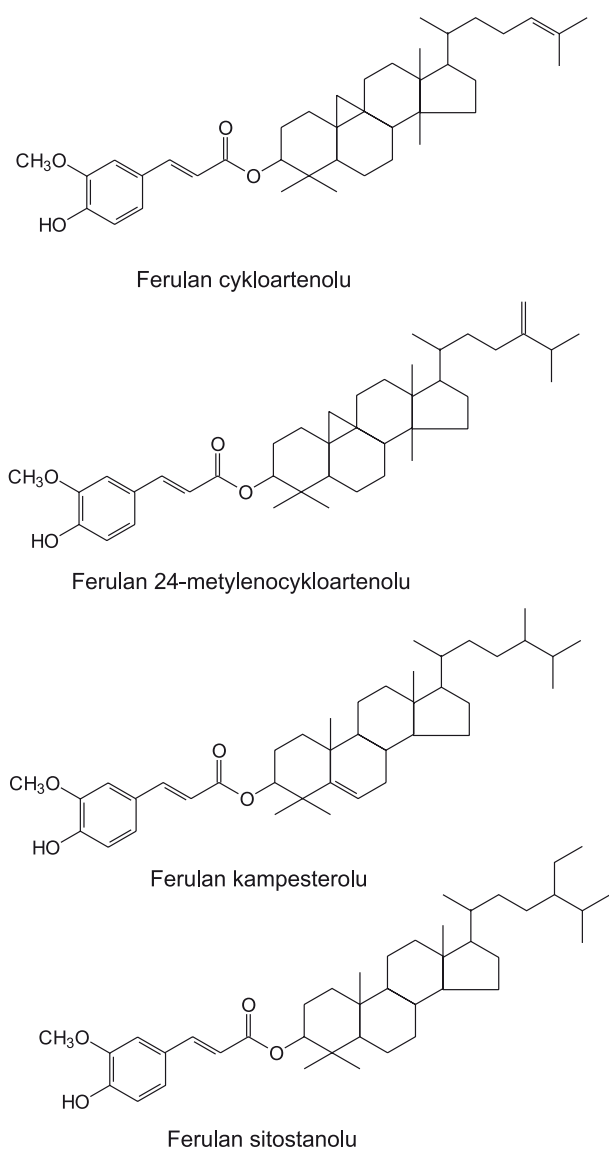
Tabela 2. Zawartość fitosteroli w wybranych produktach spożywczych (wg OSTLUNDA 2002, OSTLUNDA i współaut. 2002)

Pożywienie	Fitosterole (mg/100g)
Kokos	86
Masło kakaowe	201
Nasiona bawełny	324
Nasiona herbaty	102
Nasiona pomidora	100
Pomidor	7
Otręby ryżowe	1190
Kielki pszenicy	553
Orzechy ziemne	207
Olej sojowy	250
Olej sezamowy	865
Oliwa z oliwek	221
Ziarna maku	276
Olej kukurydziany	968
Słonecznik	100
Olej słonecznikowy	725
Nasiona winogron	180
Orzechy ziemne	176
Migdały	266
Orzechy laskowe	120
Pestki moreli	266
Fasola	76
Salata	38
Banany	16
Jabłka	12

Już w latach 50. wykazano, że sojowe sterole mogą hamować wzrost poziomu cholesterolu w osoczu i wątrobie u piskląt karmionych cholesterolem oraz, że związki te przyczyniają się do redukcji zmian miażdżycowych (PETERSON i współaut. 1953). Dalsze badania potwierdziły, że fitosterole obniżają stężenie cholesterolu frakcji LDL w surowicy. Już od lat 50. β -sitosterol jest wykorzystywany jako lek obniżający stężenie cholesterolu osocza w leczeniu hipercholesterolemii umiarkowanego stopnia (LAGARDA i współaut. 2006). Fitosterole obniżają stężenie LDL-cholesterolu („złego” cholesterolu) poprzez osłabienie absorpcji cholesterolu z jelit. Fitosterole i fitostanole hamują wchłanianie cholesterolu, zarówno pokarmowego, jak i endogenego (LAGARDA i współaut. 2006). Dokładny mechanizm tego procesu nie jest w pełni zrozumiały. Zaproponowano kilka mechanizmów wyjaśniających hipocholesterolemiczne dzia-

łanie tych związków. Jeden z nich zakłada, że obecność fitosteroli lub fitostanoli w jelicie powoduje wytrącanie cholesterolu w formę nieabsorbowlaną. Inna teoria opiera się na tym, że przed wchłonięciem cholesterol najpierw musi wejść do „mieszanych micel” złożonych z soli kwasów żółciowych i fosfolipidów. Cholesterol jest słabo rozpuszczalny w tych micelach i jest dodatkowo wypierany z nich przez fitosterole, co w konsekwencji zapobiega jego absorpcji (HICKS i MOREAU 2001). Liczne badania pozwoliły oszacować, że fitosterole obniżają poziom LDL od 2 do 33% (OSTLUND i współaut. 2002). W piśmiennictwie opisanych jest ponad 20 projektów badawczych, wykazujących wpływ spożywania roślinnych steroli na stężenie „złego” cholesterolu (LDL-cholesterolu) we krwi (HICKS i MOREAU 2001). Wykazano, że estry stanoli redukują stężenie LDL-cholesterolu o około 14% u dorosłych kobiet i mężczyzn, nie wpływając na stężenie triglicerydów i HDL-cholesterolu („dobrego” cholesterolu) (FDA 2000). Podobny efekt zaobserwowano u osób, które spożywały estry steroli; w tym przypadku redukcja „złego” cholesterolu osiągnęła poziom 10% (FDA 2000). Zmniejszanie stężenia „złego cholesterolu” we krwi stanowi także pośrednią ochronę przed chorobą wieńcową (OSTLUND 2002). Dowiedziono także, że bardzo efektywna jest terapia, w której stosuje się fitosterole w połączeniu ze statynami. Wykazano, że u osób z chorobą niedokrwinną serca podawanie statyny łącznie ze stanolami w dawce 3 g/dzień, prowadzi do dodatkowej redukcji stężenia cholesterolu frakcji LDL o 16–20% (WŁODAREK 2005). Taka kombinacja efektywnie redukuje ilość LDL we krwi, gdyż fitosterole ograniczają absorpcję cholesterolu, a statyny jego biosyntezę (OSTLUND 2002).

Oprócz redukcji poziomu cholesterolu we krwi fitosterole pełnią szereg innych funkcji u zwierząt i człowieka. Przede wszystkim wykazują właściwości przeciwnowotworowe: hamują rozwój raka okrężnicy (LAGARDA i współaut. 2006) oraz prostaty (METTLIN 1997, AWAD i współaut. 1998). Ponadto wykazano, że β -sitosterol nie tylko działa hamująco na komórki nowotworowe w przypadku raka piersi, lecz także może indukować ich apoptozę (AWAD i współaut. 2000). Trzyletnie badania prowadzone w Urugwaju wykazały, że sterole roślinne (β -sitosterol, kampesterol i stigmasterol) zmniejszają ryzyko zachorowania na raka żołądka (DE STEFANI i współaut. 2000). Podobny efekt występuje w przypadku równoczesnego podawania steroli roślin-



Ryc. 3. Struktura głównych składników γ -oryzanolu ryżu oraz steroli oleju z włókien kukurydzy (ferulan sitostanolu).

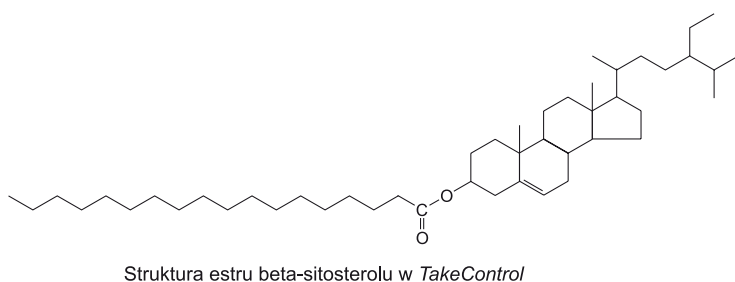
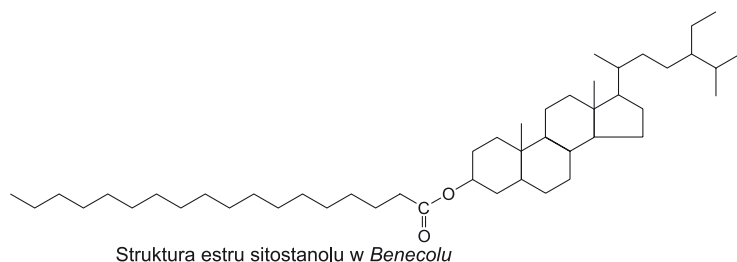
nych i α -karotenu (DE STEFANI i współaut. 2000). Sterolom roślinnym przypisuje się także działanie przeciwmiażdżycowe (MOGHADSIAN i współaut. 1999) i przeciwzapalne (BOUIC 2001).

Ponadto szereg źródeł w literaturowych donosi o antyutleniającym działaniu steroli roślinnych (LAGARDA i współaut. 2006). Jeden z przedstawicieli fitosteroli – γ -oryzanol, obficie występujący w otrębach ryżowych (300 mg/100 g) i oleju ryżowym ma silne właściwości przeciwutleniające (JULIANO i współaut. 2005). Początkowo sądzono, że γ -oryzanol to pojedynczy związek, jednak dokładniejsze badania wykazały, że jest to kompleks co najmniej 10 związków, będą-

cych estrami kwasu ferulowego oraz różnych fitosteroli (XU i GODBER 1999). W tej grupie największy odsetek stanowią estry cykloartenolu, 24-metylenocykloartenolu oraz kampesterolu (Ryc. 3). Jak wykazały liczne badania, γ -oryzanol redukuje całkowite stężenie cholesterolu we krwi, zwiększa stężenie HDL-cholesterolu („dobrego” cholesterolu) oraz hamuje agregację płytek krwi (CICERO i GADDI 2001). W związku z silnymi antyutleniającymi właściwościami γ -oryzanolu próbuje się go wykorzystywać jako stabilizujący składnik żywienia, zapobiegający szybkiemu utlenianiu tłuszczów (NANUA i współaut 2000). Ponadto zaproponowano, aby związek ten wykorzystać jako filtr UV-A w kosmetykach do opalania (COPPINI i współaut 2001), a także jako przeciwutleniacz w preparatach przemysłu farmaceutycznego i kosmetycznego (JULIANO 2005). Istnieją również doniesienia, że γ -oryzanol wykazuje sterydowe właściwości i efekt jego działania jest porównywalny z efektem sterydowych anaboliów i androhormonów (LEE i współaut 1991). γ -Oryzanol (handlowa nazwa to Gamma-O) ma podnosić poziom testosteronu w organizmie ośmiokrotnie, jak również zwiększać poziom endorfin, które łagodzą stres (LEE i współaut 1991). γ -Oryzanol (handlowa nazwa to Gamma-O) ma podnosić poziom testosteronu w organizmie ośmiokrotnie, jak również zwiększać poziom endorfin, które łagodzą stres (LEE i współaut 1991). Powoduje wzrost siły i masy mięśni, redukcję tkanki tłuszczowej, a także łagodzi potreningowy ból mięśni. γ -Oryzanol działa na podwzgórze, który poprzez przysadkę mózgową pośrednio kontroluje temperaturę ciała oraz równowagę wodną i hormonalną w organizmie. Niektóre badania (WHEELER i GARLEB 1991, FRY i współaut. 1997) kwestionują jednak anaboliczne działanie γ -oryzanolu.

Wyniki kilku badań (HICKS i MOREAU 2001) wykazały, że spożywanie steroli roślinnych powoduje niewielkie obniżenie absorpcji niektórych antyutleniaczy, m.in.: β -karotenu (prowitaminy A), likopenu i witaminy E. Oszacowano, że fitosterole redukcją stężenie β -karotenu we krwi o 25%, a witaminy E o 8% (LAW 2000). Przyjęto jednak, że dawka 1,6 g/dzień fitosteroli skutecznie redukuje poziom cholesterolu, pozostając bez znaczącego wpływu na koncentrację karotenoidów i witaminy E w osoczu (HICKS i MOREAU 2001).

Ponieważ fitosterole są w niewielkim stopniu absorbowane przez ludzki organizm podjęto starania, aby zwiększyć ich biodostępność. Początkowo fitosterole zaczęto wykorzystywać w przemyśle farmaceutycznym jako składniki leków. Pierwszy komercyjny



Ryc. 4. Struktura głównych składników fitosterolowych margaryn *Benecol* i *Takecontrol*.

preparat stosowany do redukcji poziomu cholesterolu zawierał 65% β -sitosterolu, następnie udział ten zwiększono do 90% (KRITCHEVSKY i CHEN 2005). Jednak po rozpoznaniu, że fitosterole są składnikiem normalnej diety, zaczęto wprowadzać je do żywności. W 1991 r. pojawił się na rynku majonez zawierający w swym składzie zestryfikowany sitostanol (MIETTINEN 2001). Również na początku lat 90. wyprodukowano margarynę (*Benecol*TM) z dodatkiem fitosteroli. Aktualnie sterole roślinne są dodawane do takich produktów jak: sery, jogurty, mleko, soki owocowe czy lody (MIETTINEN 2001, KRITCHEVSKY i CHEN 2005). Badania prowadzone na ochotnikach stosujących w diecie produkty wzbogacone w fitosterole wykazały, że redukują one poziom całkowitego cholesterolu o 10–15%, w tym poziom LDL-cholesterolu o 14–22% (GYLLING i MIETTINEN 1997). Również badania prowadzone przez zespół amerykańskich naukowców (POLAGRUTO i współaut. 2006) polegające na podawaniu dorosłym osobom czekoladowych batoników wzbogaconych we flawonoidy i fitosterole dały zadowalające efekty. Konsumpcja „odżywczych” batoników przez 6 tygodni dwa razy dziennie spowodowała redukcję całkowitego cholesterolu o 4,7%, a LDL-cholesterolu o 6% (POLAGRUTO i współaut. 2006).

Spośród wspomnianych wcześniej produktów zawierających sterole i stanole roślinne największą popularnością cieszą się margaryny z dodatkiem tych związków. Wpro-

wadzenie ich najpierw w Stanach Zjednoczonych, a potem w pozostałych częściach świata, okazało się wielkim sukcesem. Najbardziej znane są dwie margaryny zawierające sterole roślinne: *Benecol*TM (produkowany przez firmę McNeil's bazującą na patentach fińskiej grupy Raisio OY) z dodatkiem estrów sitostanolu (Ryc. 4) oraz *Take Control*TM (wykorzystującej patenty firmy Lipton i Unilever) wzbogacona w estry β -sitosterolu (Ryc. 4) (HOLLINGSWORTH 2001). Udowodniono, że stosowanie tych margaryn dwa razy dziennie przez dwa tygodnie dostarcza około 1,3 g steroli i stanoli roślinnych, a taka dawka wystarcza do obniżenia poziomu LDL-cholesterolu o około 10%. Stosowanie wzbogaconych margaryn wraz z odpowiednią dietą może znacznie wzmocnić redukcję poziomu „złego” cholesterolu i zmniejszyć ryzyko wystąpienia chorób serca (HOLLINGSWORTH 2001). Kilka lat temu firma Forbes Medi-Tech, Inc. (licencjonowana przez Novartis Consumer Health, Inc.) wprowadziła na amerykański rynek *Reducon*TM (znany także jako *Phytrol*TM). Pod tą nazwą kryje się 10 różnych produktów, które są wykorzystywane do produkcji napojów i ciastek (HOLLINGSWORTH 2001). Produktami „nowej generacji” są również: olej z włókien kukurydzianych (ang. corn fiber oil), występujący pod handlową nazwą: *Amazing Oil*, który jest najbogatszym, naturalnym źródłem stanoli i ich estrów (Ryc. 3) oraz olej kuchenny – *Cooksmart*TM (wprowadzony przez firmę Procter & Gamble) zawierający znacz-

ne ilości estrów fitosteroli (HOLLINGSWORTH 2001).

W 2000 r. europejska organizacja ds. żywnościowych (Scientific Committee on Food) zatwierdziła 8%-wy udział wolnych fitosteroli, w żółtych tłuszczach roślinnych do smarowania. W 2004 r. Unia Europejska wydała normę dotyczącą etykietowania produktów spożywczych lub ich składników, które zawierają dodatek steroli, estrów sterolowych oraz stanoli i ich estrów – EC 608/2004. Obecnie na rynkach w wielu krajach europejskich (w tym w Polsce) dostępne są produkty (margaryny, jogurty, mleko) z dodatkiem wolnych i

zestryfikowanych fitosteroli i fitostanoli (LAAKSO 2005).

Podsumowując można stwierdzić, że sterole roślinne, których najbogatszym źródłem są oleje roślinne, spożywane zarówno w postaci naturalnych produktów, jak również sztucznie wzbogaconych w fitosterole, wykazują bardzo pozytywne działanie na organizm ludzki przejawiające się głównie w obniżaniu poziomu cholesterolu we krwi, co może zapobiec chorobom układu krążenia. Ponadto niektóre fitosterole (γ -oryzanol, itp.) posiadają silne właściwości antyutleniające.

PHYTOSTEROLS – OCCURRENCE AND IMPORTANCE FOR MAN

Summary

Phytosterols (plant sterols) are compounds widely distributed among the plant kingdom occurring in the highest amounts in plant oils. They can be classified into two groups: sterols and stanols, which have fully saturated sterol rings. The main interest in phytosterols is due to their cholesterol-lowering effect

in human plasma which is important for their application in different food products as natural drugs protecting against arteriosclerosis and heart diseases. Moreover, it has been shown that phytosterols show also anticancer action against colon, breast and prostate cancer and have antioxidation properties.

LITERATURA

- AWAD A. B., HARTATI M. S., FINK C. S., 1998. *Phytosterol feeding induces alteration in testosterone metabolism in rat tissues*. J. Nutr. Biochem. 9, 712-717.
- AWAD A. B., DOWNIE D., FINK C. S., 2000. *Inhibition of growth and stimulation of apoptosis by beta-sitosterol treatment of MDA-MB-231 human breast cancer cells in culture*. Int. J. Med. 5, 541-545.
- BERGER G. M. B., PEGORARO R. J., PATEL S. A., 1998. *HMG-CoA reductase is not the site of the primary defect in phytosterolemia*. J. Lipid Res. 39, 1046-1054.
- BOUIC P. J. D., 2001. *The role of phytosterols and phytosterolins in immune modulation: a review of the past 10 years*. Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 4, 471-475.
- CICERO A. F. G., GADDI A., 2001. *Rice bran oil and γ -oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinemias and other conditions*. Phytother. Res. 15, 277-289.
- COPEMAN L. A., PARRISH C. C., 2004. *Lipids classes, fatty acids, and sterols in seafood from gilbert bay, southern Labrador*. J. Agric. Food Chem. 52, 4872-4881.
- COPPINI D., PAGANIZZI P., SANTI P., GHIRARDINI A., 2001. *Capacità protettiva nei confronti delle radiazioni solari di derivati di origine vegetale*. Cosmetic News. 136, 15-20.
- DE STEFANI E., BOFFETTA P., RONCO A. L., BRENNAN P., DENEOPELLEGRINI H., CARZOGGIO J. C., MENDILAHARSU M., 2000. *Plant sterols and risk of stomach cancer: A case-control study in Uruguay*. Nutr. Cancer 37, 140-144.
- FDA, 2000. *Food labeling: Health claims; plant sterol/stanol esters and coronary heart disease*. Food and Drug Admin. Fed. Reg. 65, 54685-54739.
- www.access.gpo.gov/su_docs/fedreg/a000908c.html.
- FRY A. C., BONNER E., LEWIS D. L., JOHNSON R. L., STONE M. H., KRAEMER W. J., 1997. *The effects of gamma-oryzanol supplementation during resistance exercise training*. Int. J. Sport Nutr. 7, 318-329.
- GORDON M. H., MILLER L. A. D., 1997. *Development of steryl ester analysis for the detection of admixtures of vegetable oils*. J. Am. Oil Chem. Soc. 74, 505-510.
- GYLLING H., MIETTINEN T. A., 1997. *Serum cholesterol lowering by sitostanol ester margarine alone or with simvastatin in postmenopausal women with coronary heart disease*. Circulation 96 (Suppl. S), 2680.
- HICKS K. B., MOREAU R. A., 2001. *Phytosterols and phytostanols: Functional food cholesterolbusters*. Food Technol. 55, 63-69.
- HOLLINGSWORTH P., 2001. *Margarine: The over-the-top functional food*. Food Technol. 55, 59-63.
- JULIANO C., COSSU M., ALAMANNI M. C., PIU L., 2005. *Antioxidant activity of gamma-oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils*. Int. J. Pharm. 299, 146-154.
- KRITCHEVSKY D., CHEN S. C., 2005. *Phytosterols – health benefits and potential concerns: a review*. Nutr. Rev. 25, 413-428.
- LAAKSO P., 2005. *Mass spectrometry of triacylglycerols*. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 107, 402-410.
- LAGARDA M. J., GARCIA-LLATAS G., FARRÉ R., 2006. *Analysis of phytosterols in food*. J. Pharmaceut. Biomed. 41, 1486-1496.
- LAW M., 2000. *Plant sterol and stanol margarines and health*. Brit. Med. J. 320, 861-864.

- METTLIN C., 1997. *Clinical oncology update: prostate cancer. Recent developments in the epidemiology of prostate cancer*. Eur. J. Cancer. 33, 340-347.
- LEE W. H., LANGER S., SHEER J. F., KEIPER D. A., 1991. *The complete home encyclopedia of food miracles*, Instant Improvement Inc., New York.
- MIETTINEN T. A., 2001. *Phytosterols – what plant breeders should focus on*. J. Sci. Food Agric. 81, 895-903.
- MOGHADASIAN M. H., MCMANUS B. M., GODIN D. V., RODRIGUES B., FROHLICH J. J., 1999. *Proatherogenic and antiatherogenic effects of probucol and phytosterols in apolipoprotein E-deficient mice – Possible mechanisms of action*. Circulation 99, 1733-1739.
- MOREAU R. A., WHITAKER B. D., HICKS K. B., 2002. *Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses*. Prog. Lipid Res. 41, 457-500.
- NANUA J. N., MCGREGOR J. U., GODBER J. S., 2000. *Influence of high oryzanol rice bran oil on the oxidative stability of whole milk powder*. J. Dairy Sci. 83, 2426-2431.
- NORMEN L., BRYNGELSON S., JOHNSON M., 2002. *The phytosterol content of some cereal foods commonly consumed in Sweden and in the Netherlands*. J. Food Comp. Anal. 15, 693-704.
- OSTLUND R. E., 2002. *Phytosterols in human nutrition*. Annu. Rev. Nutr. 22, 533-549.
- OSTLUND R. E., RACETTE S. B., STENSON W. F., 2002. *Effects of trace components of dietary fat on cholesterol metabolism: phytosterols, oxysterols, and squalene*. Nutr. Rev. 60, 349-359.
- PATEL M. D., THOMPSON P. D., 2006. *Phytosterols and vascular disease*. Atherosclerosis 186, 12-19.
- PETERSON D. W., SHNEOUR E. A., PEEK N. F., 1953. *Dietary constituents affecting plasma and liver cholesterol in cholesterol-fed chicks*. J. Nutr. 50, 191-201.
- POLAGRUTO J. A., WANG-POLAGRUTO J. F., BRAUN M. M., LEE L., KWIK-URIBE C., KEEN C. L., 2006. *Cocoa flavanol-enriched snack bars containing phytosterols effectively lower total and low-density lipoprotein cholesterol levels*. J. Am. Diet Assoc. 106, 1804-1813.
- RUIBAL-MENDEIETA N. L., ROZENBERG R., DELACROIX D. L., 2004. *Spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) wholemeals have similar sterol profiles, as determined by quantitative liquid chromatography and mass spectrometry analysis*. J. Agric. Food Chem. 52, 4802-4807.
- TAPIERO H., TOWNSEND D. M., TEW K. D., 2003. *Phytosterols in the prevention of human pathologies*. Biomed Pharmacother. 57, 321-325.
- TOMOYORI H., KAWATA Y., HIGUCHI T., ICHI I., SATO H., SATO M., IKEDA I., IMAIZUMI K., 2004. *Phytosterol oxidation products are absorbed in the intestinal lymphatics in rats but do not accelerate atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice*. J. Nutr. 134, 1690-1696.
- WHEELER K. B., GARLEB K. A., 1991. *Gamma oryzanol-plant sterol supplementation: metabolic, endocrine, and physiological effects*. Int. J. Sport Nutr. 1, 170-177.
- WŁODAREK D., 2005. *Stanole – znaczenie w leczeniu hipercholesterolemii*. Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii 1, 31-34.
- XU Z., GODBER J. S., 1999. *Purification and identification of components of γ -oryzanol in rice bran oil*. J. Agric. Food Chem. 47, 2724-2728.