

## Kolesterool ja taimed

E.J. Behrman ja Venkat Gopalan. Cholesterol and Plants. Journal of Chemical education, v82 n12 p1791 Dec 2005 Tõlkinud K. Jaani-Vihalem, tõlke korrigeerinud A.Soots ja T.Vihalem.

Nii avalikkuse kui isegi keemikute hulgas on levinud teadmine, et taimedes ei leidu kolesterooli. Osalt on selline väärarusaam saanud tekkida sellest, et taimedes on kolesterooli väga vähe, kuid kuni viimase ajani pole olnud ka selle kindlaks tegemiseks sobilikke analüüsi meetodikaid (1). Teiseks võimaldab seadusandlus toidumärgistamisel kolesterooli sisalduse märkida nulliks siis, kui seda esineb toidus väga vähesel määral (2). Tõsi on aga see, et tegelikult on kolesterool taimekuningriigis laialdaselt esinev, kuigi teisi lähedasi steroole, nagu näiteks beeta-sitosterooli (edaspidi viidatud kui sitosterool), esineb päris suurel hulgal. Ükski biokeemia alane õppematerjal ei käsitle taimedes esinevat kolesterooli adekvaatsel tasemel. Alljärgnev on soovituslik peatükk uue põlvkonna biokeemia õppematerjalidesse:

Taimedes esineb rohkem kui 250 erinevat steroidi (3). Neist sitosterool, mis erineb kolesteroolist 24. süsiniku aatomi juures etüülrühma poolest, on ehk kõige tuntum. Taimedes esineb nii vaba kui esterifitseeritud kolesterooli (sarnaselt loomorganismile). Kolesterool on taime membraani osa ning teda leidub ka taime lehtedes, ta on osa lehtede pinna lipiididest, kus ta on mõnikord lausa peamine sterool. Kolesterooli kogus kogu lipiidide hulka arvestades on protsentuaalselt väike. Taime lipiidides esineb teda 50 mg/kg, samal ajal kui loomsetes lipiidides on teda 5 g /kg kohta või isegi enam.

Tabel 1. Rakusisene kolesterooli jaotus taimedel

Allikas	Vaba kolesterool (%) <sup>a</sup>	Kolesterooli estrid (%)	Viide <sup>b</sup>
Rohelise oa lehed			
Kokku	1	1	9
Kloroplastid	24	33	
Mitokondrid	-	-	
Mikrosoomid	1	28	
Valguse puudumise tõttu kidurad oa lehed			
Kokku	6	23	9
Kloroplastid	27	2	
Mitokondrid	-	-	
Mikrosoomid	6	34	
21-päevaste maisivõrsete organellid <sup>c</sup>			
Tuumad	22	76	10
Kloroplastid	2	52	
Mitokondrid	1	32	
Mikrosoomid	1	32	

<sup>a</sup>Protsent kogusteroolist

<sup>b</sup>Täiendavate andme saamiseks vaata viidet nr 11

<sup>c</sup>4-deimetüülsteroolid moodustasid 72% kogu sterooli estrite fraktsioonist ning 5% vaba sterooli fraktsioonist.

Tänapäeva biokeemia õpikud käsitlevad taimset kolesterooli eksitavalt:

„Kolesterooli ... leidub vaid harva taimedes (4) (Väär)

„Sarnaseid steroole (kolesteroolile sarnaseid) leidub ka eukarüootides: nt stigmasterool taimedes“ (5) (Tõsi, aga eksitav)

Taimsed rakumembraanid ei sisalda kolesterooli (6) (Väär)

(Kolesterooliga) seotud steroole esineb taime membraanides (7) (Tõsi, aga eksitav)

Kolesterooli ei esine prokarüootides, küll aga erineval määral kõikides loomsetes membraanides (8) (Tõsi, aga miks pole taimi isegi mitte nimetatud?)

Taimed sisaldavad vähe kolesterooli. (Tõsi). Pigem on nende membraanide peamiseks sterooli osakesteks stigmasterool ja beeta-sitosterool. (Mitte täiel määral tõde, vaata Tabelit 1). (12)

Lisaks sellele, vaid Garret ja Grisham (13) on rohkem uurinud taimsete steroidide mõju inimeste kolesteroolitasemele. Olgugi, et juba mõnda aega on see mõju olnud tõestatud, ei maini paljud laialtkasutatavad õpperaamatud isegi taimse kolesterooli olemasolu või siis pole seal juttu taimsete steroolide mõjust inimeste kolesterooli metabolismile.

Tabel 2. Kolesterooli sisaldus taimeõlides

Allikas	Kolesterool/ (mg kg <sup>-1</sup> )	Viide
Palmiõli	20	14
Palmi õli	16	1
Palmi tuuma õli	17	1
Kookosõli	14	1
Puuvillaseemne õli	45	1
Sojaõli	29	1
Maisi õli	55	1
Maapähkli õli	24	1
Päevalilleseemne õli	14	1
Rapsi õli	53	1
Avokaado õli	<30	15
Oliiviõli	0,5-2	16 ja 17
Seesami õli	Ca 1	16 ja 17

Märkus: Võrdluseks: aju, munakollane, või, sealiha ja merekarbid sisaldavad kolesterooli vastavalt (g/kg): 20, 15, 2.5, 0.6 ja 0.5 (18).

Esinemine

Kolesteroolisisaldus tuntud taimeõlides on toodud tabelis 2. Euroopa Toiduohusameti (FDA) määratluse järgi võib kolesterooli sisalduse märkida nulliks siis, kui selle kogus ühes

portsjonis on väiksem kui 2 mg (19). Oluline on, et inimesed tutvuskid õli siltidega. *Caveat emptor* (tarbijal on õigus teada): Enam kui 30 aastat teatakse, et kolesterool ning selle estrid on olulised taimemembraanide komponendid. Tabel 2 annab ülevaate ka mõningate taime organellide steroolide sisaldusest.

Kuigi kolesterool moodustab väikese osa taime steroolide fraktsioonist, on teda arvestatavalt osade taimede pinnal. Kolesterooli ning sitosterooli sisaldus sterooli fraktsioonis kultuurrapsi erinevatel pindadel on toodud tabelis 3. Eriti palju esineb kolesterooli *Liliaceae*, *Solanaceae* ja *Scrophulariaceae* steroolide perekonnas.

Tabel 3. Steroolide sisaldus rapsis (canola)

Allikas	Kolesterool (%)	Sitosterool (%)
Lehed		
Pealispind	71,5	0,6
Raku sees	15	30
Seemned		
Pealispind	7,2	62
Raku sees	0,7	67
Seemnekest		
Pealispind	35	21

Märkus: Numbrid kajastavad protsenti kogu steroolide hulgast. Olemas on andmed ka kolesterooli sisalduse kohta kapsa, porrulaugu, redise, spinati, okra ja roheline pipra pinnalipiidides (20). Kolesterooli/ sitosterooli osakaal muutub taime arengu erietappidel (viide 21 ja selles toodud viited).

### Kolesterool ja taimsed steroolid

Taimsete steroolide vastu tuntakse palju huvi nende kolesterooli-langetava toime tõttu. Kuigi tänu Garretile ja Grishamile (13) on seda teemat ka õppematerjalides rohkem käsitletud, on kirjeldused ebatäpsed ja segadust põhjustavad.

Hoolimata (taimsete steroolide) struktuuralsest sarnasusest kolesterooliga, ei imendu nad kuigi hästi soole limaskestas rakkudes väiksemate erinevuste tõttu isomeerides ja/või nende ühendite metüül ja etüülgruppide olemasolu tõttu kõrvalahelates. On tähelepanuväärne, et kuigi keha taimesterooli hästi ei omasta, blokeerivad nad kõrge efektiivsusega kolesterooli imendumist soolerakkudesse.

Selline paradoks on saanud tekkida vaid eelpooltoodud väidete ebatäpsustest.

Tüüpiline lääne dieet sisaldab päevas 400-600 mg kolesterooli ja 200-400 mg taimseid sterooli (sitosterooli ja kampesterooli). Kui kolesteroolist omastatakse 40-60%, siis kampesteroolist kuni 20% ning sitosteroolist kuni 5% (20). Tänapäevane teadmine (24) on olnud selline, et nii kolesterool kui taimsed steroolid soolestikust jõuavad soolerakku ehk enterotsüüti soolevalendiku pinnal asuvate tavaliste transporterite (NPC1L1) abil. Seejärel, teatud (hetkel veel seletuseta) mehhanismide abil sorteeritakse steroolid enterotsüütides

nii, et suur osa kolesteroolist suunatakse külomikronitesse ning enamik taimsetest steroolidest pumbatakse valikuliselt tagasi soolestikku kahe ATP-st sõltuva (ABCG5 ja ABCG8) transporteri abil. Sellest järeldub, et steroolide eristamine ei teki mitte rakku sisenemisel, vaid rakust lahkumisel. See aitab mõista ka sitosteroleemiat, harvaesinevat pärilikku haigust, mille puhul esineb taimsete steroolide hüperimendumine peensoolest ehk neid jõuab palju vereringesse. Sitosteroleemia haiged omastavad nii kolesterooli kui taimseid steroole (eelduslikult kasutades selleks NPC1L1), kuid pärsitud on sitosterooli transport tagasi soolestikku, tänu mutatsioonidele transporterites ABCG5 ja ABCG8 (24).

Kuigi taimsed steroolid ei ole nii hästi imenduvad kui kolesterool, nad ikkagi imenduvad (23). Taimsete steroolide (ja nende estrite) kolesterooli alandav mõju on tingitud osaliselt sellest, et nad konkureerivad kolesterooliga nende pakkimisel segamitsellidesse transporteri NPC1L1 abil.

1. Rossell, J. B. In *Analysis of Oilseeds, Fats, and Fatty Foods*; Rossell, J. B., Pritchard, J. L. R., Eds.; Elsevier: London, 1991; Chapter 7, Table 7.11.
2. Moreau, R. A.; Whitaker, B. D.; Hicks, K. B. *Prog. Lipid Res.* 2002, 41, 457–500.
3. Akihisa, T.; Kokke, W. C. M. C.; Tamura, T. In *Physiology and Biochemistry of Sterols*; Patterson, G. W., Nes, W. D., Eds.; American Oil Chemists' Society: Champaign, IL, 1991; Chapter 7.
4. Horton, H. R.; Moran, L. A.; Ochs, R. S.; Rawn, J. D.; Scrimgeour, K. G. *Principles of Biochemistry*, 3rd ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, 2002; p 275.
5. Nelson, D. L.; Cox, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 3rd ed.; Worth Publishers: New York, 2000; p 376.
6. Zubay, G. L.; Parson, W. W.; Vance, D. E. *Principles of Biochemistry*; W. C. Brown: Dubuque, IA, 1995; p 385.
7. Metzler, D. E. *Biochemistry*, 2nd ed.; Academic Press: San Diego, 2001; Vol. 1, p 392.
8. Berg, J. M.; Tymoczko, J. L.; Stryer, L. *Biochemistry*, 5th ed.; Freeman: New York, 2002; p 325.
9. Brandt, R. D.; Benveniste, P. *Biochim. Biophys. Acta* 1972, 282, 85–92.
10. Kemp, R. J.; Mercer, E. I. *Biochem. J.* 1968, 110, 119–125.
11. Mudd, J. B. In *The Biochemistry of Plants*, Stumpf, P. K.; Conn, E. E. Eds.; Vol. 4, Academic Press, New York, 1980, pp. 514-515.
12. Voet, D.; Voet, J. G. *Biochemistry*, 3rd ed.; Wiley: New York, 2004; Vol. 1, p 389.
13. Garrett, R. H.; Grisham, C. M. *Biochemistry*; Brooks-Cole: Belmont, CA, 2005; p 263.
14. Gurr, M. I. *Role of Fats in Food and Nutrition*, 2nd ed.; Elsevier: London, 1992; p 36.
15. Itoh, T.; Tamura, T.; Masumoto, T.; Dupaigne, P. *Fruits* 1975, 30, 687–695.

16. Castang, J. *Ann. Falsif. Expert. Chim.* 1981, 74, 697–700.
17. Kochhar, S. P. *Prog. Lipid Res.* 1983, 22, 161–188, Table 2.
18. Sabine, J. R. *Cholesterol*; Dekker: New York, 1977; p 59.
19. Title 21 of the Code of Federal Regulations (21 CFR), section 101.62(d).  
<http://vm.cfsan.fda.gov/~lrd/CF101-62.HTML> (accessed Aug 2005).
20. Noda, M.; Tanaka, M.; Seto, Y.; Aiba, T.; Oku, C. *Lipids*, 1998, 23, 439–444.
21. Hobbs, D. H.; Hume, J. H.; Rolph, C. E.; Cooke, D. T. *Phytochem.* 1996, 42, 335–339.
22. Hartmann, M.-A. In *Lipid Metabolism and Membrane Biogenesis*; Daum, G., Ed.; Springer: Berlin, 2004; Chapter 5.
23. Klett, E. L.; Patel, S. B. *Science* 2004, 303, 1149–1150. Berge, K. E.; Tian, H.; Graf, G. A.; Yu, Y.; Grishin, N. V.; Schultz, J.; Kwiterovich, P.; Shan, B.; Barnes, R.; Hobbs, H. H. *Science* 2000, 290, 1771–1775.
24. Lutjohann, D.; Bjorkhem, I.; Beil, U. F.; von Bergmann, K. J. *Lipid Res.* 1995, 36, 1763–1773.