

**ω-3- JA ω-6-RASVHAPPED, NENDE SISALDUS  
SÖÖTADES, LINNUKASVATUSSAADUSTES  
JA MÕJU INIMESE TERVISELE  
(KIRJANDUSE ÜLEVAADE)**

J. Hämmal, V. Tikk

**SUMMARY:** *ω-3 and ω-6 fatty acids, their content in feeds, poultry products and influence on the human health. Omega fatty acids are polyunsaturated monobasic carboxylic acids which serve essential functions in human organism. Their preventive effect on coronary heart diseases became evident during the research into the diet of Greenland Eskimos in the 1950s–1960s. High concentrations of omega fatty acids can be found in cold water fish and several plant oils. It is highly important for human health to follow the dietary balance between omega-3 and omega-6 fatty acids. The ordinary nutrients bring about the omega-3 fatty acid deficiency and for that reason the possibilities for increasing the omega-3 fatty acid content in human diet are being studied all over the world. The major factors of increasing omega-3 fatty acid level in poultry products are fish oil, linseeds oil and rapeseed oil. Decrease in organoleptic properties of enriched poultry products has caused problems. The omega-3 fatty acid concentration (particularly that of α-linolenic acid) in enriched so-called “ω-3” eggs may be even up to 10 times higher. Since 1997 the possibilities of quail and chicken egg enriching with omega-3 fatty acids have been studied in the Department of Small Animal and Poultry Breeding of the Estonian Agricultural University. Due to the reliable preliminary results the experiments on humans were also started in the Maarjamõisa Hospital.*

*Financial support for this study from the Estonian Science Foundation, grant No 3150, is gratefully acknowledged.*

**TEKSTIS KASUTATAVAD LÜHENDID:**

EPA – eikosapentaenhape, C20:5n-3, *eicosapentaenoic acid*  
 DPA – dokosapentaenhape, C22:5n-3, *docosapentaenoic acid*  
 DHA – dokosaheksaenhape, C22:6n-3, *docosahexaenoic acid*  
 ALA – α-linoleenhape, C18:3n-3, *α-linolenic acid*  
 MUFA – monoküllastumata rasvhapped, *monounsaturated fatty acids*  
 SFA – küllastatud rasvhapped, *saturated fatty acids*  
 PUFA – polüküllastumata rasvhapped, *polyunsaturated fatty acids*  
 HDL – kõrge tihedusega lipoproteiinid, *high density lipoproteins*  
 LDL – madala tihedusega lipoproteiinid, *low density lipoproteins*  
 VLDL – väga madala tihedusega lipoproteiinid, *very low density lipoproteins*

**TEKSTIS ESINEVATE RASVHAPETE LIHTSUSTATUD TÄHISTUSED**

**SHORTHAND NOTATION OF FATTY ACIDS**

Rasvhappe triviaal- või süstemaatiline nimetus <i>Common or systematic names of fatty acids</i>	Ingliskeelne nimetus <i>Name in English</i>	Lihtsustatud tähistus <i>Shorthand notation</i>
Müristiinhape	Myristic acid	14:0
Palmitiinhape	Palmitic acid	16:0
Palmitoleenhape	Palmitoleic acid	16:1n-7
Heptadekaanhape	Heptadecanoic acid	17:0
Heptadetseenhape	Heptadecenoic acid	17:1n-7
Steariinhape	Stearic acid	18:0
Oleiinhape	Oleic acid	18:1n-9

Oktadekaeenhape	Vaccenic acid	18:1n-7
Linoolehape	Linoleic acid	18:2n-6
$\gamma$ -linoleenhape	$\gamma$ -linolenic acid	18:3n-6
$\alpha$ -linoleenhape	$\alpha$ -linolenic acid	18:3n-3
Eikosaanhape	Eicosanoic acid	20:0
Oktadekatetraeenhape	Octadecatetraeonic acid	18:4n-3
Eikosadieenhape	Eicosadienoic acid	20:2n-6
Eikoseenhape	Eicosenoic acid	20:1n-9
Dihomo- $\gamma$ -linoleenhape	Dihomo- $\gamma$ -linolenic acid	20:3n-6
Eikosatrieenhape	Eicosatrienoic acid	20:3n-9
Arahhidoonhape	Arachidonic acid	20:4n-6
Eikosapentaeenhape	Eicosapentaenoic acid	20:5n-3
Eruukhape	Erucic acid	22:1n-9
Dokosatrieenhape	Docosatrienoic acid	22:3n-9
Dokosatetraeenhape	Docosatetraenoic acid	22:4n-6
Dokosapentaeenhape (n-6)	Docosapentaenoic acid (n-6)	22:5n-6
Dokosapentaeenhape (n-3)	Docosapentaenoic acid (n-3)	22:5n-3
Dokosaheksaehenhape	Docosahexaenoic acid	22:6n-3

### $\omega$ -3- ja $\omega$ -6-rasvhapete iseloomustus

$\omega$ -3- ja  $\omega$ -6-rasvhapped on keemiliselt koostiselt polüküllastumata ühealuselised karboksüülhapped. Rasvhapete tegelikud struktuurivalemid on pikad ja trükkimiseks tülikad, mistõttu on kokku lepitud nende lühendatud kirjutusviisis, kus 1. arv näitab happe C-aatomite arvu, koolonile järgnev arv kaksiksidemete hulka, n koos järgneva arvuga esimese kaksiksideme asukohta, alustades arvestust metüülrühmast (Metabolism..., 1998). Viimane fakt tekitabki mõnikord raskusi valemite dešifreerimisel, sest süstemaatilise nomenklatuuri alusel määrab süsinikuahela numeratsiooni alguse funktsionaalne rühm (Grandberg, 1979). Nii võib näiteks arahhidoonhappe (triviaalnimetus) e. 5,8,11,14-eikosatetraeenhappe (süstemaatiline nimetus) kirjutada lühidalt ka järgmiselt

C 20 : 4 n-6 (Leskanich, Noble, 1997).

Kasutusel on ka esimese kaksiksideme asukohta tähistava arvu ees tähe n asemel võrdväärseks kreeka tähte  $\omega$  ja sellest ongi tulnud mõisted  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 ja  $\omega$ -9 kategooria happed, vahel nimetatud ka rasvhapete perekondadeks. Viimaste all mõistetakse rasvhappeid, millistel võib olla erinev C-aatomite ja kaksiksidemete arv, kuid esimene kaksikside on nendes molekulides samas kohas. Tuntakse 4  $\omega$ -hapete perekonda (Sardesai, Detroit, 1992). Eriti olulised on  $\omega$ -3- ja  $\omega$ -6-rasvhapete perekonnad, kuigi tuntakse ka  $\omega$ -7 ja  $\omega$ -9 perekondi.

### $\omega$ -3-rasvhapped

Olulisemad  $\omega$ -3-rasvhapped on 3 järgmist (Products..., 1991; Leskanich, Noble, 1997):

1) 9-, 12-, 15-oktadekatrieenhape, triviaalnimetusega  $\alpha$ -linoleenhape (C18:3 $\omega$ -3), lihtsustatud struktuurivalemiga



$\alpha$ -linoleenhape on 5 korda halvemini püsiv kui linoolehape, valguse või hapniku mõjul rääsub kiiresti. Seda tuleb tõsiselt arvestada  $\alpha$ -linoleenhappe tootmisel (What..., 1998);

2) 5-, 8-, 11-, 14-, 17-eikosapentaeenhape (C20:5 $\omega$ -3). Kirjanduses kasutatakse koondnimetust EPA



3) 4-, 7-, 10-, 13-, 16-, 19-dokosaheksaehenhape (C22:6 $\omega$ -3). Kirjanduses kasutatakse koondnimetust DHA

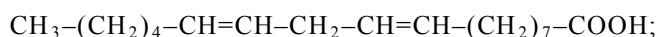


Tuntud on ka oktadekatetraeenhape (C 18:4 $\omega$ -3) ja dokosapentaehenhape (C22:5 $\omega$ -3), mille koondnimetuseks on DPA.

### ω-6-rasvhapped

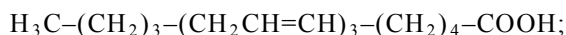
ω-6-rasvhapetest on tuntumad (Leskanich, Noble, 1997):

- 1) 9-, 12-oktadekadienhape, triviaalnimetusega linoolhape (C18:2ω-6)

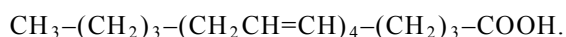


- 2) 6-, 9-, 12-oktadekatrienhape, triviaalnimetusega γ-linoleenhape (C18:3ω-6).

Lihtsustatud struktuurivalem:



- 3) 5-, 8-, 11-, 14-eikosatetraeenhape, triviaalnimetusega arahhidoonhape (C20:4ω-6)



ω-6-rasvhapetest tuntakse ka eikosadienhapet (C20:2ω-6), dihomo-γ-linoleenhapet (C20:3ω-6), dokosatetraeenhapet (C22:4ω-6) ja dokosapentaenhapet (C22:5ω-6).

### ω-3- ja ω-6-rasvhapete metabolismist organismis

Küllastamata rasvhapete tekkeprotsesse organismis tuntakse veel halvasti. On teada, et neid rasvhappeid, milles kaksiksidemed asuvad ainult 7. süsinikuaatomist (metüülrühma poolt lugedes) karboksüülrühma pool, suudavad loomorganismid ise sünteesida. Kui aga kasvõi ükski kaksikside asub terminaalse 7. süsinikuaatomi piirkonnas, ei suuda loomorganism sellist hapet sünteesida ja peab seda saama toidu koostises. Selliste hapete hulka kuuluvad näiteks asendamatud linool- ja linoleenhape. Linool- ja linoleenhape koos palmitooleiin- (C18, Δ9:10) ja oleiinhappega on lähteaineteks kõigile teistele loomorganismile vajalikele küllastumata rasvhapetele, mis alternatiivselt moodustuvad kas ahela pikendamisel karboksüülrühma poolt või spetsiifilisel desatureerimisel (Tohver, 1977).

Omega-3-rasvhappeid kasutab organism prostaglandiinide sünteesiks (Teesalu, Vihalemm, 1993). Linool- ja α-linoleenhape ise ei oma organismis asendamatu funktsiooni, kuid nad on algmaterjaliks pikema ahelaga küllastumata rasvhapetele, millel on asendamatud funktsioonid (Opstvedt, 1985). Joonis 1 selgitab lihtsustatult ω-3- ja ω-6-rasvhapete metabolismi organismis, näidates ka nende võimalikke looduslikke allikaid.

Nagu joonisest 1 nähtub, on ω-3- ja ω-6-rasvhapete metabolismi tulemuseks inimorganismile väga olulised ained. Prostatsükliin ja tromboksaan reguleerivad vere hüübimist ja arterite ahenemist-laienemist, dokosaanheksaenhape on aju, silma võrkkesta ja närvirakkude üks komponente. Dihomo-γ-linoleenhape, arahhidoonhape ja eikosapentaenhape on ka eikosanoidide prekursoriteks, mis mõjutavad mitmeid raku ainevahetusprotsesse (Sardesai, Detroit, 1992).

Jooniselt 1 selgub ka põhilised ω-3-rasvhapete allikad. J. A. Nettleton (1991) rõhutab, et ω-3-rasvhappeid leidub planktonis, mõnedes taimede seemnetes ja kalaõlis. Seejuures on kalaõli ainsaks kontsentreeritud lähteaineks EPA-le ja DHA-le. On tehtud juba ka esimesi katseid eikosapentaenhappe mikrobioloogiliseks sünteesiks *Mortirella fungi* abil (Leman, 1993). Tuleb ka arvestada, et rasvade rasvhappelist koostist võib tugevasti mõjutada nende termiline töötlemine. Kuidas just, sellele on vastust otsitud juba ligikaudu 60 aastat (Billek, 1992).

### ω-3- ja ω-6-rasvhapete võime muuta füsioloogilisi protsesse

ω-3-rasvhapete baasil organismis sünteesitavad prostaglandiinid vahendavad mitmeid keemilisi protsesse. S. Teesalu ja T. Vihalemma (1993) andmetel on teada kuus valdkonda, kus ω-3-rasvhapped muudavad organismi metabolismi:

- 1) vähendavad triglütseriidide sünteesi maksas;
- 2) vähendavad vereliistakute kokkukleepumist ja pärsivad seega veresoonesiseste trombidete teket;
- 3) aitavad parandada hapnikupuudusest tekkinud kahjustusi kudedes;
- 4) võivad langetada vererõhku; kõrge vererõhk on peamine südameinfarkti riskifaktor;
- 5) vähendavad vere kolesteroolisisaldust (LDL-sisaldust arvatavasti mitte);
- 6) tugevdavad immuunsüsteemi.

**ω-3-rasvhapped****ω-3 fatty acids**

α-linoleenhape (lina-, kanepi-, rapsi-seemnetes, kreeka pähkli ja sojaõli)  
*α-linolenic acid (found in linseed, hemp seeds, rapeseed, in walnut and soyabean oils)*

(C18:3ω-3)



Stearidoonhape e. oktadekatetraeenhape  
*Stearidonic acid (Octadecatetraeonic acid)*

(C18:4ω-3)



Eikosatrieenhape  
*Eicosatrienoic acid*

(C20:3ω-9)



Eikosapentaeenhape (EPA) (leidub kalaõlis)

*Eicosapentaenoic acid (in fish oils)*

(C20:5ω-3)



→ Dokosaheksaeenhape (DHA)  
*Docosahexaenoic acid*  
(C22:6ω-3)

→ Prostatsükliin

*Prostacyclin*

→ Tromboksaan A3

*Thromboxane*

→ Leukotriin B5

*Leukotriene***ω-6-rasvhapped****ω-6 fatty acids**

Linoolhape (LA) (päevalilleõlis)

*Linoleic acid (sunflower oil)*

(C18:2ω-6)



γ-linoleenhape (GLA)

*γ-linolenic acid*

(C18:3ω-6)



Dihomo-γ-linoleenhape

*Dihomo-γ-linolenic acid*

(DGLA) (C20:4ω-6)



Arahhidoonhape (AA) (leidub vähesel määral lihas)

*Arachidonic acid (tiny amounts in meat)*

(C20:4ω-6)



→ Dokosapentaeenhape  
*Docosapentaenoic acid*

(C22:5ω-6)

→ Prostatsükliin PG12

*Prostacyclin*

→ Tromboksaan A2

*Thromboxane*

→ Leukotriin B4

*Leukotriene*

**Joonis 1.** ω-3- ja ω-6-rasvhapete metabolism (Fish..., 1991; Hämmal, Tikk, 1997; Metabolism..., 1998)

**Figure 1.** Metabolism of ω-3 and ω-6 fatty acids (Fish..., 1991; Hämmal, Tikk, 1997; Metabolism..., 1998)

Arvatakse ka, et näiteks α-linoleenhape suudab positiivselt mõjutada, seega aidata kasvu aeglustumise, nõrkuse, nägemis- ja õppimisvõime kahjustuste, koordinatsioonihäirete, jalgade ja käte kihelusaistingute ning käitumishäirete puhul (What..., 1998). ω-3- ja ω-6-rasvhapete mõju on uuritud ja leitud see olevat positiivne mõningate kasvujate korral (Karmali, 1989; Kune, 1990; Vatten *et al.*, 1990; Thompson *et al.*, 1996a; Fernandes, Venkatraman, 1993; Caughey *et al.*, 1996). ω-3-rasvhapete sisalduse tõttu on mitmete kasvujaliikide korral positiivset mõju olnud ka linaõlil (Flaxseed..., 1996; Thompson *et al.*, 1996a; 1996b; Heart..., 1996; Obermeyer *et al.*, 1993). On tõestatud ω-3-rasvhapete kasulikkus ka närvisüsteemi kahjustuste korral (Holman *et al.*, 1982; Okuyama, 1992), nende antitrombine efekt (Indu, 1992; Ferretti, Flanagan, 1996) ja positiivne mõju sepsise korral (Larsson-Backstrom *et al.*, 1995). M. A. Allman jt. (1995) leidsid, et linoleenhapete rikkad õlid mõjutasid ka vere vormelementide kogust. Sama nenditi ka 16. rahvusvahelisel söötmisalasel kongressil (Omega-3..., 1996). Linaõli tõstab ka EPA kontsentratsiooni kudedes (Mantzioris, 1994a).

Verenäitajate paranemist ning vererõhu langust ω-3-rasvhapete mõjul on täheldatud paljudes uurimustes (Atkinson *et al.*, 1987; Saynor, Gillot, 1988; Weintraub *et al.*, 1988; Sanders *et al.*, 1989; Li, Steiner, 1990; Molgaard *et al.*, 1990; Sanders, Hinds, 1992; Mark, Sanders, 1994). S. F. Olsen jt. (1992) leidsid seose raseduse kestvuse ja rasedate toidu ω-3-rasvhapete sisalduse vahel (kasutati erinevaid toiduratsioone alates 7. raseduskuust). Positiivse mõjuga on nad ka südame arütmia korral (Flaxseed..., 1997a). Uurimused on näidanud, et polüküllastumata rasvhapete omastamine sõltub ka samal ajal söödud toorkiu kogusest (Olubajo *et al.*, 1986).

Meedikute huvi on  $\omega$ -rasvhapete ravivõime uurimisel kandunud põhiliselt küll südame-veresoonkonna haiguste ennetamisele ja seetõttu just vere kolesteroolisisalduse vähendamisele, kuid paljud uurimused on püüdnud selgitada ka nende hapete võimalikku positiivset mõju väikelastele ja eriti alakaalulistele imikutele (Lasserre *et al.*, 1985; Carlson *et al.*, 1991; 1992; Sanders, Reddy, 1992; Boehm *et al.*, 1996).  $\omega$ -3 rasvhapete mõjul on leitud ka angiini (Saynor *et al.*, 1984) ja psoriaasi (Sanders, 1993) taandumist.

### **$\omega$ -3- ja $\omega$ -6-rasvhapete seos vere kolesteroolisisaldusega ja südame-veresoonkonna haigestumisega**

Kolesteroolil on organismis palju funktsioone. Ta on tähtis rakumembraani koostisosa, mida vajab iga organismi rakk. Lisaks on ta sapphapete, D-vitamiini ja steroidhormoonide eelkäija (Viigimaa, Dominiczak, 1997). Rakud võivad endale kolesterooli sünteesida või saada seda ümbritsevast keskkonnast. Toidu kolesterool ei ole vereseerumi kõrge kolesteroolisisalduse peamine põhjus, keha valmistab iga päev umbes 1000 mg kolesterooli (Teesalu, Vihalemm, 1993). Kolesterool ja teised lipiidid ei lahustu vees, neid transpordivad veres mitut tüüpi lipoproteiinid. Kõige madalama tihedusega (sisaldavad kõige vähem proteiini) on külomikronid, väga madala tihedusega lipoproteiinid kannavad nimetust VLDL. Madala tihedusega lipoproteiinide nimetuseks on LDL. Nemed kannavad kolesterooli rakkudeni ja on seotud ateroskleroosiga ning neid nimetatakse ka halvaks kolesterooliks. Kõrge tihedusega lipoproteiinid HDL kannavad kolesterooli kudedest maksa ja neid nimetatakse ka heaks kolesterooliks. Arvatakse, et nendel inimestel, kes saavad toiduga palju rasva ja kolesterooli, tõuseb vere LDL-sisaldus. Mida rohkem on veres HDL-kolesterooli, seda parem inimese tervisele (Teesalu, Vihalemm, 1993). E. A. Mayfieldi (i.a.<sup>1</sup>) arvates põhjustab LDL-kolesterool rasva ladestumist veresoonte seintele. Vastavad uurimused on tõestanud, et vere kolesteroolitaseme ja südamehaigustesse suremuse vahel on tihe seos (Simons, 1986; Scandinavian..., 1994). Eestis on suremus südamehaigustesse ülisuur (Viigimaa, Dominiczak, 1997), kusjuures vere kolesteroolisisaldus on mõõdukalt kõrge (5,2...6,5 mmol/l) 45...50% ja tunduvalt kõrge (üle 6,5 mmol/l) 25...30% keskealistest elanikest. Arvatakse, et südame-veresoonkonna haigused ohustavad Eestis 2/3 elanikkonnast (Leino, 1998) ning et praegu on vereringehaigused rohkem kui poolte inimeste surma tegelikeks põhjusteks (Peets, 1998). Suremus südame-veresoonkonna haigustesse suureneb pidevalt. Kui aastal 1900 suri Põhja-Ameerikas nendesse haigustesse 14,2%, siis 90-ndatel olid need haigused surmapõhjuseks juba 33% juhtudest (The 50..., 1998).

Südame-veresoonkonna haigestumise põhjustavad mitmed tegurid, millistest peamised on suitsetamine, LDL-kolesterooli kontsentratsioon, kõrge vererõhk, vasaku vatsakese hüpertroofia. Olulised riskitegurid on ka diabeet, liikumisvaegus, HDL-kolesterooli madal tase, ülekaalulisus ja menopaus (Viigimaa, Dominiczak, 1997). Eeltoodu näitab dieedi olulisust südame-veresoonkonna haiguste vältimisel.

Kuni viimaste aastakümneteni polnud täpselt teada, kuidas ja millal tõuseb veres HDL-lipoproteiinide tase ning kas seda mõjutab küllastatud rasvhapete vahekord toidus. 90. aastatel uuriti neid seoseid põhjalikult ning leiti, et vereplasma kolesteroolisisaldus sõltub kindlalt ka toidus kasutatavate rasvade koostisest (Dietary..., 1998).

Teadlaste huvi äratas küll juba 1950. a. fakt, et Gröönimaa eskimotel esineb tunduvalt harvem südameinfarkti ja ateroskleroosi kui ameeriklastel (Sinclair, 1953; Nash *et al.*, 1995; Parkinson *et al.*, 1994). Seda hoolimata sellest, et eskimote toit sisaldab suures koguses vaalaja hülgerasva ning liha. Rasva ja rasvase liha söömist peetakse ateroskleroosi põhjustajaks. Eskimod söövad aga palju ka külmaveekalu, kes toituvad planktonist. On teada, et Gröönimaa eskimod söövad kuni 400 g kala päevas (Bang, Dyerberg, 1972), jaapanlased kuni 100 g päevas (Kagawa *et al.*, 1982). Nn. Zutpheni uuringutel (Kromhout *et al.*, 1985) selgitati, et suremus südame-veresoonkonna haigustesse oli sellel elanikkonna osal, kes tarbis vähemalt 30 g kala päevas, umbes 50% madalam. Et teatud kalaliikide söömine suurendab HDL-kolesterooli taset, tõestas W. S. Harris (1989). Tehti kindlaks, et külmaveekalades (makrell, lõhe, hiidlest, heeringas, tuunikala) esineb kõrges kontsentratsioonis  $\omega$ -3-rasvhappeid.

Tänapäeval ollakse veendunud, et vere üldkolesteroolihulka vähendavad küllastumata rasvhappeid sisaldavad taimeõlid (päevalille-, soja-, oliivõli), letsitiin (fosfolipiidid),  $\omega$ -3-rasvhapped ja kiudained toidus (Teesalu, Vihalemm, 1993).

<sup>1</sup> i.a. – puudub ilmumisaasta

Enamik teadlasi ja meedikuid on seisukohal, et  $\omega$ -3-rasvhapete suurem kogus inimtoidus aitab hoida tasakaalus HDL- ja LDL-kolesteroolide taset veres ja seega vähendada riski haigestuda südame-veresoonkonna haigustesse.

### **$\omega$ -3- ja $\omega$ -6-rasvhapete soovitatavad kogused inimtoitlustamisel**

1992. a. tühistas Inglise Toitumise Sihtasutus oma seni kehtinud soovitusel inimtoidu küllastatud ja küllastumata rasvhapete vahekorra kohta, jõudnud arusaamisele, et mitte kõik küllastumata rasvhapped pole organismis ühesuguse mõjuga ning et kõik küllastatud rasvhapped pole ateroogeensed (Leskanich, Noble, 1997). Hakati oluliseks pidama  $\omega$ -6- ja  $\omega$ -3-rasvhapete vahekorda (Galli, Simopoulos, 1989). Selle põhjuseks on asjaolu, et organism ei ole võimeline konverteerima  $\omega$ -6 perekonna rasvhappeid  $\omega$ -3 perekonna rasvhapeteks või vastupidi. Nende metabolismist võtavad osa ühed ja samad ensüümid. Seetõttu võib ühe rasvhappe domineerimine teise välja suruda. Meie toidus on ülekaalus  $\omega$ -6-rasvhapped. VI Euroopa sümposiumil "Munad ja munaproduktide kvaliteet" märgiti, et ideaalseks  $\omega$ -6- ja  $\omega$ -3-rasvhapete vahekorraks inimtoitlustamisel oleks vahekorra 3:1–10:1, kuid tegelikult on see suhe näiteks Austraalias ligi 30:1 (Quality..., 1996). Tüüpilises läänelikus toiduratsioonis on vastav suhe >25:1, ideaalne oleks 5:1 (The problems..., 1996). Seetõttu soovitataksegi eelkõige suurendada merekalade kogust toidus, kuna inimese igapäevasest vajadusest jääb seni puudu linoolhapet 5%,  $\alpha$ -linoleenhapet aga 95% (The 50..., 1998).

Inimtoitlustuses on seega probleemiks vajaliku koguse  $\omega$ -3-rasvhapete manustamine. Kalade (soovitatakse süüa 3 korda nädalas) kõrval on  $\omega$ -3-rasvhapete allikaks ka rapsiõli, sojaõli, kreeka pähkli õli, merevetikad (Teesalu, Vihalemm, 1993).  $\omega$ -3-rasvhapete päevase vajaduse kohta on lahkuminevaid arvamusi. Enamasti loetakse sobivaks (vajalikuks) koguseks 0,1...0,4 g  $\omega$ -3-rasvhappeid päevas (Leskanich, Noble, 1997; Products... (i.a.); The importance..., 1998). On ka soovitatud võtta 1...2 teelusikatäit  $\alpha$ -linoleenhapet päevas (What..., 1998). Osa teadlasi väidab, et koronaarhaigusi aitab vältida 0,3-...1,0-grammine  $\omega$ -3-rasvhapete päevane kogus (Harris, 1989; Duthie, Barlow, 1992). Koronaarhaiguste kliinilistes situatsioonides olevad inimesed vajavad päevas 2...5 g eikosapentaenhapet + dokosaheksaenhapet (Barlow *et al.*, 1990; Duthie, Barlow, 1992). S. Teesalu ja T. Vihalemm (1993) leiavad, et inimesele on sobivaks päevaseks annuseks 4 g  $\omega$ -3-rasvhappeid, hoiatades seejuures, et liigne  $\omega$ -3-hapete kogus (15...30 g) võib tekitada hemorraagiat. Ka M. Zilmer jt. (1995) hoiatavad õlide (sealhulgas ka kalaõlide) kestva liigtarbimise eest, sest see võib põhjustada DNA oksükaahjustusi ja ateroskleroosiprotsesside hoogustumist. Mõned  $\omega$ -3-rasvhapete rikkad toiduained sisaldavad palju ka A- ja D-vitamiini, mis suurtes kogustes võivad olla toksilised. Mõned kalaõlid sisaldavad palju kolesterooli, mistõttu nende liigne tarbimine on samuti kahjulik. N. R. Raper jt. (1992) uurisid toitumistavade muutumist Ameerika Ühendriikides 1985. a. võrreldes 1935. aastaga ja leidsid, et kuigi kala tarbimine on suurenenud, on vereseerumis eikosapentaenhapete sisaldus langenud. Põhjus – muutunud maitseelistused kindlate kalaliikide osas. Seevastu dokosaheksaenhapete tase veres on tõusnud tänu suuremale linnuliha tarbimisele. Tõusnud on ka linoleenhapete sisaldus tänu suuremale sojaõli tarbimisele.

$\omega$ -6-rasvhapete liigse manustamise eest hoiatavad mitmed teadlased, väites, et see võib mõjutada immuunsüsteemi (Sanders, 1988; Rasmussen *et al.*, 1994), vähendada HDL-kolesterooli kontsentratsiooni (Mattson, Grundy, 1985), suurendada meestel sapikivide tekkimise riski (Sturdevant *et al.*, 1973).

Kokkuvõttena eeltoodust võib nentida, et kogu maailmas ollakse veendunud vajaduses suurendada inimtoidus  $\omega$ -3-rasvhapete kogust ja seetõttu on hakatud ka otsima võimalusi toiduainete  $\omega$ -3-rasvhapete sisalduse tõstmiseks.

### **Võimalusi $\omega$ -3-rasvhapete sisalduse suurendamiseks munades ja linnulihas**

Üheks võimaluseks suurendada inimtoidus südame-veresoonkonna haigusi vältivate  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldust on lindude söödaratsiooni rikastamine vastavaid vajalikke rasvhappeid sisaldavate söödalisanditega, et seeläbi suurendada  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldust nii linnulihas kui ka munades. Katsetatud on paljusid variante (rapsiõli, linaõli, linaseemned, kalaõlid, vetikad jm.), kuid probleemiks on tavaliselt jäänud toodete ebameeldiv lõhn või maitse (We are..., 1995; The hearty..., 1995). Järgnevalt vaadeldakse lähemalt munade ja linnuliha rikastusvõimalusi  $\omega$ -3-rasvhapetega.

### Munade ja linnuliha rasvhappelisest koostisest

Kogu munas sisalduv rasv on koondunud munarebusse (munakollasesse). Enamik rebu lipiididest esineb lipoproteiinkompleksidena (Noble, 1987), kusjuures neid on kahesuguse tihedusega. Kogu lipiidide hulgast moodustab madala tihedusega fraktsioon 93%. Rebu kõiki-dest lipiididest moodustavad kolesteroolid 1,3; triglütseroolid 63,1; vabad rasvhapped 0,9; vaba kolesterool 4,9 ja fosfolipiidid 29,7% (Noble 1987). Valitsevateks rasvhapeteks on munarebus palmitiin-, oleiin- ja linoolhapped (Christie, Moore, 1972). Kanamuna rebu rasvhappelisest koostisest annab täpsema ülevaate tabel 1.

**Tabel 1.** Kanamuna rebu rasvhappeline koostis (Noble, 1987)

**Table 1.** Fatty acid composition of the chicken egg yolk

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	% triatsetüül-glütseroolides <i>% in the triacylglycerols</i>	% fosfolipiidides <i>% in the phospholipids</i>
16:0	24,5	28,4
16:1n-7	6,6	1,9
18:0	6,4	14,9
18:1n-9	46,2	29,5
18:2n-6	14,7	13,8
18:3n-3	1,1	0,3
20:4n-6	0,3	6,2
22:6n-3	<0,2	4,1

Erinevusi eri linnuliikide munarebude fosfolipiidide rasvhappelisest koostisest iseloomustab tabel 2.

**Tabel 2.** Eri linnuliikide munarebu fosfolipiidide rasvhappeline koostis (%)

**Table 2.** Fatty acid composition of the phospholipids of yolks from a range of avian species (%)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Kana <i>Hen</i> (Maldijan <i>et al.</i> , 1996)	Part <i>Duck</i> (Maldijan <i>et al.</i> , 1996)	Kalkun <i>Turkey</i> (Noble, 1991)	Jaanalind <i>Ostrich</i> (Noble <i>et al.</i> , 1996)
16:0	27,9	36,4	27,4	21,2
18:0	16,8	10,0	17,5	19,4
18:1n-9	24,6	30,9	27,8	23,7
18:2n-6	16,0	8,2	17,3	19,7
18:3n-3	0,3	0,2	<0,5	4,1
20:4n-6	5,5	10,1	4,5	4,4
22:6n-3	6,3	1,4	2,8	3,5

Nagu tabelist 2 selgub, moodustavad munarebus leiduvatest rasvhapetest põhilise osa oleiin-, palmitiin- ja steariinhape, ka linoleenhape. Inimesele eriti olulisi ω-3-happeid esineb rebus väheses koguses. Munarebu rasvhappelist koostist on eriti põhjalikult uuritud vutimunadel. Tabelis 3 on toodud vutimunade rebu rasvhappeline koostis.

Munarebu rasvhappelist koostist ei mõjuta lindude sööda energeetiline tase ega sööda süsivesikute- või proteiinisaldus (Gardner, Young, 1972; Andersson *et al.*, 1978; Noble, 1987). Sööda üldise rasvasisalduse muutus muudab veidi ka rebu üldrasva sisaldust (Reiser, 1951; Ostrander *et al.*, 1960). Erinevusi rebu rasvhappelisest koostisest on aga täheldatud erinevate tõugude ja liinide vahel (Washburn, 1979) ja ka erinevas vanuses lindude vahel (Noble *et al.*, 1986).

Linnuliha koostist on maailmas väga põhjalikult uuritud, ka selle rasvhappelisest koostisest kohta leidub andmeid. Broileriliha rasvhappelisest koostisest kohta on toodud andmed tabelis 4 ning võrdlevad andmed rasvhappelisest koostisest kohta broileriliha kogu rasvas ja fosfolipiidides tabelis 5.

**Tabel 3.** Vutimunade ja kanamunade rebu rasvhappeline koostis (% rebust) ja kolesterooli-sisaldus (Shanaway, 1994)**Table 3.** Fatty acid composition and content of cholesterol of yolks

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Vutimuna rebu <i>Quail egg yolk</i>	Kanamuna rebu <i>Hen egg yolk</i>
C14:0	0,6	0,3
C16:0	25,2	25,4
C16:1	6,3	4,2
C18:0	7,7	9,8
C18:1	44,0	43,7
C18:2	10,2	14,0
C18:3	0,7	0,7
C20:1	–	0,2
C20:4	1,6	0,9
C20:5	0,8	–
C22:5	1,1	0,4
C22:6	1,0	0,6
Kolesterool mg/g rebus <i>Cholesterol in yolk mg/g</i>	16,28	17,94

**Tabel 4.** Broileriliha rasvhappeline koostis % kogu rasvast (Ratnayake *et al.*, 1989)**Table 4.** Fatty acid composition of chicken's meat (% of total fat)

Rasvhape, % kogu rasvast <i>Fatty acid, % of total fat</i>	Valge liha <i>White meat</i>	Punane liha <i>Dark meat</i>	Nahk <i>Skin</i>
16:0	23,8	22,6	24,0
18:0	7,5	7,6	5,1
Kokku küllastatud rasvhappeid <i>Total SFA</i>	33,5	32,2	30,7
16:1	4,5	6,3	7,8
18:1	29,1	32,0	39,4
20:1	0,5	0,5	0,6
22:1	0,4	0,6	0,4
Kokku monoküllastumata rasvhappeid <i>Total MUFA</i>	34,5	39,4	47,8
18:2 $\omega$ -6	17,8	18,3	18,2
18:3 $\omega$ -3	0,5	0,7	1,0
20:4 $\omega$ -6	5,0	3,7	0,6
20:5 $\omega$ -3	0,7	0,6	0,4
22:5 $\omega$ -3	0,9	0,5	0,1
22:6 $\omega$ -3	1,8	1,0	0,1
Kokku polüküllastumata rasvhappeid <i>Total PUFA</i>	32,0	28,5	21,4
Kokku $\omega$ -6-rasvhappeid <i>Total <math>\omega</math>-6 fatty acids</i>	27,4	25,1	19,7
Kokku $\omega$ -3-rasvhappeid <i>Total <math>\omega</math>-3 fatty acids</i>	4,5	3,4	1,8

Uuritud on ka erinevate linnuliikide liha rasvhappelist koostist. Ühe põhjalikuma uurimuse tulemused on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 6.

Eeltoodud tabelite andmetest nähtub, et polüküllastumata rasvhappeid sisaldub rohkem kanabroilerite, kalkunite ja vuttide lihas. Rasvhapete sisalduses juhib oleiinhape, järgnevad palmitiini- ja linoolhape (Leskanich, Noble, 1997). Küllastatud, monoküllastumata ja polüküllastumata rasvhappeid on kõikides linnulihades enam-vähem võrdselt, ligikaudu 33%. Inimesele eriti oluliste,  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldus on linnulihases siiski suhteliselt väike.



**Tabel 5.** Rasvhapete sisaldus (%) broileriliha kogu rasvas ja fosfolipiidides (Ackman *et al.*, 1988)

**Table 5.** Content of fatty acids (%) in the total fat and phospholipids of the chicken's meat

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Kogu rasvas <i>In the total fat</i>	Fosfolipiidides <i>In the total phospholipids</i>
<i>Valge liha / White meat</i>		
16:0	22,7	20,3
16:1	4,4	2,7
18:1	29,5	23,1
18:2n-6	19,1	18,8
18:3n-3	0,6	0,3
20:4n-6	6,0	9,9
20:5n-3	0,5	0,6
22:5n-3	0,9	1,0
22:6n-3	1,0	1,5
<i>Punane liha / Dark meat</i>		
16:0	21,3	16,8
16:1	6,0	1,6
18:1	37,7	17,6
18:2n-6	16,2	22,1
18:3n-3	0,8	0,1
20:4n-6	3,3	13,3
20:5n-3	0,1	0,1
22:5n-3	0,4	0,3
22:6n-3	0,3	0,8

**Tabel 6.** Erinevate linnuliikide liha rasvhappeline koostis % (Decker, Cantor, 1992)

**Table 6.** Fatty acid composition (% of total present) of various avian species

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Kalkun <i>Turkey</i>	Part <i>Duck</i>	Hani <i>Goose</i>	Faasan <i>Pheasant</i>	Vutt <i>Quail</i>
Kokku rasva g/100 g <i>Total fat g/100 g</i>					
	1,6	6,0	7,1	3,6	4,5
16:0	21,3	28,3	28,3	25,3	22,5
18:0	13,9	17,9	17,7	12,1	13,3
16:1	3,7	5,1	5,2	6,7	1,2
18:1	21,3	30,6	30,4	32,3	29,4
20:1	0,9	–	–	–	–
22:1	0,9	–	–	–	–
18:2ω-6	25,0	15,1	15,4	18,2	26,8
18:3ω-3	0,9	1,9	1,9	2,7	0,6
20:4ω-6	7,4	–	–	–	3,5
20:5ω-3	–	–	–	–	0,3
22:5ω-3	0,9	–	–	–	0,5
22:6ω-3	1,9	–	–	–	–
Kokku ω-rasvhappeid <i>Total ω-fatty acids</i>	35,3	16,3	16,3	20,5	31,0

### **Munade ja linnuliha ω-rasvhappelise koostise mõjutamiseks kasutatavad söödad**

Et lindudele söödetaivate rasvarikaste söötadega on võimalik mõjutada ka munarebu ja linnuliha rasva rasvhappelist koostist, on paljude teadlaste poolt katseliselt kindlaks tehtud (Wheeler *et al.*, 1959; Pankey, Stadelman, 1969). Esimesed sellealased uurimused kuuluvad E. M. Cruikshankile (1934; 1939). Oliiviõli söötmine põhjustas oleiinhappe taseme suurenemist munarebus (Donaldson, 1967), erinevad aedviljadest pärinevad õlid suurendasid linool-

ja linoleenhape sisaldust munarebus (Summers *et al.*, 1966), kalaõli söötmine suurendas munarebus polüküllastumata rasvhapete osatähtsust (Navarro *et al.*, 1972; Couch, Saloma, 1973; Adams *et al.*, 1989).

Linnuliha rasva koostis on samuti mõjutatav söödaga (Miller, Robisch, 1969; Hargis, Elswyk van, 1993). Kookspähkliõliga saavutati küllastatud rasvhapete koguse suurenemine (Yau *et al.*, 1991), maisiõliga linoolhappe osatähtsuse suurenemine (Marion, Woodroof, 1963) linnurasvas. Samalaadse mõjuga oli sojaõli (Scaife *et al.*, 1990).

Võimalused muuta linnukasvatussaaduste rasvhappelise koostist küllastatud rasvhapete osas ei oma inimitlustamises praktilist tähtsust. Polüküllastamata rasvhapete sisalduse suurendamine linnukasvatussaadustes on õnnestunud mitmete vastavaid rasvhappeid sisaldavate ainetega, eeskätt kalaõlidega (Hulan *et al.*, 1988; Phetteplace, Watkins, 1990; Nash *et al.*, 1995). Munades ja linnulihas  $\omega$ -rasvhapete kogust suurendavaid olulisemaid söödakomponente vaadeldaksegi alljärgnevalt.

### Kalaõli ja kalajahu

Südamehaigusi ennetav toime oli selleks tõukejõuks, mis sajandi keskel vallandas teadlaste elava huvi külmade merede kalade ning  $\omega$ -3- ja  $\omega$ -6-rasvhapete vastu. Kalaõlis ja kalajahus on nende hapete sisaldus kõrge, kuid vaevast inimesele meeldib iga päev sisse võtta südamehaiguste profülaktikaks 20...30 g kalajahu, nii nagu seda soovivad mitmed uurijad (Christophersen, 1985; Fish..., 1986). Seetõttu püütakse kalasaaduste abil  $\omega$ -3-rasvhapetega rikastada inimesele meeldivamaid toiduaineid.

Kalad on  $\omega$ -rasvhapete sisalduse poolest erinevad. Mõnede kalaõlide rasvhappeline koostis on toodud tabelis 7. Tabeli andmed näitavad, et nendest kaladest toodetud õlis on suhteliselt kõrge  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldus ja madal  $\omega$ -6-rasvhapete sisaldus. Kõrgeim polüküllastumata rasvhapete sisaldus on anšoovise, sardiini ja ameerika heeringa õlil. Merekaladest on kõrge  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldusega ka makrell (joonis 2).

**Tabel 7.** Mõnede kalaõlide rasvhappeline koostis % (Ackman, 1982; Opstvedt, 1985)

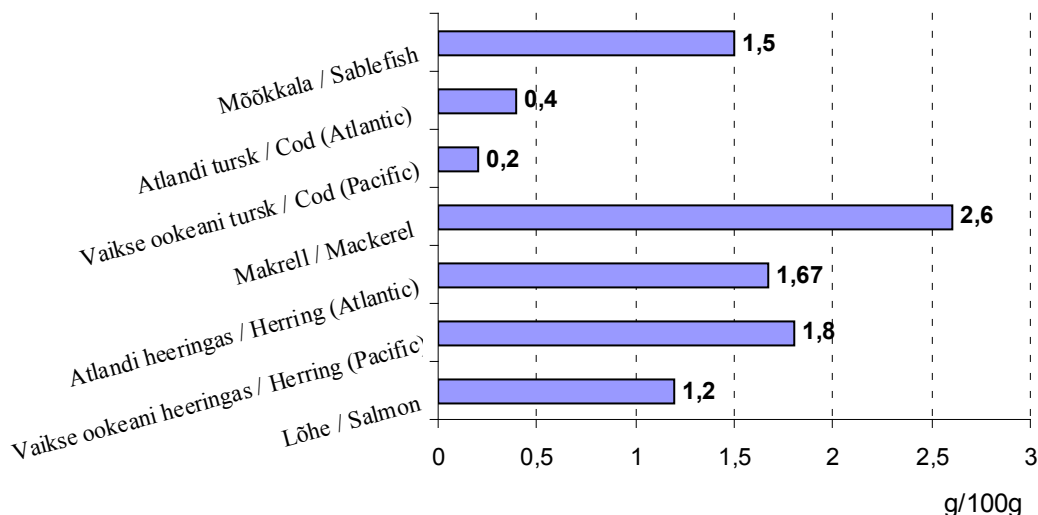
**Table 7.** Fatty acid composition (%) of some fish oils

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Peruu anšoovis <i>Peruvian anchovy</i>	Lõuna-Aafrika sardiin <i>Pilchard (South African)</i>	Ameerika heeringas <i>Menhaden</i>	Heeringas <i>Herring</i>	Suvine moiva <i>Capelin (summer)</i>
14:0	7,5	7,8	10,5	6,1	7,0
16:0	17,5	15,3	21,5	10,8	11,2
18:0	4,0	3,7	3,4	1,4	1,2
16:1	9,0	8,5	14,2	7,3	8,3
18:1	11,6	9,3	10,3	10,3	12,5
20:1	1,6	2,5	1,2	13,4	15,0
22:1	1,2	3,1	0,1	21,3	16,4
20:5n-3	17,0	19,3	15,1	7,5	8,0
22:6n-3	8,8	6,5	6,5	6,8	7,0
Kokku n-6 <i>Total n-6</i>	2,1	1,8	3,7	1,3	2,6
Kokku n-3 <i>Total n-3</i>	33,7	33,2	27,8	21,4	21,8

Heeringaõli ebameeldiva maitse kohta leidub kirjanduses ka andmeid, kui seda oli lindude söödas 20% (Allen *et al.*, 1996a).

Mõnede kalajahude rasvhappelise koostist iseloomustab tabel 8.

Kalajahu ja -õli Läänemere kaladest ei ole arvatavasti  $\omega$ -3- ja  $\omega$ -6-rasvhapete sisalduse suurendajana kasutatavad, kuigi see probleem vajaks täpsustamist.



**Joonis 2.** ω-3-rasvhapete sisaldus merekalades (Roch, 1988)  
**Figure 2.** Content of ω-3 fatty acids in marine fish

**Tabel 8.** Mõnede kalajahude rasvhappeline koostis %  
**Table 8.** Fatty acid composition of various fish meals (%)

Rasvhapped Fatty acids	Anšoovis <i>Anchovy</i> (Bassler, Putzka, 1975)	Sardiin <i>Pilchard</i> (Wessels <i>et al.</i> , 1971)	Moiva <i>Capelin</i> (Opstvedt, 1971)	Makrell <i>Mackerel</i> (Opstvedt, 1971)	Heeringas <i>Herring</i> (Opstvedt, 1971)	Siig <i>White fish</i> (Gunstone, Wijesundera, 1978)
14:0	8,7	6,2	4,8	6,1	5,5	3,2
16:0	23,3	20,5	16,6	15,9	16,3	11,1
18:0	6,4	5,5	1,6	4,1	2,0	1,7
16:1	8,7	8,6	6,9	4,9	4,2	6,8
18:1	10,5	11,7	17,6	13,8	14,7	16,9
20:1	–	–	8,9	10,1	12,9	9,7
22:1	–	0,4	7,1	14,7	16,9	9,1
20:5n-3	18,7	14,1	10,4	5,8	6,3	12,0
22:6n-3	14,7	15,4	16,8	12,1	13,4	19,2
Kokku n-6 Total n-6	2,5	3,6	3,5	4,4	2,4	3,4
Kokku n-3 Total n-3	33,4	33,8	27,8	18,6	20,2	35,5

### Linaseemned ja -õli

Lina (*Linum ussitatissimum* L.), üks vanemaid kultuurtaimi üldse (Folklore..., i.a.), on ka Eestis kasvatatav kiud- ja õlitaim. Tema seemned on rasva- (~30%) ja proteiini- (~25%) rikkad. Linaseemnete omapäraks on nende rohke limaainete, aga ka sinihappe glükosiidi – linamariini – sisaldus (Oll, 1993; Chadha *et al.*, 1995). Linamariin vabastab seedekanalise hüdroloüsudes sinihapet, mistõttu tooreid linaseemneid ei või toiduks kasutada. Ligikaudu 10-minutilise keetmise jooksul toksilisus kaob. Nisuga võrreldes sisaldavad linaseemned 40% rohkem lämmastikku, 44% rohkem fosforit, 100% rohkem kaaliumi ja 59% rohkem väävlit (Flax..., 1997).

Taimsetest toiduainetest on linaseemned kõige suurema α-linoleenhappesisaldusega (Flaxseed..., 1997b), mistõttu neid peetakse 21. sajandi toidu üheks perspektiivseks koostis-

osaks. Linaseemnejahu sisaldavate toodete küpsetamisel-kuumutamisel on  $\alpha$ -linoleenhape kadu minimaalne (Chen *et al.*, 1994), kuid linaseemnete otsest kasutamist inimtoiduainena on veel vähe uuritud (Cunnane *et al.*, 1993).

Linaseemnete keemilist ja rasvhappelist koostist võib täpsemalt iseloomustada järgmiselt (Walton..., i.a.).

100 g linaseemneid sisaldab:

linaõli	35 g		
selles		$\alpha$ -linoleenhapet	20,7 g
		linoolhapet	4,9 g
		oleiinhapet	6,7 g
		steariinhapet	1,4 g
		palmitoleenhapet	1,3 g
toorproteiini	26 g		
toorkiudu	14 g		
limaaineid	12 g		
vett	9 g		

Ülejäänud osa moodustavad mineraalained.

Linaõli saadakse tavaliselt puhastatud linaseemnetest külmpressimisel, kus temperatuur ei tõuse üle 65 °C. Külmpressitud linaõli ei sobi kasutamiseks kõrgetel temperatuuridel (näiteks küpsetamine suitsevas õlis) (Carter, 1993). Seejuures nenditakse, et linaõliga pagari-toodetes toimub küpsetamisel vähem muutusi kui teiste õlide korral ning et linaõlis praktiliselt puuduvad sinihappe glükosiidid, mis asuvad põhiliselt linaseemnete limaainetes (Cunnane, 1992). Kalaõlidega võrreldes on linaõlis ligi 2 korda rohkem  $\omega$ -3-rasvhappeid ja seejuures on tema kasutamine tarbijatele märksa odavam (There's..., i.a.).

Linaõli rasvhapetest moodustavad küllastunud happed 9%, monoküllastumata happed 18,  $\omega$ -3 happed 57 ja  $\omega$ -6 happed 16% (Flaxseed..., i.a.<sup>a</sup>).

Põlvas AS Orava Linas toodetud linaõli rasvhappelise koostise kohta annab firma järgmised andmed (Rafineerimata..., i.a.):

Linoleenhape – 56,3...67,5%;  
 Linooleenhape – 14,1...17,3%;  
 Oleiinhape – 10,2...21,4%;  
 Arahhidoonhape – 0,06...0,8%;  
 Palmitiinhape – 4,5...7,0%;  
 Steariinhape – 1,5...3,5%;  
 Müristiinhape – 0,04...0,18%.

E-vitamiini sisaldab rafineerimata linaõli 47...50 mg/kg. Õli ise on läbipaistev, kollakas-pruunikas vedelik, kerge mõrkja maitse ja omapärase lõhnaga. Õhu ja päikesevalguse käes õli pakseneb, omandab rääsunud lõhna ja tugevalt mõrkja maitse (Rafineerimata..., i.a.). Katsetel linaõliga tuleb õli nende omadustega eriti arvestada.

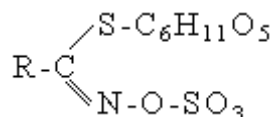
## Rapsiõli

Rapsi (*Brassica napus oleifera*) kui kultuurtaime on kasvatatud Lõuna-Aasias ja Vahe-meremaal juba ligi 4000. a. e.m.a. Eestis on raps äratanud tähelepanu kui toiduainetööstusele vajalik tooraine, kuigi esmalt hakati teda kasvatama haljassöödaks (Kaarli, 1965). Õlikultuurina hakati rapsi kasvatama Eestis 80-ndate aastate algul, seemnesaadused on olnud madalad, 10 ts/ha piirimail (Ilus jt., 1995). Esimesena alustati Eestis rapsist õli väljapressimist J. Lauristini nim. kolhoosis, kus 1986. a. valmis vastav töötlemistehh.

Rapsiseemnete kuivaine sisaldab 21,0...27,5% toorproteiini ja 38,9...42,8% toorasva. Rapsi nagu teistegi ristõieliste taimede omapäraks on, et väärtuslike toitainete kõrval sisaldavad nad ka mitmeid kasvu pidurdavaid või koguni toksilisi ühendeid. Rapsiõli kibe maitse on tingitud peamiselt eruukhapest  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ . Enne sihipärase aretustöö algust oli rapsiõli seemnetest saadud õli eruukhappe sisaldus kõrge (22...60%), mis pidurdas oluliselt tema kasutamist toiduõlina (Ilus jt., 1995).

Sihipärase aretustööga loodi rapsi nn. O-variandid, milles eruukhappe sisaldus oli alla 5% (eruukhape oli asendunud põhiliselt oleiinhappega). Samal ajal tõusis kahekordseks linooleen- ja linoleenhappe sisaldus.

Rapsiseemnete kahjulikuks koostisosaks on ka glükosinolaadid, mida rapsiseemnetes on leitud üle 30 (Sørensen, 1990). Glükosinolaatide üldvalem on



Rapsiseemnetes on põhilisteks glükosinolaatideks glükonapiin, glükobrassikanapiin ja proigotriin. Glükosinolaadid esinevad rapsis alati koos ensüüm mürosinaasiga ja hüdro-lüüsuvad viimase toimel kas glükoosi ja vesiniksulfaadini või kuni isotsüanaatide, tiotsüanaatide või nitrilideni. Viimatinimetatud ühendid on toksilised ja põhjustavad häireid kilpnäärme ja maksa talitluses. Eriti mürgised on nitrilid, mis kahjustavad peamiselt maksa (Bell, 1984).

1979. a. tähistati Kanadas kaubamärgiga *Canola* rapsi 00-variandid, mille õli sisaldas alla 2% eruukhapet ja rasvavaba rapsijahu ühes grammis oli vähem kui 30 μmooli glükosinolaate. *Canola* seemned sisaldavad keskmiselt 40% õli (*Canola...*, 1996). K.-H. Lee jt. (1995) andmed *Canola* seemnete keemilise koostise kohta on toodud tabelis 9.

**Tabel 9.** *Canola* seemnete ja jahu keemiline koostis (Lee et al., 1955)

**Table 9.** *Composition of Canola seeds and meal*

Sisaldus <i>Content</i>	<i>Canola</i> seemned <i>Canola seeds</i>	<i>Canola</i> seemnete jahu <i>Canola seeds meal</i>
Kuivainet % <i>Dry matter %</i>	93,03	90,05
Toorproteiini % <i>Crude protein %</i>	20,42	34,83
Eetrikstrakti % <i>Ether extract %</i>	37,94	3,70
Energiat kcal/g <i>Energy kcal/g</i>	6,80	4,42

Tuntakse ka väikse toorkiussisaldusega 000-variante (Ilus, 1995). Alates 1991. aastast ei tohi Euroopa Liidu maades toodetava rapsiseemne glükosinolaatide sisaldus ületada 20 μmol/g.

Rapsiseemnetes esineb ka tanniine ja fenoolhappe produkte. Fenoolhappe produktidest tuntuim sinapiin, mis võib põhjustada pruune mune munevate kanatõugude munades kalamaitsset (sinapiinist moodustub trimetüülamiin, mis siirdub munadesse valgu moodustumise protsessis). Sinapiini on rapsiseemnetes umbes 1,5% (Tulisalo, 1984).

Rafineerimata rapsiõli on läbipaistev rohekas-pruunikas viskoosne vedelik (Orava..., i.a.). Kestvalt õhu ja päikese käes seistes omandab rääsunud lõhna ja kibeda maitse. Eestis toodetava rapsiõli kohta annab firma Orava Lina järgmise keemilise koostise (%):

- Oleiinhapet – 20,0...60,0;
- Eruukhapet – 2,0...50,0;
- Eikosaanhapet – 3,0...6,0;
- Linoolhapet – 5,0...23,5;
- Steariinhapet – 0,2...0,3;
- Palmitiinhapet – kuni 1,0;
- Arahhidoonhapet – 0,2...4,0;
- Lignohapet – 0,5...2,0;
- Linoleenhapet – 2,0...14,0;
- Heksadetseenhapet – kuni 3,0;
- Krotanüülsinepiõli – 0,05.

C. Hrdinka jt. (1996) annavad rapsiõli polüküllastumata rasvhapete sisalduseks 30,84% lipiidide koguhulgast.

*Canola* õli kohta on teada, et see sisaldab ~61% oleiinhapet (*Canola...*, 1996), ~22% polüküllastumata rasvhappeid ja ~11% α-linoleenhapet. J. Duponti jt. (1989) andmetel sisaldas *Canola* õli 55% monoküllastumata rasvhappeid (oleiinhapet), 25% linoolhapet, 10% α-linoleenhapet ja vaid 4% küllastatud rasvhappeid.

### Teised õlid

$\omega$ -rasvhapete sisalduse tõstmiseks linnukasvatussaadustes on kasutatud ka päevalilleõli (Wiseman jt., 1992), kaeraõli (Schipper jt., 1991) ja sojaõli (Huyghebaert, 1995), kuid nende ainete kasutamine pole leidnud veel laialdast tunnustust. On küll tõestatud, et päevalilleõli on rikas rasvhappe C18:2n-6 poolest (Applegate, Sell, 1996).

Sojaõli rasvhappeline koostis on toodud tabelis 10.

**Tabel 10.** Sojaõli rasvhappeline koostis (Hrdinka jt., 1996)

**Table 10.** Composition of the soyabean oil

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Sisaldus % lipiidide koguhulgast <i>Content from total lipids (%)</i>
C14:0	<0,20
C16:0	10,38
C16:1	<0,20
C18:0	3,71
C18:1	21,62
C18:2	50,56
C18:3	11,75
Teised / <i>Other</i>	1,31
Küllastatud / <i>SFA</i>	14,09
Monoküllastumata / <i>MUFA</i>	21,62
Polüküllastumata / <i>PUFA</i>	62,31

### Tulemusi looduslike küllastumata rasvhapete allikate söötmisel lindudele ja katseloomadele

Kalajahu söötmise kohta kuulub üks põhjalikumaid uurimusi teadlaste rühmale R. G. Ackman jt. (1988). Nende uurimustes leitud broileriliha rasvhappelise koostise andmed on toodud tabelis 11.

**Tabel 11.** Rasvhapete sisaldus (% lipiidide koguhulgast) kanabroilerite toores valges ja punases lihas kalajahu sisaldava ratsiooni korral (Ackman jt., 1988)

**Table 11.** Content of the fatty acids (% of total lipids) in uncooked white and dark chicken meat consumed fish meal diet

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Valge liha (rinnalihased) <i>White meat (breasts)</i>	Punane liha (reielihased) <i>Dark meat (legs)</i>
16:0	23,3	23,4
16:1	4,8	8,4
18:1	31,3	38,8
18:2n-6	14,9	13,6
18:3n-3	0,3	0,5
20:4n-6	2,8	1,8
20:5n-3	2,4	1,0
22:5n-3	2,1	1,1
22:6n-3	5,6	2,5

Tabeli 11 andmete võrdlemisel kalajahu lisandita söödaratsiooniga saadi katses statistiliselt usutavalt paremaid tulemusi  $\omega$ -3 sisalduse osas (vt. tabelist 5).

Teise samalaadse uurimuse tulemused erineva koguse kalajahu lisamisel kanabroilerite söödale on toodud tabelis 12. Kasutatud mereahvenajahu sisaldas 10% lipiide.

Tabeli 12 andmed näitavad selgelt, et suurem kalajahu kogus broilerite ratsioonis suurendas ka  $\omega$ -6- ja  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldust broilerite lihas. Analoogseid tulemusi saadi ka kalaõliga (Miller jt., 1969; Miller, Robisch, 1969). Samas ei mõjunud 3% ameerika heeringa õli lisamine kanade ratsioonis nende munarebu kogulipiidide sisaldusele (Elswyk van jt., 1992) ega rebu kolesteroolisisaldusele (Hargis jt., 1991). M. E. van Elswyki jt. (1992) andmetel

suurendas ratsioon, milles oli 3% ameerika heeringa õli, kanamuna rebus linoleenhappe sisaldust 78,5% ja dokosaheksaehappe sisaldust 356%. Samal ajal langes rebu arahhidoonhappe sisaldus 70,2%. Heeringajahu mõjul muutub broileri kehas sisalduvate lipiidide koostis (Nash jt., 1995). Huvitava faktina leidsid P. S. Hargis jt. (1991), et ameerika heeringa õli söötmisel tõuseb munarebu DPA-, EPA- ja DHA-sisaldus, kuid see stabiliseerub alles 4 nädalat pärast söötmise algust. See tähelepanek on mõneti üllatav, kui arvestada, et munarebu moodustamiseks ei kulu üle 9 päeva.

**Tabel 12.** Kanabroileriliha rasvhappeline koostis (% üldlipiididest) erineva koguse mereahvena jahu sisalduse korral ratsioonis (Ratnayake jt., 1989)

**Table 12.** Effect of reafish meal enriched diets on the fatty acid composition of chicken's meat (% of total lipids)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	4% kalajahu <i>4% fish meal</i>		8% kalajahu <i>8% fish meal</i>		12% kalajahu <i>12% fish meal</i>	
	valge liha	punane liha	valge liha	punane liha	valge liha	punane liha
	<i>white meat</i>	<i>dark meat</i>	<i>white meat</i>	<i>dark meat</i>	<i>white meat</i>	<i>dark meat</i>
16:0	24,5	23,8	25,8	24,9	25,2	25,3
18:0	7,9	7,9	7,7	7,5	8,0	8,1
Kokku küllastatuid <i>Total SFA</i>	34,5	33,7	35,9	34,4	35,6	35,6
16:1	4,5	6,7	4,9	7,3	4,9	7,6
18:1	29,4	33,3	31,4	35,4	30,2	34,0
20:1	0,7	0,8	0,9	1,1	1,0	1,3
22:1	0,6	0,6	0,4	0,4	1,0	0,5
Kokku mono- küllastumatuid <i>Total MUFA</i>	35,2	41,3	37,6	44,2	37,0	43,3
18:2n-6	15,9	16,1	14,2	13,8	12,0	12,6
18:3n-3	0,4	0,6	0,5	0,7	0,3	0,6
20:4n-6	3,3	2,6	2,3	1,7	2,2	1,7
20:5n-3	1,4	0,7	1,6	0,9	2,3	1,2
22:5n-3	1,3	0,7	1,0	0,8	2,3	1,1
22:6n-3	4,0	1,9	4,6	1,9	6,0	2,5
Kokku polü- küllastumatuid <i>Total PUFA</i>	30,3	25,0	26,5	21,3	27,5	21,0
Kokku n-6 <i>Total n-6</i>	22,7	20,8	18,4	16,8	16,3	15,4
Kokku n-3 <i>Total n-3</i>	7,5	4,2	8,1	4,5	11,2	5,6

Kalajahu ja kalaõli lisandi mõju lindude toodangunäitajatele on uurinud paljud teadlased. Juba 1938. a. leidsid H. D. Branion jt., et need söödalisandid ei mõjuta oluliselt sulestumist. Samuti ei mõjutanud nad oluliselt ka lindude väljalangevust (Hulan jt., 1989), söödakulu (Huang jt., 1990), sööda konversiooni ja kehamassi (Hardin jt., 1964; Waldroup jt., 1965; Neudoerffer, Lea, 1966). 3% ameerika heeringa õli sisaldus ratsioonis ei mõjunud ka munaproduktiivsusele (Hargis jt., 1991), munarebu massile ega muna keskmisele massile (Elswyk van jt., 1992). 12% heeringaõli sisaldus ratsioonis ei mõjutanud küll kanade munaproduktiivsust, kuid vähendas muna keskmist massi (Nash jt., 1995).

Mitmed teadlased on täheldanud ameerika heeringa õli söötmise positiivset mõju kanabroilerite kasvule (Dansky, 1962; Edwards jt., 1962; Edwards, Marion, 1963). Huvitava faktina märkasid J. O. Hardin jt. (1964) küll tähtsusetut, kuid siiski selgelt täheldatavat naha nõrgemat pigmentatsiooni kalaõli saanud broileritel. Kalaõli ei põhjustanud muutusi peamiste organite (maks, süda) massis (Phetteplace, Watkins, 1990). Samas on siiski ka täheldatud näiteks mereahvena õli söötmisel broileritele nende halvemat sööda omastamist ja väiksemat kehamassi (Hulan jt. 1988). Ka 5% anšooviseõli kalkunite söödaratsioonis alandas nende sööda konversiooni (Neudoerffer, Lea, 1966). Kalaõli positiivset raviefekti on täheldatud tibude nakatumisel *Eimeria tenella* ga (Allen jt., 1996a).

Kalaõli korral on probleemiks ka saaduste võimalik rääsunud lõhn. Katsed munarebu  $\omega$ -3-rasvhapete sisalduse tõstmiseks on tõestanud, et seda on võimalik ka kalaõli kasutades teha ilma muna maitset ja teisi kvaliteediomadusi kahjustamata (Hulan, 1988). Munarebus ei täheldatud organoleptilisi muutusi 1,5% ameerika heeringa õli lisamise korral ratsioonist (Marshall jt., 1994a). Muutusi munarebus ei täheldanud sama õli 3% lisamise korral söödale ka D. V. Maurice (1994), kuid kergelt riknenud lõhna esinemist konstateerisid M. E. van Elswyk jt. (1992).

Tugevamini tuleb nn. kalalõhn esile linnulihhas. Uurimistulemused on siin äärmiselt erinevad. Ebasoovitavat lõhna või maitset broilerilihas on täheldatud kalajahu või -õli lisamisel broilerite söödale koguses 14% (Dean jt., 1971; Hulan jt., 1989), 4% (Carrick, Hauge, 1926; Dansky, 1962), 2,5% (Holdas, May, 1966), 2% (Edwards, May, 1965) ja 1,8% (Hardin *et al.*, 1964). Esineb ka kindlakujuline soovitus: mitte sööta broileritele üle 1,5% kalaõli (Fry *et al.*, 1965).

A. Holdas ja K. N. May (1966) täheldasid, et kalamaitse tekib broilerilihale 15 päeva pärast seda, kui söödale on lisatud 2,5% kalaõli. Lindude ratsioonist soovitatakse kalaõli eemaldada 2...4 nädalat enne tapmist (Miller *et al.*, 1969). Vastumeelse kalalõhna ja -maitse esinemine broilerilihas sõltub üllatavalt ka liha valmistusviisist toiduks (Carrick, Hauge, 1926). Kui liha keedeti, oli lõhn märgatav, kui küpsetati, polnud lõhna tunda. Uurimus viidi läbi broileritega, kelle ratsioon sisaldas 2% tursamaksa õli.

Munarebu  $\omega$ -3-rasvhapete koguse suurendamiseks on meresaadustest edukalt kasutatud ka kuivatatud merevetikaid (Herber, van Elswyk, 1996). Vetikad sisaldasid rasvhapet C 22:6n-3 7,4% rasvhapete üldhulgast. Vetikate erineva koguse mõju on toodud tabelis 13.

**Tabel 13.** Merevetikate mõju munarebu  $\omega$ -3 rasvhapete sisaldusele (mg/g rebus) (Herber, van Elswyk, 1996)

**Table 13.** Effect of the marine algae on the  $\omega$ -3 fatty acids content off egg yolk (mg/g)

Katsenädal <i>Trial week</i>	Kontrollrühm <i>Control group</i>	1,5% ameerika heeringa õli <i>1.5% menhaden oil</i>	2,4% mere- vetikaid <i>2.4% marine algae</i>	4,8% mere- vetikaid <i>4.8% marine algae</i>
1	2,5	8,0	8,4	10,5
2	2,8	9,7	10,6	13,7
3	2,7	10,5	10,1	11,9
4	3,4	9,4	9,5	12,2

Eeltoodu näitab, et kalaõli või kalajahu kasutamine linnukasvatussaaduste rikastamiseks  $\omega$ -3-rasvhapetega toob enesega kaasa mitmeid arvestamist vajavaid probleeme.

**Linaseemnejahu** söötmisel munakanadele leiti, et see tõstab munarebu  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldust (Farrell, 1994), kuid ei muuda muna summaarset lipiidisisaldust (Jiang *et al.*, 1991; Jiang Sim, 1993). M. E. van Elswyki (1997) andmetel suureneb munarebu  $\alpha$ -linoleenhappe sisaldus lineaarselt vastavalt söödale lisatud linaseemnete või linaseemnejahu hulgale. Sama autor väidab ka, et eikosapentaenhappe ja dokosaheksaenhappe sisaldus munarebus sõltub söödale lisatavast linaseemnete hulgast vähem. L. Caston ja S. Leeson (1990) leidsid, et munarebus suurenes linoleenhappe suhteline sisaldus 0,38%-lt 8,9%-ni, kui kanade sööt sisaldas 20% linaseemneid. Samasugust linoleenhappe suurenemistendentsi on täheldatud ka 15% linaseemnete söötmise korral (Jiang *et al.*, 1992), kuid samas nenditakse ka 36%-l keedetud katsemunadel ebameeldivat kõrvalmaitset.

1995. a. leiti ka, et linaseemnerikkast söödast omastavad erinevad kanatõud  $\alpha$ -linoleenhapet erinevalt (Ahn *et al.*, 1995). Võrdluskatses roodailendi, njuuhämpširi, valge sasseksi, pruunide ja valgete leghorni kanadega leidsid D. U. Ahn jt. (1995), et valge sasseksi kanade munad sisaldasid ühesuguse söötmise korral märgatavalt enam  $\alpha$ -linoleenhapet kui teiste tõugude kanade munad.

Linaseemnete või linaseemnejahu söõtmine suurendab munavalge hulka ja vähendab rebu hulka, olles seejuures otsese mõjuta munarebu kolesteroolisisaldusele (Scheidler, Froning, 1996). Seda väidet illustreerivad arvulised andmed on toodud tabelis 14.



**Tabel 14.** Linaseemnete või linaseemnejahu söötmise mõju munade koostisele (%) ja kolesteroolisisaldusele (Scheidler, Froning, 1996)

**Table 14.** Effect of flax seeds on flaxseed meal enriched diets on the composition (%) and cholesterol content of eggs

Sööt sisaldas <i>In diet</i>	Munas munavalget % <i>Egg white %</i>	Munas rebu % <i>Egg yolk %</i>	Munas munakoort % <i>Egg shell %</i>	Munarebu kolesterooli- sisaldus mg/g <i>Cholesterol in egg yolk mg/g</i>
Kontrollsööt <i>Control</i>	57,2	29,2	13,2	11,12
5% linaseemneid <i>5% flax seeds</i>	59,0	28,0	12,5	11,62
5% linaseemnejahu <i>5% flaxseed meal</i>	60,3	26,1	13,3	11,50
10% linaseemneid <i>10% flax seeds</i>	57,5	29,5	12,6	11,02
10% linaseemnejahu <i>10% flaxseed meal</i>	58,8	28,2	12,6	11,44
15% linaseemneid <i>15% flax seeds</i>	57,9	28,6	13,1	11,34
15% linaseemnejahu <i>15% flaxseed meal</i>	59,2	28,2	12,1	11,81

Andmeid linaseemnete ja linaseemnejahu söötmise mõju kohta munarebu tähtsamate rasvhapete sisaldusele ja kanade munatoodangule on W. M. Aymondi ja M. E. van Elswyki (1995) katsete põhjal toodud tabelites 15 ja 16.

**Tabel 15.** Linaseemnete või linaseemnejahu mõju munarebu olulisemate rasvhapete sisaldusele mg/g (Aymond, van Elswyk, 1995)

**Table 15.** Effect of flax seeds or flaxseed meal enriched diet on the fatty acid content in the egg yolk mg/g

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Sööt sisaldas / <i>In diet</i>				Kontroll- ratsioon <i>Control diet</i>
	5% lina- seemneid <i>5% flax seed</i>	5% lina- seemnejahu <i>5% flaxseed meal</i>	15% lina- seemneid <i>15% flax seeds</i>	15% lina- seemnejahu <i>15% flaxseed meal</i>	
Küllastatud <i>Saturated</i>	119,2	119,2	114,3	120,3	124,2
Monoküllastumata <i>Monounsaturated</i>	154,8	158,9	166,2	172,6	164,6
Linoolhape <i>Linoleic acid</i>	48,6	51,8	54,0	55,9	47,8
Linoleenhape <i>Linolenic acid</i>	6,6	8,1	12,0	16,1	0,95
Arahhidoonhape <i>Arachidonic acid</i>	2,1	3,9	3,2	3,3	5,0
Eikosapentaenhape <i>Eicosapentaenoic acid</i>	0,24	0,39	0,56	1,50	1,88
Dokosaheksaenhape <i>Docosahexaenoic acid</i>	5,0	4,9	5,4	6,8	2,1
ω-3-rasvhapete summa <i>Total ω-3</i>	11,9	13,5	18,0	24,4	4,9

**Tabel 16.** Linaseemnete või linaseemnejahu söötmise mõju kanade munemisintensiivsusele % (Aymond, van Elswyk, 1995)**Table 16.** Effect of flax seeds or flaxseed meal enriched diets on the laying intensity of hens, %

Sööt sisaldas <i>In diet</i>	Katsenädal / <i>Trial week</i>				
	1	2	3	4	5
Kontrollsööt					
<i>Control</i>	80,5	81,0	85,3	77,3	80,8
5% linaseemneid					
<i>5% flax seed</i>	91,8	89,8	86,4	84,7	75,2
5% linaseemnejahu					
<i>5% flaxseed meal</i>	87,8	83,7	83,0	72,8	76,9
15% linaseemneid					
<i>15% flax seed</i>	80,2	68,3	66,0	69,2	54,9
15% linaseemnejahu					
<i>15% flaxseed meal</i>	76,9	68,8	58,5	56,8	47,9

Nagu tabelist 16 nähtub, langeb kanade munemisintensiivsus ratsiooni 15% linaseemnete või -jahu sisalduse korral tugevasti juba 2. katsenädalast. Munemisintensiivsus 5% linaseemnete lisandi korral oli parem kui sama koguse jahvatatud seemnete puhul. Seega ei saa pidada soovitavaks 15% linaseemnete kasutamist munejate kanade ratsioonis. Selle väitega ei nõustu S. E. Scheidler ja G. W. Froning (1996), kelle katsetulemused ei näidanud ratsiooni 15%-lise linaseemnesisalduse olulist mõju kanade munatoodangule ega ka muna keskmisele massile.

On uuritud ka linaseemnete ja -jahu mõju lindude keha koostisele. Linaseemnejahu mõjul täheldasid eriti linoleenhappe sisalduse suurenemist katselindude maksas L. J. Caston jt. (1994). Samad autorid leidsid aga ka, et 20% linaseemnejahu sisalduse korral lindude ratsioonis kasvavad noorlinnud halvemini ja tarbivad rohkem sööta. Samad autorid väitsid ka, et 10 ja 20%-lise linaseemnete sisalduse korral ratsioonis langeb muna keskmine mass vastavalt 2,8 ja 3,6 g. A. O. Ajuyah jt. (1991) uurisid võrdlevalt rapsi- ja linaseemnete söötmise mõju Hubbardi broilerite liha rasvhappelisele koostisele.  $\alpha$ -linoleenhappe ja eikosapentaehappe sisaldus suurenes broileritel nii valges kui ka punases lihas linaseemnete mõjul märgatavalt. Eeltoodu põhjal soovitavad samad autorid  $\omega$ -3-rasvhapetega rikastatud liha kasutada inimtoitlustamises.

Sööda linaõlisisalduse ja munarebu rasvhappelise koostise vaheliste seoste uurimine ulatub tagasi selle sajandi esimesse poole. Juba 1934. a. leidis E. M. Cruickshank, et 28% linaõli lisamisel munejate kanade ratsioonile võib linoleenhappe sisalduse munarebus tõsta tasemeni 58 mg 1 g rebus. Sellele uurimusele ei pööratud tähelepanu kuni 70-ndate aastateni, mil  $\omega$ -3-rasvhappeid hakati seostama inimese tervisega (Bang, Dyerberg, 1972). Sellest ajast alates on paljud uurijad katsetanud võimalusi linaõli kui kergesti kättesaadava ja rikkalikult soovitud toimeaineid sisaldava aine abil kanamunades  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldust suurendada. Selgitati, et erinev linaõli kogus ei suurenda munarebu lipiidide üldhulka (Suzuki jt., 1994). Samas suureneb linaõli mõjul  $\alpha$ -linoleenhappe ja eikosapentaehappe kogus, väheneb aga oleiinhappe ja arahhidoonhappe kogus rebus. Katserühmas, kus söödas oli 1% linaõli, sisaldas munarebu rohkem dokosaheksaehapet ja vähem linoalhapi kui munarebud linaõli lisandita katserühmas (Suzuki jt., 1994). Samad autorid annavad  $\omega$ -3- ja  $\omega$ -6-rasvhapete suhteks munarebu lipiidides ratsiooni 0, 1, 2, 4 ja 5,9% linaõli sisalduse korral vastavalt 0,11; 0,31; 0,44; 0,69 ja 0,92.

Võrdlusandmeid ameerika heeringa õli ja linaõli mõju kohta munarebu rasvhappelisele koostisele on toodud tabelis 17. Sellest nähtub, et linaõli 3,5% lisand kanade söödas suurendab munarebus  $\omega$ -6-rasvhapete ja  $\alpha$ -linoleenhappe sisaldust, vähendades samal ajal küllastunud ja monoküllastumata rasvhapete sisaldust.

Tabelis 17 esitatud munarebu C 18:3n-3 sisaldusse tuleb siiski suhtuda kriitiliselt. Vaevast saab see erinevate katserühmade kanade munarebudes erineda 73 korda.

G. Cherian ja J. S. Sim (1997) uurisid ka erinevaid õlisid söönud kanade munadest koorunud tibude mõnede kudede rasvhapete sisaldust. Tabeli 18 andmed näitavad, et kalaõli saanud kanade munadest koorunud tibude maksas ja ajus oli märgatavalt rohkem dokosaheksaehapet,  $\omega$ -6-rasvhapete kohta andmed oluliselt ei erinenud.

**Tabel 17.** Ratsiooni erinevate õlide sisalduse (3,5%) mõju munarebu rasvhappelisele koostisele, % üldlipiididest (Cherian, Sim, 1997)

**Table 17.** Effect of dietary oils (3.5%) on the fatty acid composition off egg yolk (% of total lipids)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Ameerika heeringa õli <i>Menhaden oil</i>	Linaõli <i>Flaxseed oil</i>
C18:2n-6	7,8	10,4
C20:4n-6	0,6	0,8
C18:3n-3	0,1	7,3
C20:5n-3	0,7	0,3
C22:6n-3	3,8	1,7
Küllastatud rasvhappeid <i>Total SFA</i>	37,5	33,7
Monoküllastumata rasvhappeid <i>Total MUFA</i>	47,2	45,8

**Tabel 18.** Vastkoorunud tibude aju ja maksa rasvhappeline koostis sõltuvalt kanade söödas sisaldunud õlidest, % üldlipiididest (Cherian, Sim, 1997)

**Table 18.** Effect of dietary oils enriched diets of hens on the fatty acid composition of brain and liver of hatched chicken (% of total lipids)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Tibude ajus / <i>In brain</i>		Tibude maksas / <i>In liver</i>	
	kanade söödas 3,5% ameerika heeringa õli <i>in diet 3.5%</i> <i>menhaden oil</i>	kanade söödas 3,5% linaõli <i>in diet 3.5%</i> <i>flaxseed oil</i>	kanade söödas 3,5% ameerika heeringa õli <i>in diet 3.5%</i> <i>menhaden oil</i>	kanade söödas 3,5% linaõli <i>in diet 3.5%</i> <i>flaxseed oil</i>
C18:2n-6	1,1	1,1	9,3	12,4
C20:4n-6	7,5	7,2	4,2	5,4
C18:3n-3	0,3	0,3	0,2	3,0
C22:6n-3	16,8	14,6	11,5	7,3
Küllastatud rasvhappeid <i>Total SFA</i>	45,3	43,3	25,6	24,8
Monoküllastumata rasvhappeid <i>Total MUFA</i>	24,6	24,5	45,3	43,4

Broileritibude juures on leitud, et neile 1. elupäevast peale söödud sööda 10% linaõli-sisaldus aitas oluliselt vähendada *Eimeria tenella* põhjustatud kahjustusi (Allen jt., 1996a, 1996b, 1997).

Linaõli kuni 6% lisamine broilerite söödas ei mõjutanud broilerite suuremust, kasvu, söödakulu ega söödakasutust ega ka tiiva- ja reielihaste proteiini- ja lipiididesisaldust (Olomu, Baracos, 1991). Erinevaid koguseid stabiliseeritud linaõli söötsid korniši broileritibudele ka P. A. Stitt ja D. H. R. Bibus (1988). Katselindude sööt sisaldas kas 0; 2,5; 5 või 10% õli. 56-päevaste broilerite liha koos rasva ja nahaga sisaldas vastavalt 10,84; 9,65, 9,44 ja 10,29% toorrasva, milles oli vastavalt 6,70; 7,49; 10,18 ja 16,31% ω-3-rasvhappeid. Produktiivnäitajad (kasv, söödakasutus, kehamass) olid parimad 5% linaõli lisandiga rühmas.

Võttes kokku kirjanduses toodud andmeid linaseemnete ja linaõli kasutamise kohta söötades ω-3-rasvhapete allikana, tunduvad need Eesti tingimustes lindudele söötmiseks sobivatenä. Piirduda tuleks 5...10% lisandite kasutamisega. Suuremad kogused võivad halvendada toodangunäitajaid või toodete maitseomadusi.

**Rapsiõli** on leitud sobivaks rikastama linnukasvatustsaadusi ω-3-rasvhapetega (D. J. Farrell, 1995). C. Hrdinka jt. (1996) vastava uurimuse tulemusi kajastab tabel 19.

Linnukasvatustes on kudede ω-rasvhapete taseme suurendajatena kasutatud ka soja-, palmi- ja päevalilleõli. Sojaõli lisandiga ratsiooni söötmisel broileritele suurenes ka lihaste ω-rasvhapete sisaldus (tabel 20).

**Tabel 19.** Rapsiõli söötmise (3,5%) mõju broilerite mõnede kudede rasvhappelisele koostisele, % üldlipiididest (Hrdinka jt., 1996)

**Table 19.** Effect of rapeseed oil (3.5%) enriched diet on the fatty acid composition on some tissues of broiler chicks (% of total lipids)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Nahaalne rasv <i>Subcutaneous fat</i>	Kõhuõõne rasv <i>Abdominal fat</i>	Reielihased <i>Crural muscle</i>	Rinnalihased <i>Breast</i>
C14:0	0,76	0,80	0,99	0,85
C16:0	23,92	23,81	30,66	27,15
C16:1	4,39	4,72	4,10	4,32
C18:0	4,69	4,41	5,99	5,67
C18:1	44,14	44,51	46,12	46,40
C18:2	17,68	17,80	7,66	11,63
C18:3	2,70	2,68	0,62	1,32
Teised	0,66	0,58	2,66	1,72
Küllastatud				
<i>Total SFA</i>	29,61	29,27	38,00	33,88
Monoküllastumata				
<i>Total MUFA</i>	48,53	49,23	50,22	50,72
Polüküllastumata				
<i>Total PUFA</i>	20,37	20,48	8,29	12,95

**Tabel 20.** Sojaõli söötmise (3,5%) mõju broilerite mõnede kudede rasvhappelisele koostisele, % üldlipiididest (Hrdinka jt., 1996)

**Table 20.** Effect of soyabean oil (3.5%) enriched diet on the fatty acid composition on some tissues of broiler chicks (% of total lipids)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Nahaalne rasv <i>Subcutaneous fat</i>	Kõhuõõne rasv <i>Abdominal fat</i>	Reielihased <i>Crural muscle</i>	Rinnalihased <i>Breast</i>
C14:0	0,77	0,68	1,11	0,96
C16:0	24,94	23,35	38,05	29,92
C16:1	4,27	4,06	3,51	4,17
C18:0	5,36	5,23	8,34	6,96
C18:1	34,14	34,32	37,17	37,49
C18:2	26,00	27,67	6,82	16,59
C18:3	2,89	3,20	0,29	1,15
Teised				
Others	0,52	0,56	2,80	1,48
Küllastatud				
<i>Total SFA</i>	31,38	29,57	48,24	38,21
Monoküllastumata				
<i>Total MUFA</i>	38,41	38,37	40,68	41,66
Polüküllastumata				
<i>Total PUFA</i>	28,88	30,87	7,12	17,74

Tabeli 20 andmete võrdlemisel eespool toodud andmetega rapsiõli söötisel (tabel 19) näeme, et sojaõli söötisel sisaldab broilerite rasv märksa enam polüküllastumata rasvhappeid. Samasugune on uurimistulemus ka rinnalihaste puhul. Reielihased sisaldavad polüküllastumata rasvhappeid rohkem rapsiõli söötmise korral.

3,5% palmi- ja sama koguse päevalilleõli sisalduse korral kanade ratsioonis suurenes ka  $\omega$ -rasvhapete sisaldus munarebus, koorunud tibude ajus ja maksas (tabel 21). Linaõli söötmise korral olid tulemused siiski paremad (vt. tabel 18).

Teiste õlide puhul on kindlaks tehtud, et kookosõli mõjul suureneb tibude lihas küllastatud rasvhapete sisaldus, oliiviõli mõjul suureneb oleiinhappe sisaldus (Yau *et al.*, 1991).

Erinevate õlilisanditega söödud kanade munarebudes oli kolesteroolitase sõltuv kasutatud õlidest ja langes vastavalt söödud õlidele: kalaõli>linaõli>päevalilleõli>palmiõli (Li jt., 1996).

**Tabel 21.** Kanade ratsiooni 3,5% palmi- või 3,5% päevalilleõli sisalduse mõju munarebu, koorunud tibude maksa ja aju ω-rasvhapete sisaldusele, % üldlipiididest (Cherian, Sim, 1997)  
**Table 21.** Effect of 3.5% palm oil or 3.5% sunflower oil enriched diets on the fatty acid composition of the egg yolk, brain and liver of hatched chicks from those eggs (% of total lipids)

Rasvhapped <i>Fatty acids</i>	Palmiõli <i>Palm oil</i>	Päevalilleõli <i>Sunflower oil</i>
<i>Munarebus / In egg yolk</i>		
C18:2n-6	8,7	19,7
C20:4n-6	1,6	2,1
C18:3n-3	0,2	0,3
C20:5n-3	0	0
C22:6n-3	0,7	0,5
Küllastatud <i>Total SFA</i>	35,0	35,1
Monoküllastumata <i>Total MUFA</i>	51,7	41,4
<i>Koorunud tibude ajus / In the brain of chicks</i>		
C18:2n-6	1,0	2,2
C20:4n-6	7,5	9,6
C18:3n-3	0	0
C22:6n-3	12,4	10,8
Küllastatud <i>Total SFA</i>	51,9	51,6
Monoküllastumata <i>Total MUFA</i>	20,1	17,3
<i>Koorunud tibude maksas / In the liver of chicks</i>		
C18:2n-6	9,2	16,8
C20:4n-6	9,3	10,5
C18:3n-3	0,1	0,1
C22:6n-3	4,4	3,3
Küllastatud <i>Total SFA</i>	24,2	24,8
Monoküllastumata <i>Total MUFA</i>	50,5	41,5

On uuritud ka söödale α-linoleenhappe lisamise abil erinevate linnutõugude ω-3-rasvhappe omastamisvõimet (Cherian *et al.*, 1995). Uuriti valgeid ja pruune leghorne, njuuhämpshire, viirik-plimutrokke, heledaid sassekseid, punaseid roodailende. Kõikidel tõugudel tõusis lisandi mõjul α-linoleenhappe sisaldus kõigis kudedes, eriti rasvkoos. Statistiliselt usutavalt halvem ω-3-rasvhappe omastamisvõime oli valge sasseksi tõugu kanade maksakoel. Katse lõpuks olid tõugudevahelised erinevused üldlipiidide sisalduses nii maksas kui ka valges ja punases lihas statistiliselt olulised.

On täheldatud ka liha rasvhappelise koostise erinevusi vabalt elavatel ja farmiloomadel (Koizumi *et al.*, 1991; Crawford *et al.*, 1969, 1970). ω-3-rasvhapete sisaldus võib vabalt elavate loomade kudedes olla kuni 5 korda suurem (We..., 1995). Lindude munarebu kohta on vastavaid andmeid toodud tabelis 22.

Kokkuvõttena lindkatsetest võib väita, et linnukasvatussaadustes ω-rasvhapete taseme tõstmiseks sobivad mitmed söödad, eelkõige kalaõli, linaseemned, linaõli ja rapsiõli. Kuivõrd kalaõli ja mõnedel andmetel ka rapsiõli lisasöötmise võib tekitada saaduste maitse- ja lihaomaduste langust, siis sobiks Eestis eelkõige uurida kohalike linaseemnete ja linaõli, aga ka rapsiõli sobivust ω-3-rasvhapete taseme tõstjatenä linnukasvatussaadustes. Päevalilleõli sobib ω-6-rasvhapete taseme tõstmiseks, kuid põhieesmärgiks on ju ω-3-rasvhapete koguse suurendamine ja ω-6 ning ω-3 vahekorra vähendamine linnukasvatussaadustes.

**Tabel 22.** Munarebu rasvhappeline koostis, % üldlipiididest  
**Table 22.** Fatty acid composition of the egg yolk, % of total lipids

Rasvhapped Fatty acids	Kanad / Hens		Pardid / Ducks		Jaanalinnud / Ostriches	
	farmis <i>in farm</i>	looduses <i>in nature</i>	farmis <i>in farm</i>	looduses <i>in nature</i>	farmis <i>in farm</i>	looduses <i>in nature</i>
	Simopoulos, Salem, 1992		Speake <i>et al.</i> , 1996		Noble <i>et al.</i> , 1996	
16:0	24,5	27,3	36,4	34,5	28,6	23,7
18:0	9,88	7,49	10,0	9,1	2,62	3,98
18:1n-9	47,5	42,4	30,0	27,9	44,7	32,7
18:2n-6	11,3	5,63	8,2	6,6	8,98	9,7
18:3n-3	0,22	2,43	0,2	0,2	2,73	21,8
20:4n-6	2,16	1,90	10,1	12,1	0,33	0,65
22:6n-3	0,47	2,32	1,4	4,0	0,04	0,10

### ω-3-rasvhapete rikaste toiduainete mõju inimesele

Esmakordselt hakati inimese tervislikku seisundit seostama ω-rasvhapete toimega organismis selle sajandi 70-ndatel aastatel, mil J. Dyerberg jt. avaldasid artikleid eskimote tervise seostest nende toitumisega (Bang, Dyerberg, 1972; Dyerberg *et al.*, 1974). Eialgu seostati eskimote vähest südame-veresoonkonna haiguste põdemist nende suhteliselt suure kalaliha tarbimisega, hiljem seostati kalaliha positiivne mõju suure ω-3-rasvhapete sisaldusega. Soovitusi 100 g kalaliha tarbimiseks 2 korda nädalas on erialases kirjanduses antud korduvalt (Keli *et al.*, 1994) ja leitud, et kalaliha tarbimine vähendab ateroskleroosi ja rabanduse ohtu (Leaf, Weber, 1988; Kromhout, 1989, 1992). Taanis läbi viidud uurimused näitavad, et inimestel, kes söid päevas üle 35 g kala, olid 50% vähem ohustatud südame-veresoonkonna haigustest (The hearty..., 1995). Leiti samas ka, et taanlaste ja eskimote dieetid erinevad mitte ainult ω-rasvhapete, vaid ka kolesteroolisisalduse poolest. Taanlaste toit sisaldas ligikaudu 450 mg kolesterooli päeva kohta, eskimotel 790 mg. Eeltoodu tõestab, et üldkolesterooli sisaldus pole mitte kõige olulisem faktor südame-veresoonkonna haiguste ennetamisel.

Võrreldes küllastatud rasvhapete ja ω-rasvhapete rikka toidu mõju noormeeste verenäitajatele, selgitati, et apolipoproteiinide B-48 ja B-100 kontsentratsioon oli kõrgem küllastatud rasvhapete rikka toiduga katsealuste veres. Triglytseriidide sisaldus suurenes protsendiliselt rohkem ω-rasvhapete rühma katsealustel (Bergeron, Havel, 1995).

ω-3- ja ω-6-rasvhapete osatähtsust võitluses südamehaigustega ja nende mõju vere kolesteroolisisaldusele on tänapäeval uurinud paljud teadlased. Olgu siin näiteks toodud M. L. Burri jt. (1989), A. P. Simopoulose (1991), W. E. Connori jt. (1994) tööd. E. Siguel (1996) leidis, et polüküllastamata rasvhapete mõjul alaneb veres suhe üldkolesterool/HDL-kolesterool. Põhjaliku uurimuse erinevate õlide söömise mõjust vere kolesteroolisisaldusele viisid läbi J. K. Chan jt. (1991). Võrreldi konventsionaalselt toitujate ja nende katsealuste, kelle toidus 75% rasvadest oli asendatud kas päevalille-, oliivi- ja teatud rapsiliikide õliga, vere kolesteroolisisaldust. Üldkolesterool langes 18%, LDL-kolesterool 22% ja VLDL-kolesterool 41%. Mitmete teadlaste uurimused on näidanud, et linaseemnete ja linaõli lisamine toidule on suurendanud α-linoleenhappe kogust plasma fosfolipiidides (Mantzioris jt., 1994b).

Erialases kirjanduses leidub hulgaliselt töid linaseemnete ja linaõli mõju kohta inimeste füsioloogiale ning verenäitajatele. Linaseemnelisand söögis ei mõjutanud naiste menstruaaltsükli (Phipps *et al.*, 1993). Linaseemnete ja linaõli lisand söödas mõjutasid võrdselt naiskatsealuste vereseerumi üldkolesteroolisisaldust (langes 9%) ja LDL-sisaldust (langes 18%). Söögile lisatud linaseemnete kogus päevas oli 50 g, linaõli kogus vastavalt 20 g (Cunnane *et al.*, 1993). S. C. Cunnane jt. (1995) lisasid noorte tervete katsealuste toidule iga päev 50 g linaseemneid 4 nädala jooksul. ω-3-rasvhapete sisaldus katsealuste vereplasmas suurenes, samal ajal langes plasmas LDL-kolesterooli tase üle 8%, aga ei muutunud antioksidantsete vitamiinide ega lipiid-hüdoperoksiidide tase.

K. S. Layne jt. (1996) uurisid võrdlevalt lina- ja kalaõli mõju vereplasma koostisele. Toidule lisati 35 mg 18:3n-3 1 kg kehamassi kohta. Linaõli lisamine ei muutnud plasmas triatsüülglytserooli taset, kalaõli lisand aga vähendas selle sisaldust.

Käesolevaks ajaks on maailmas juba ka mitmete teadlaste poolt uuritud ω-3 rasvhapetega rikastatud kanamunade mõju inimesele. Selgitati, et tavaliste munade söömine (isegi 12 muna nädalas) ei suurenda inimveres lipiidide sisaldust (Garwin jt., 1992; Morgan jt., 1993). J. L. Garwini jt. (1992) katsetest selgus, et kanamunade koostis ei mõjuta küll vere üldlipiididesisaldust, küll aga rasvhapete omavahelist suhet. Juba 1992. a. soovitas D. Farrell kasutada ω-3-rasvhapete taseme tõstmiseks inimese vereplasmas nn. rikastatud mune (Farrell, 1992). Kanamunades ω-3-rasvhapete taseme tõstmiseks kasutati kanade söödale lisatavat tursamaksaõli või linaseemnejahu (Farrell, 1994). J. Zhirong ja J. Sim (1993) tulid oma katsete põhjal järeldusele, et polüküllastumata rasvhapetega rikastatud kahe muna söömine päevas võimaldas hoida vere üldkolesterooli ja LDL-kolesterooli sisaldust stabiilsena ning tõsta ω-3-rasvhapete kontsentratsiooni veres. ω-3-rasvhapetega rikastatud munadel leiti olevat võime alandada vererõhku ja vereplasma triglütseriidide sisaldust (Hargis, van Elswyk, 1991b). L. K. Ferrier jt. (1995) leidsid 28 katsealuse andmetel, et rikastatud munade toime tõuseb ω-3-rasvhapete tase inimese vereliistakute fosfolipiidides, mis omakorda vähendab liistakute aktiivsust ja kokkukleepumise ohtu. Katsealuste veres tõusis tunduvalt dokosaheksaehappe sisaldus. Ka P. K. Mayo jt. (1995) teatasid, et rikastatud munade kaudu nädala jooksul saadud 800 mg ω-3-rasvhappeid vähendas märgatavalt vereliistakute agregatsiooni katsealuste grupis. Need uurimused olid toeks 90-ndate algusaastail avaldatud arvamustele, et merikalade toiduks kasutamine näiteks USA-s vaevalt suureneb, mistõttu vaja on leida alternatiivseid, ω-3-rasvhapete rikkaid toiduaineid (Nettleton, 1991; Simopoulos, Salem, 1992).

S. Y. Oh jt. (1991) uurisid täiskasvanud inimeste grupis ω-3-rasvhapetega rikastatud munade söömise mõju. Munad pärinesid 10% kalaõli lisandiga sööta saanud kanadelt ja katsealused sõid 4 nädala jooksul 4 muna päevas. Kontrollrühma katseisikud sõid 4 tavalist muna päevas. Katseperioodi lõpul täheldati kontrollrühma katsealuste vereplasmas nii madala kui ka kõrge tihedusega kolesterooli ja triatsüülgütserooli taseme tõusu. Rikastatud mune söönud katsealuste rühmas ei muutunud vere kolesteroolisisaldus, kuid tunduvalt oli langenud triatsüülgütserooli tase. Tunduvalt oli langenud ka katserühma inimeste süstoolne ja diastoolne vererõhk (Oh *et al*, 1991). Analoogete tulemusi said ka J. Zhirong ja J. Sim (1993). 23 meesüliõpilast sõid nende katses 2 tavalist või vastavalt 2 rikastatud muna lisaks tavalisele toidule 18 päeva jooksul. Tavaliste munade tarbijail tõusis plasma üldkolesterooli ja LDL-kolesterooli sisaldus, rikastatud munade tarbijail püsisid need näitajad samahästi kui muutumatuna, kusjuures tunduvalt tõusis HDL-kolesterooli tase (Zhirong, Sim, 1993).

Kanadele 2% linaõli lisandi söötmise abil rikastatud mune sõid K. Suzuki jt. (1995) katses naisüliõpilased 3 nädala jooksul. Nende eelnev ratsioon oli seni sisaldanud vähe ω-rasvhappeid. Katse lõpul täheldati katsealuste kolesterooli ja triatsüülgütserooli taseme langemist, kusjuures tunduvalt oli suurenenud dokosaheksaehappe sisalduse plasmas.

**Tabel 23.** Mõnede haiguste seos inimtoidu ω-3-rasvhapete sisaldusega (The problems..., 1996). Tugev seos +++, keskmine seos ++, nõrk seos +

**Table 23.** Diseases that have been associated with a dietary insufficiency of the ω-3 PUFA. Evidence strong +++, moderate ++, weak +

Haigus / Disease	Seos / Evidence
Ateroskleroos / Atherosclerosis	+++
Tromboos / Thrombosis	+++
Arütmia / Arrhythmia	++
Hüpertensioon / Hypertension	++
Atüüpiline dermatiit / Atopic dermatitis	+
Psoriaas / Psoriasis	+
Migreen / Migraine	+
Reumatoidartriit / Rheumatoid arthritis	+++
Hulgikoldekõvastus / Multiple sclerosis	+
Bronhiaalastma / Bronchial asthma	+
Diabeet / Diabetes mellitus	+
Koliit / Colitis	+
Vähk / Cancer	++

Professor Farrell korraldas pikemaajalise katse: 44 vabatahtlikku sõid esimesed 2 nädalat 2 tavalist muna päevas, mingeid muutusi veres ei täheldatud. Edasi sõid pooled katsealustest sama koguse rikastatud mune. Vere kolesteroolisisalduses ei leitud erinevusi, kuid  $\omega$ -3-rasvhapete kontsentratsioon oli neil 15...50% kõrgem (The hearty..., 1995). Massachusettsi haigla andmetel olid  $\omega$ -3-rasvhapetega küllastatud munad südamehaigete atakkide tekkimise inhibiitoriks (Coleman, 1998).

Eeltoodu põhjal peetakse  $\omega$ -3-rasvhapetega rikastatud munade söömist eriti soovitatavaks imetavatele emadele ja vanuritele (Cherian, Sim, 1996; Simopoulos, Salem, 1992).

Maailmas on koostatud ka juba haiguste loetelu, mis näitab nende seost inimtoidu mitteküllaldase  $\omega$ -3-rasvhapete sisaldusega ja  $\omega$ -6: $\omega$ -3 rasvhapete vahekorraga (tabel 23).

### **$\omega$ -3-rasvhapetega rikastatud munade tootmine, kasutamine ja levik maailmas**

$\omega$ -3-rasvhapetega rikastatud munade tootmiseks kasutatakse, nii nagu eespool mainitud, põhiliselt ameerika heeringa- või siis linaõli. Katsetega on tõestatud eriti linaõli  $\alpha$ -linoleenhappe kõrge sisaldus ja selle edasikandumine munadesse. EPA ja DHA sisaldusele munarebus mõjuvad kanade juures kasutatud ratsioonid vähem (Farrell *et al.*, 1994).

$\omega$ -3-rasvhapetega rikastatud nn.  $\omega$ -3-munad sisaldavad 8...10 korda rohkem  $\omega$ -3-rasvhappeid kui tavalised munad ja 2 sellisest munast päevas jätkub inimese vastava tarbe katmiseks (Crack..., i.a.) Rikastatud suur kanamuna (üle 60 g) sisaldab ligikaudu 0,40 g  $\omega$ -3-rasvhappeid ja see katab umbes poole inimese päevasest  $\alpha$ -linoleenhappe tarbest ning veerand EPA ja DHA tarbest. Nii väidetakse S. Y. Oh ja S. C. Cunnane töid kokkuvõtvas artiklis (Food..., i.a.).

On läbi viidud ka nn.  $\omega$ -3-munade koostise detailseid uurimusi. Jaapanlaste  $\omega$ -3-muna sisaldab 13 mg EPA-d, 200 mg DHA-d ja 10 mg E-vitamiini ning ühe sellise muna söömine päevas alandab vere üldkolesterooli taset 20% ja tõstab HDL-kolesterooli taset (Wellstead, 1996).

Austraalias määrati mitme võistleva kompanii turustatud " $\omega$ -3-munade" keemiline koostis sõltumatus laboratooriumis. Tulemused on toodud tabelis 24.

**Tabel 24.** Austraalias läbi viidud " $\omega$ -3-munade"  $\omega$ -3-rasvhapete sisalduse analüüsi tulemused (Farrell, 1997)

**Table 24.** Content of  $\omega$ -3 fatty acids of " $\omega$ -3 eggs" in Australia

62 grammine muna sisaldas mg Egg (65 g) contents mg	New Starti munad <i>New Start eggs</i>			Võistleva kompanii munad <i>Competitor's eggs</i>		
	proov nr. 5	proov nr. 1	proov nr. 3	proov nr. 5	proov nr. 1	proov nr. 3
	<i>sample 5</i>	<i>sample 1</i>	<i>sample 3</i>	<i>sample 5</i>	<i>sample 1</i>	<i>sample 3</i>
	1995. a.	1996. a.	1996. a.	1995. a.	1996. a.	1996. a.
EPA	33	16	19	13	6	6
DHA	196	178	205	133	105	93
Kokku						
<i>Total EPA+DHA</i>	229	194	224	146	111	99
ALA	×	237	209	×	416	279
Kokku $\omega$ -3-rasv- happeid						
<i>Total <math>\omega</math>-3 fatty acids</i>	×	431	433	×	527	378

D. Farrell (1997) koostas ka tabeli, mis näitab südame-veresoonkonna haigustesse haigestumise riski vähenemist seoses kuu jooksul söödud  $\omega$ -3-munade arvuga (tabel 25).

Eeltoodut arvestades on kogu maailmas tugevalt suurenenud  $\omega$ -3-rasvhapete sisalduselt rikastatud munade tootmine. Kui 1989. a. alustati Jaapanis firmas ISE Foods Inc.  $\omega$ -3-munade tootmist, polnud neil algul populaarsust (Wellstead, 1996). 1992. a. alates see olukord muutus ja  $\omega$ -3-munade toodang hakkas konkureerima Columbus-munadega (rikastatud D-vitamiiniga) ning Sunshine'i munadega (rikastatud linoalhappega). Toodang suurenes 1992. a. 80 tonnilt 500 tonnini 1994. a. (Wellstead, 1996). 1994. a. avaldatud A. C. Marshalli jt. uurimus näitas,



et 500 küsitletud USA tarbijast 65% olid ω-3-rasvhapetega rikastatud munade tarbimise poolt ja 71% olid nõus nende eest maksma kallimat hinda (Marshall *et al.*, 1994b). ω-3-munad on käesolevaks ajaks leidnud tarbijate poolehoiu Austraalias, Uus-Meremaal, Itaalias, Kanadas ja Jaapanis (Leskanich, Noble, 1997; Flaxseed...i.a<sup>b</sup>).

**Tabel 25.** Südame-veresoonkonna haigestumise riski vähenemine seoses ω-3-rasvhapete sisaldusega toidus (Farrell, 1997)

**Table 25.** Risk reduction in primary cardiac arrest and intake of dietary n-3 PUFA (EPA+DHA) and number of enriched eggs that can meet this requirement

Näitaja <i>Items</i>	Haigestumise riski vähenemine % <i>Risk reduction %</i>			
	0	30	50	60
Selleks vajalik EPA+DHA kogus, g/kuus <i>Intake of EPA+DHA g/month</i>	0,96	2,94	5,54	13,55
Selleks vajalik ω-3-munade arv kuus <i>Intake of enriched eggs number/month</i>	4	13	24	58

ω-3-rasvhapetega rikastamine tõstab loomulikult ka munade hinda. Normaalseks peetakse, et rikastatud muna hind on 25...35% kõrgem kui tavalise muna hind (The problems..., 1996; Quality..., 1996). Kanadas toodeti 1997. a. 312 miljonit tosinat kanamuna, neist 31 miljonit tosinat ω-3-muna, kusjuures tosina hinnaks oli 2,60 dollarit. Eeldatakse, et lähema 3...5 aasta jooksul rikastatud munade toodang kahekordistub (Flax..., 1997).

Eestis alustati uurimusi kana- ja vutimunade rikastamiseks ω-3-rasvhapetega 1997. aastal EPMÜ Loomakasvatusteaduste instituudi väikelooma- ja linnukasvatuse osakonnas. Esialgset tulemust on olnud head ning uurimistööd on nüüdseks ETF grandid nr. 3150 toetusel laiendatud inimkatseteni Tartus Maarjamõisa haiglas. Püütakse selgitada, kui võrd mõjutavad rikastatud munad inimese verenäitajaid ning kas neid mune saaks kasutada südamehaiguste ennetamiseks.

### Kokkuvõte

ω-rasvhapped kuuluvad polüküllastumata ühealuseliste karboksüülhapete hulka ning neil on oluline osa inimorganismi elutegevuses. Nende koronaarhaigusi ennetavas mõjus jõuti selgusele selle sajandi III veerandil seoses Gröönimaa eskimote toitumistavade uurimisega. ω-rasvhappeid leidub palju külma veega kalades ja mitmetes taimsetes õlides. Inimtoitlustamisel on eriti oluline jälgida ω-3- ja ω-6-rasvhapete õiget vahekorda. Tavatoitainete kasutamisel tekib puudujääk ω-3-rasvhapete osas, mistõttu on kogu maailmas hakatud otsima võimalusi toiduainete ω-3-rasvhapete sisalduse tõstmiseks. Linnukasvatussaaduste puhul on ω-3-rasvhapete sisalduse suurendamiseks peamiseks toimeaineteks kalaõli ning taimsetest ainetest linaseemned, linaõli, rapsiõli. Probleem on tekitanud rikastatud linnukasvatussaaduste lõhna- ja maitseomaduste halvenemine. Rikastatud nn. ω-3-munad võivad sisaldada kuni 10 korda rohkem ω-3-rasvhappeid (eriti α-linoleenhapet). Eestis uuritakse võimalusi vuti- ja kanamunade rikastamiseks ω-3-rasvhapetega EPMÜ väikelooma- ja linnukasvatuse osakonnas alates 1997. a. Esialgset tulemust on olnud paljutõotavad ning see on lubanud alustada inimkatsetega Maarjamõisa haiglas.

*Autorid tänavad SA Eesti Teadusfondi uurimise rahastamise eest grandid nr. 3150 kaudu.*

## Kirjandus

- Ackman R. G. Fatty acid composition of fish oils – In: Nutritional Evaluation of Long-Chain Fatty Acids in Fish Oil. – London, Academic Press, p. 25...139, 1982.
- Ackman R. G., Lamothe F., Hulan H. W. *et al.* The broiler chicken – its current and potential role as a source of long-chain n-3 fatty acids in our diets. – n-3 news. Unsaturated Fatty Acid and Health, vol. III, March, 1, p. 1...4, 1988.
- Adams R. L., Pratt D. E., Lin J. H., Stadelman W. J. Introduction of omega-3 polyunsaturated fatty acids into eggs. – Poultry Science, 68, p. 166, 1989.
- Ahn D.U., Sunwoo H. H., Wolfe F. H., Sim J. S. Effects of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition, storage stability, and flavor characteristics of chicken eggs. – Poultry Science, 74, p. 1540...1547, 1995.
- Ajuyah A. O., Lee K. H., Hardin R. T., Sim J. S. Influence of dietary full-fat seeds and oils on total lipid, cholesterol and fatty acid composition on broiler meats. – Canadian Journal of Animal Science, 71, p. 1011...1019, 1991.
- Allen P. C., Danforth H. D., Levander O. A. Diets high in n-3 fatty acids reduce cecal lesion scores in chickens infected with *Eimeria tenella*. – Poultry Science, 75, 2, p. 179...185, 1996a.
- Allen P. C., Danforth H. D., Morris V. C., Levander O. A. Association of lowered plasma carotenoids with protection against cecal Coccidiosis by diets high in n-3 fatty acids. – Poultry Science, No. 8, p. 966...972, 1996b.
- Allen P. C., Danforth H. D., Levander O. A. Interaction of dietary flaxseed with *Coccidia* infections in chickens. – Poultry Science, 76, 6, p. 822...827, 1997.
- Allman M. A., Pena M. M., Pang D. Supplementation with flaxseed oil versus sunflowerseed oil in healthy young men consuming a low fat diet: effects on platelet composition and function. – Clinical Nutrition, 49, p. 169...178, 1995.
- Andersson K., Elwinger K., Pamlenyi I. Restricted feeding and different protein levels to two strains of SCWL hybrids. – Swedish Journal of Agricultural Research, 8, p. 241...247, 1978.
- Applegate T. J., Sell J. L. Effect of dietary linoleic to linolenic acid ratio and vitamin E supplementation on vitamin E status of poults. – Poultry Science, 75, p. 881...890, 1996.
- Atkinson P. M., Wheeler M. C., Mendelsohn D. *et al.* N. Chetty. Effects of 4-week freshwater fish (trout) diet on platelet aggregation, platelet fatty acids, serum lipids and coagulation factors. – American Journal of Heredity, 24, p. 143...149, 1987.
- Aymond W. M., van Elswyk M. E. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. – Poultry Science, 74, 8, p. 1388...1394, 1995.
- Bang H. O., Dyerberg J. Plasma lipids and lipoprotein in Greenland's West Coast Eskimos. – Acta Medica Scandinavica, 192, p. 85...90, 1972.
- Barlow S. M., Young E. V. K., Duthie I. F. Nutritional recommendations for n-3 polyunsaturated fatty acids and the challenge to the food industry. – Proceedings of the Nutrition Society, 49, p. 13...21, 1990.
- Bassler R., Putzka H. A. Der Einfluss verschiedener Fettbestimmungsmethoden auf die quantitativen Extraktausbeuten und auf deren Fettsaurespektrum bei stabilisiertem und unbehandeltem persuanischem Fishmehl. – Landwirtschaftliche Forschung, 28, S. 56...68, 1975.
- Bell J. M. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: a review. – Journal of Animal Science. 58, p. 996...1010, 1984.
- Bergeron N., Havel R. J. Influence of diets rich in saturated and omega-6 polyunsaturated fatty acids on the postprandial responses of apolipoproteins B-48, B-100, E, and lipids in triglyceride – rich lipoproteins. – Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 15, No. 12, p. 2111...2121, 1995.
- Billek V. G. Alterations of edible fats and oils at elevated temperatures. – Fett Wissenschaft Technologie – Fat Science Technology, 94, 1992.
- Boehm G., Borte M., Bohles H. J. *et al.* Docosahexaonic and arachidonic acid content of serum and red blood cell membrane phospholipids of preterm infants fed breast milk, standard formula or formula supplemented with n-3 and n-6 long chain polyunsaturated fatty acids. – European Journal of Pediatrics, 155, p. 410...416, 1996.
- Branion H. D., Davson A. F., Cavers J. R., Motzok I. The alleged toxicity of free fatty acid and nitrogen in cod liver oil. – Poultry Science, 17, p. 213...223, 1938.
- Burr M. L., Fehily A. M., Gilbert J. F. *et al.* Effects of changes in fat, fish and fibre intakes on death and myocardial reinfarction: diet and reinfarction trial (DART). – Lancet, 2, p. 757...761, 1989.
- Canola Information Site. – Canbra Foods official canola information Site, 1996. – Internet <http://canola.com/>

- Carlson S. E., Cooke R. J., Rhodes P. G. *et al.* Long term feeding of formulas high in linolenic acid and marine oil to very low birth weight infants: phospholipid fatty acids. – *Pediatric Research*, 30, p. 404...412, 1991.
- Carlson S. E., Cooke R. J., Rhodes P. G. *et al.* Effect of vegetable and marine oils in preterm infant formulas on blood arachidonic and docosahexaenoic acids. – *Journal of Pediatrics*, 1992, 120, S. 159...167, 1992.
- Carrick C. W., Hauge S. M. The effect of cod liver oil upon flavor in poultry meat. – *Poultry Science*, 5, p. 213...215, 1926.
- Carter J. F. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. – *Cereal Foods World*, 38, p. 753...759, 1993.
- Caston L., Leeson S. Research note: dietary flaxseed and egg composition. – *Poultry Science*, 69, p. 1617...1620, 1990.
- Caston L. J., Squires E. J., Leeson S. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from scowl hens fed dietary flax. – *Canadian Journal of Animal Science*, 74, p. 347...353, 1994.
- Caughey G. E., Mantzioris E., Gibson R. A. *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. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 63, p. 116...122, 1996.
- Chadha R. K., Lawrence J. F., Ratnayake W. M. Ion chromatographic determination of cyanide released from flaxseed under autohydrolysis conditions. – *Food Additives and Contaminants*, 12, p. 527...533, 1995.
- Chan J. K., Bruce V. M., McDonald B. E. Dietary alpha-linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic men. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, p. 1230...1234, 1991.
- Chen Z. Y., Ratnayake W. M. N., Cunnane S. C. Stability of flaxseed during baking. – *Proceedings of the 55<sup>th</sup> conference of Flax Institute of the United States*, p. 24...28, 1994.
- Cherian G., Sim J. S. Changes in the breast milk fatty acids and plasma lipids of nursing mothers following consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid enriched eggs. – *Nutrition*, 12, p. 8...12, 1996.
- Cherian G., Sim J. S. Egg yolk polyunsaturated fatty acids and vitamin E content alters the tocopherol status of hatched chicks. – *Poultry Science*, 76, 12, p. 1753...1759, 1997.
- Cherian G., Li S. X., Sim J. S. Dietary alpha-linolenic acid and laying hen strain – fatty acids of liver, adipose tissue white meat, dark meat, and egg yolk. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 43, 1995.
- Christie W. W., Moore J. H. The lipid components of the plasma, liver and ovarian follicles in the domestic chicken (*Gallus gallus*). – *Comparative Biochemistry and Physiology*, 41B, p. 287...295, 1972.
- Christophersen O. A. Fishpowder – a medical goldmine. – *New England Journal of Medicine*, 9, p. 1201...1204, 1985.
- Coleman M. A. Eat eggs or die. – *Poultry International*, 1998, August, p. 12...16.
- Connor W. E., Kritchevsky D., Carroll K. K. Nutrition and disease update – Heart disease, 1, p. 137, 1994.
- Couch J. R., Saloma A. E. Effect of diet on triglyceride structure and composition of egg yolk lipids – *Lipids*, 8, p. 385...392, 1973.
- Crack an omega-3 egg for good health. – Internet, i.a. – <http://www.flaxcouncil.ca/flaxpd4.htm>
- Crawford M. K., Gale M. M., Woodford M. H. Linoleic acid and linolenic acid elongation products in muscle tissue of *Syncerus caffer* and other ruminant species. – *Biochemical Journal*, 115, p. 25...27, 1969.
- Crawford M. A., Gale M. M., Woodford M. H. Muscle and adipose tissue lipids of the warthog, *Phacochoerus aethiopicus*. – *International Journal of Biochemistry*, 1, p. 654...658, 1970.
- Cruikshank E. M. Studies in fat metabolism in the fowl. – *Biochemical Journal*, 28, p. 965...977, 1934.
- Cruikshank E. M. The effect of cod liver oil and fish meal on the flavour of poultry products. – *Proceedings of the 7<sup>th</sup> World's Poultry Congress*, 7, p. 539...542, 1939.
- Cunnane S. C. Safety aspect of dietary flaxseed. – Toronto, 1992. – Internet <http://www.flax.com/library/safety.htm>
- Cunnane S. C., Ganguli S., Menard C. *et al.* High alpha-linolenic acid flaxseed (*Linum ussitatissimum*): some nutritional properties in humans. – *British Journal of Nutrition*, 69, p. 443...453, 1993.
- Cunnane S. C., Hamadek M. J., Liede A. C. *et al.* Nutritional attributes of traditional flaxseed in healthy young adults. – *American Journal on Clinical Nutrition*, 61, p. 62...68, 1995.
- Dansky L. M. The growth promoting properties of menhaden fish oil as influenced by various fats. – *Poultry Science*, 41, p. 1352...1354, 1962.

- Dean P., Proudfoot F. G., Larmond E., Aitken J. R. The effect of feeding diets containing white fishmeal on acceptability and flavour intensity on roasted broiler chickens. – *Canadian Journal of Animal Science*, 51, p. 15...20, 1971.
- Decker E. A., Cantor A. H. Fatty acids in poultry and egg products. – In: *Fatty Acid in Foods and Their Health Implications*. – New York:Marcel Dekker, 1992, p. 137...167, 1992.
- Dietary cholesterol and plasma cholesterol: Recent studies. – Internet, 1998, <http://www.enc-online.org/dietc.htm>
- Donaldson W. E. Lipid composition of chick embryo and yolk as affected by stage of incubation and maternal diet. – *Poultry Science*, 46, p. 693...697, 1967.
- Dupont J., White P. J., Johnston K. M. *et al.* Food safety and health effects of canola oil. – *Journal of American Coll. of Nutrition*, 1989, 8, p. 360...375, 1989.
- Duthie I. F., Barlow S. M. Dietary lipids exemplified by fish oils and their n-3 fatty acids. – *Food Science and Technology Today*, 6, p. 20...36, 1992.
- Dyerberg J., Bang H. O., Hjerne N. Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 28, p. 958...966, 1974.
- Edwards H. M., Marion J. E. Influence of menhaden oil on growth rate and tissue fatty acids of the chick. – *Journal of Nutrition*, 81, p. 123...130, 1963.
- Edwards H. M., May K. N. Studies with menhaden oil in practical - type broiler rations. – *Poultry Science*, 44, p. 685...689, 1965.
- Edwards H. M., Marion J. E., Griggers J. C. Studies on fat and fatty acids requirements of poultry. – *Proceedings of the XIIth World Poultry Congress*. – Sidney, p. 182, 1962.
- Elswyk van M. E. Nutritional and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. – *World's Poultry Science Journal*, 53, p. 253...264, 1997.
- Elswyk van M. E., Sams A. R., Hargis P. S. Composition, functionality, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil. – *Journal of Food Science*, 57, p. 342...344, 349, 1992.
- Farrell D. The increase in n-3 fatty acids in plasma of humans consuming enriched eggs. – *Proceedings of the Nutrition Society*, 51, p. 10A, 1992.
- Farrell D. J. Manipulating the composition of the egg to improve human health. – *Asia Pacific Nutrition*, p. 21...30, 1994.
- Farrell D. J. The enrichment of poultry products with the omega (n)-3 polyunsaturated fatty acids: a selected review. – *Proceedings of Australian Poultry Science Symposium*, p. 16...22, 1995.
- Farrell D. J. The importance of eggs in a healthy diet. – *Poultry International*, 1997, September, p. 72...78.
- Farrell D. J., Sim J. S., Nakai S. The fortification of hen's eggs with omega 3 long chain fatty acids and their effect in humans. – *Egg Uses and Processing Technologies: New Developments*, p. 386...401, 1994.
- Fernandes G., Venkatraman J. T. Role of omega-3 fatty acids in health and disease. – *Nutrition Research*, 13, p. 519...545, 1993.
- Ferretti A., Flanagan V. P. Antithromboxane activity of dietary alpha-linolenic acid: a pilot study. – *Prostaglandins, Leukotrienes, Essential Fatty Acids*, 54, p. 451...455, 1996.
- Ferrier L. K., Caston L., Leeson S. *et al.*  $\alpha$ -linolenic acid and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed: influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 1995, 62, p. 81...86, 1995.
- Fish oil: more than a red herring. – *Practice Nurse*, 1991, July/August, p. 143...149.
- Fish powder is rich in essential minerals-but don't forget to eat fish. – *International F.P.C. News. Seafood and Health*, 1986, 16, March, p. 3.
- Flax Focus-fall 1997,10,4./Internet <http://www.flaxcouncil.ca/newslett2.htm>.
- Flaxseed: A Smart Choice. – Internet, i.a.<sup>a</sup>. – <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnut10.htm>
- Flaxseed in animal or poultry feed. – Internet, i.a.<sup>b</sup>. – <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnut18.htm>
- Flaxseed may be important in cancer prevention. – Flax Council of Canada. Reviewed December 28, 1996. /Internet <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnews4.htm>
- Flaxseed closes the genetic nutrition gap. – Flax Council of Canada. News release for September 30, 1997<sup>a</sup>/Internet <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnews7.htm>
- Flaxseed is the nutraceutical for the 21<sup>st</sup> century. – Internet (News Release for July 28, 1997<sup>b</sup>) <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnews6.htm>
- Folklore on flax. – Internet, i.a. – <http://www.flax.com/library/folk.htm>
- Food sources of alpha-linolenic acid (ALA). – Internet, i.a. – <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnut15.htm>
- Fry J. L., Van Wallegghem P., Waldroup P. W., Harms R. H. Fish meal studies. 2. Effects of levels and sources on "fishy flavour" in broiler meat. – *Poultry Science*, 44, p. 1016...1019, 1965.

- Galli C., Simopoulos A. P. Dietary ω-3 and ω-6 fatty acids – biological effects and nutritional essentiality. – NATO ASI Series, Series A, Life Science, 1989, vol. 171. – Plenum Press, New York, 1989. – 452 p.
- Gardner F. A., Young L. L. The influence of dietary protein and energy levels on the protein and lipid content of the hen's egg. – Poultry Science, 51, p. 994...997, 1972.
- Garwin J. L., Morgan J. M., Stowell R. L. *et al.* Modified eggs are compatible with a diet that reduces serum cholesterol concentrations in humans. – Journal of Nutrition, 122, p. 2153...2160, 1992.
- Grandberg I. Orgaaniline keemia. – Tln.: Valgus, 1979. – 416 lk.
- Gunstone F. D., Wijesundera R. C. The component acids of the lipids in four commercial fish meals. – Journal of the Science of Food and Agriculture, 29, p. 28...32, 1978.
- Hardin J. O., Milligan J. L., Sidwell V. D. The influence of solvent extracted fish meal and stabilized fish oil in broiler rations on performance and on the flavor of broiler meat. – Poultry Science, 43, p. 858...860, 1964.
- Hargis P. S., van Elswyk M. E. Modifying yolk fatty acid composition to improve health quality of eggs. – In: Fat and Cholesterol Reduced Foods: Technologies and Strategies. – Houston, Texas, p. 249...260, 1991.
- Hargis P. S., van Elswyk M. E. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. – World's Poultry Science Journal, 1993, 49, p. 251...264.
- Hargis P. S., van Elswyk M. E., Hargis B. M. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. – Poultry Science, 70, p. 874...883, 1991.
- Harris W. S. Fish oils and plasma lipide and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. – Journal of Lipid Research, 30, p. 785...807, 1989.
- Heart health from flaxseed. – Flax Council of Canada. Reviewed December 28, 1996. /Internet <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnews3.htm>
- Herber S. M., van Elswyk M. E. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. – Poultry Science, 75, No. 12, p. 1501...1507, 1996.
- Holdas A., May K. N. Fish oil and fishy flavor of eggs and carcasses of hens. – Poultry Science, 45, p. 1405...1407, 1966.
- Holman R. T., Johnson S. B., Hatch T. F. A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. – American Journal of Clinical Nutrition, 35, p. 617...623, 1982.
- Hrdinka C., Zollitsch W., Knaus W., Lettner F. Effects of dietary fatty acid pattern on melting point and composition of adipose tissues and intramuscular fat of broiler carcasses. – Poultry Science, 75, 2, p. 208...215, 1996.
- Huang Z. B., Leibowitz H., Lee C. M., Millar R. Effect of dietary fish oil on ω-3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. – Journal of Agricultural and Food chemistry, 38, p. 743...747, 1990.
- Hulan H. W. Omega-3 fatty acids level of eggs and performance of SCWL layer genotypes fed herring meal. – Poultry Science, 67, 1, p. 99, 1988.
- Hulan H. W., Ackman R. G., Ratnayakes W. M. N. *et al.* Omega-3 fatty acid levels and performance of broiler chickens fed redfish meal or redfish oil. – Canadian Journal of Animal Science, 68, p. 533...547, 1988.
- Hulan H. W., Ackman R. G., Ratnayake W. M. N., Proudfoot E. G. Omega-3 fatty acids levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. – Poultry Science, 68, p. 153...162, 1989.
- Huyghebaert G. Incorporation of polyunsaturated fatty acids in egg yolk fat at varying dietary fat levels and compositions. – Archiv für Geflügelkunde, 59, p. 145...152, 1995.
- Hämmal J., Tikk H. Omega-3-rasvhapped – oluline komponent inimtoidus ja lindude söötmisel. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 3. – Tartu, lk. 10...13, 1997.
- Ilus A., Hellenurme E., Kaldmäe H. jt. Rasvarikka rapsikoogi ja rapsiõli kasutamine veiste söötmisel. – Agraarteadus, nr. 1, lk. 49...69, 1995.
- Indu M. N-3 fatty acids in indian diets – comparison of the effects of precursor (alpha-linolenic acid) vs product (long chain n-3 polyunsaturated fatty acids). – Nutrition Research, 12, p. 569...582, 1992.
- Jiang A., Ahn D. U., Ladner L., Sim J. S. Influence of feeding full-fat flaxseed and sunflower seeds on internal and sensory qualities of eggs. – Poultry Science, 71, p. 378...382, 1992.
- Jiang A., Ahn D. U., Sim J. S. Effect of feeding flaxseed and two types of sunflower seed on fatty acid compositions of yolk lipid classes. – Poultry Science, 70, p. 2467...2475, 1991.
- Jiang A., Sim J. S. Composition of n-3 polyunsaturated fatty acid – enriched eggs and changes in plasma lipids of human subjects. – Nutrition, 9, p. 513...518, 1993.
- Kaarli K. Taliraps söödataimena. – Sotsialistlik Põllumajandus, 7, lk. 306, 1965.

- Kagawa Y., Nishizawa M., Suzuki M. *et al.* Eicosapolyenoic acid of serum lipids of Japanese islanders with low incidence of cardiovascular diseases. – *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 28, p. 441...453, 1982.
- Karmali R. A. n-3 fatty acids and cancer. – *Journal of Internal Medicine*. Supplement 1, p. 197...200, 1989.
- Keli S. O., Feskens E. J. M., Kromhout D. Fish consumption and risk of stroke. – Zutphen study. *Stroke*, 25, p. 328...332, 1994.
- Koizumi I., Suzuki Y., Kaneko J. J. Studies of the fatty acid composition of intramuscular lipids of cattle, pigs and birds. – *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 37, p. 545...554, 1991.
- Kromhout D. Fish (oil) consumption and coronary heart disease. – In: *Dietary and  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 Fatty Acids – Biological Effects and Nutritional Essentiality*. – Plenum Press, New York, p. 273...282, 1989.
- Kromhout D. Dietary fats: Long term implications for health. – *Nutrition Reviews*, 50, p. 49...53, 1992.
- Kromhout D., Bosschieter E. B., Coulander C. L. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. – *New England Journal of Medicine*, 312, p. 1205...1209, 1985.
- Kune G. A. Eating fish protects against some cancers: Epidemiological and experimental evidence for a hypothesis. – *Journal of Nutrit. Medicine*, 1, p. 139...144, 1990.
- Larsson-Backstrom C., Lindmark L., Svensson L. Effects of dietary alpha- and gamma linolenic acids on liver fatty acids, lipid metabolism, and survival in sepsis. – *Shock*, 4, p. 11...20, 1995.
- Lasserre M., Mendy F., Spielmann D., Jacotot B. Effects of different dietary intake of essential fatty acids on C20:3 omega 6 and C20:4 omega 6 serum levels in human adults. – *Lipids*, 20, p. 227...233, 1985.
- Layne K. S., Goh Y. K., Jumpsen J. A. *et al.* Normal subjects consuming physiological levels of 18:3 (n-3) and 20:5 (n-3) from flaxseed or fish oil have characteristic differences in plasma lipid and lipoprotein fatty acid levels. – *Journal of Nutrition*, 126, p. 2130...2140, 1996.
- Leaf A., Weber P. C. Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. – *New England Journal of Medicine*, 318, p. 549...555, 1988.
- Lee K.-H., Qi G.-H., Sim J. S. Metabolizable energy and amino acid availability of full-fat seeds, meals and oils of flax and canola. – *Poultry Science*, 74, 8, p. 1341...1348, 1995.
- Leino M. Surmaga lõppevad südameasjad. – *Kodutohter*, 2, lk. 19...21, 1998.
- Leman J. Mikrobiologiczna synteza kwasu eikozapentaenowego. – *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 1993. – 21 c.
- Leskanich C. O., Noble R. C. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs and meat. – *World's Poultry Science Journal*, 1997, vol. 53, N 6, p. 155...183, 1997.
- Li X., Steiner M. Fish oil: a potent inhibitor of platelet adhesiveness. – *Blood*, 76, p. 938...945, 1990.
- Li X., Cherian G., Sim J.S. Cholesterol oxidation in egg yolk powder during storage and heating as affected by dietary oils and tocopherol. – *Food Science*, 61, p. 721...725, 1996.
- Maldijan A., Cristofori C., Noble R. C., Speake B. K. The fatty acid composition of brain phospholipids from chicken and duck embryos. – *Comparative Biochemistry and Physiology*, serie B 115, p. 153...158, 1996.
- Mantzioris E., James M. J., Gibson R. A., Cleland L. G. Mediterranean diet. – *Lancet*, Jun. 11, 343, p. 1454...1459, 1994a.
- Mantzioris E., James M. J., Gibson R. A., Cleland L. G. Dietary substitution with an alpha-linolenic acid-rich vegetable oil increases eicosapentaenoic acid concentrations in tissues. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, p. 1304...1309, 1994b.
- Marion J. E., Woodroof J. E. The fatty acid composition of breast, thigh, and skin tissues of chicken broilers as influenced by dietary fats. – *Poultry Science*, 48, p. 1202...1207, 1963.
- Mark G., Sanders T. A. B. The influence of different amounts of n-3 polyunsaturated fatty acids on bleeding time and in vivo vascular reactivity. – *British Journal of Nutrition*, 71, p. 43...52, 1994.
- Marshall A. C., Sams A. R., van Elswyk M. E. Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1,5% menhaden oil. – *Journal of Food Science*, 59, p. 561...563, 1994a.
- Marshall A. C., Kubena K. S., Hinton K.R. *et al.* n-3 fatty acid-enriched table eggs – a survey of consumer acceptability. – *Poultry Science*, 73, p. 1334...1340, 1994b.
- Mattson F. H., Grundy S. M. Comparisons of the effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. – *Journal of Lipid Research*, 26, p. 194...202, 1985.
- Maurice D. V. Dietary fish oils: Feeding to produce designer eggs. – *Feed Management*, 45, p. 29...32, 1994.
- Mayfield E. A. Consumer's guide to fats. – Internet, i.a., <http://www.ibdn.com/weigh2go/fatguide.htm>

- Mayo P. K., van Elswyk M. E., Kubena K. S. Shell eggs as a vehicle for dietary omega-3 fatty acid: influence on serum lipids and platelet aggregation in humans. – Journal of the American Dietetic Association, 95, p. A10, 1995.
- Metabolism of omega-3 and omega-6 fatty acids. Internet, 1998, <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnut12htm>
- Miller D., Robisch P. Comparative effect of herring, menhaden and safflower oils on broiler tissues fatty acid composition and flavor. – Poultry Science, 1969, 48, p. 2146...2157, 1969.
- Miller D., Leong K. C., Smith P. Effect of feeding and withdrawal of menhaden oil on the ω-3 and ω-6 fatty acid content of broiler tissue. – Journal of Food Science, 34, p. 136...141, 1969.
- Molgaard J., von Schenck H. V., Lassvik C. L. *et al.* Effect of fish oil treatment on plasma lipoproteins in type III hyperlipoproteinaemia. – Atherosclerosis, 81, p. 1...9, 1990.
- Morgan J. M., Tavani D. M., Garwin J. L. *et al.* Effect of dietary (egg) cholesterol on serum cholesterol in free-living adults. – Journal of Applied Nutrition, 45, p. 74...84, 1993.
- Nash D. M., Hamilton R. M. G., Hulan H. W. The effect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acid content of plasma and egg yolk lipids of laying hens. – Canadian Journal et Animal Science, 75, 1, p. 247...253, 1995.
- Navarro J. G., Saavedra J. C., Borie F. B. *et al.* Influence of dietary fish meal on egg fatty acid composition. – Journal of the Science of Food and Agriculturae, 23, p. 1287...1292, 1972.
- Nettleton J. A. Omega-3 fatty acids, comparison of plant and seafood sources in human nutrition. – Journal of American Diet. Association, 91, p. 331...337, 1991.
- Neudoerffer T. S., Lea C. H. Effects of dietary fish oil on the composition and stability of turkey depot fat. – British Journal of Nutrition, 20, p. 581...594, 1966.
- Noble R. C. Egg lipids. – In: Egg Quality – Current Problems and Recent Advances. Poultry Science Symposium N 20. – Butterworths, London, p. 159...177, 1987.
- Noble R. C. Comparative composition and utilisation of yolk lipid by embryonic birds and reptiles. – In: Egg Incubation. – Cambridge University Press, Cambridge, p. 17...28, 1991.
- Noble R. C., Lonsdale F., Connor K., Brown D. Changes in the lipid metabolism of the chick embryo with parental age. – Poultry Science, 65, p. 409...416, 1986.
- Noble R. C., Speake B. K., McCartney R. *et al.* Yolk lipids and their fatty acids in the wild and captive ostrich (*Struthio camelus*). – Comparative Biochemistry and Physiology, Series B 113B, p. 753...756, 1996.
- Obermeyer W. R., Warner C., Casey R. E., Musser S. U. Flaxseed lignans isolation metabolism and biological effects. – Meeting of the Federation of American Societies For Experimental Biology on Experimental Biology 193: March 28 – April 1 1993. – New Orleans, p. A863, 1993.
- Oh S. Y., Ryue J., Hsieh C. H., Bell D. E. Eggs enriched in ω-3 fatty acids and alterations in lipid concentrations in plasma and lipoproteins and in blood pressure. – American Journal of Clinical Nutrition, 54, p. 689...695, 1991.
- Okuyama H. Minimum requirements of n-3 and n-6 essential fatty acid for the function of the central nervous system and for the prevention of chronic disease. – Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 1992, 200, p. 174...176, 1992.
- Oll Ü. Söödad. – Tallinn: Valgus, 1993. – 151 lk.
- Olomu J. M., Baracos V. E. Influence of dietary flaxseed oil on the performance, muscle protein deposition, and fatty acid composition of broiler chicks. – Poultry Science, 70, p. 1403...1411, 1991.
- Olsen S. F., Sørensen J. D., Secher N. J. *et al.* Randomised controlled trial of effect of fish-oil supplementation on pregnancy duration. – Lancet, 339, p. 1003...1007, 1992.
- Olubajo O., Marshall M. W., Judol J. T., Adkins J. T. Effects of high-and low fat diets on the bioavailability of selected fatty acids, including linoleic acid, in adult men. – Nutrition Research, 6, p. 931...955, 1986.
- Omega-3 fatty acids affect coronary heart disease by reducing blood clotting. – Flax council of Canada. Reviewed December 28, 1966. – /Internet <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnews5.htm>
- Opstvedt J. Fish taints in eggs and poultry meat. – In: University of Nottingham, Nutrition Conference for Feed Manufacture. – London, No. 5, p. 70...93, 1971.
- Opstvedt J. Fish lipids in animal nutrition. – I.A.F.M.M. Technical Bulletin, Herefordshire, England 3 AR, 22, 26 p, 1985.
- Orava Lina söödainfo. Rafineerimata rapsiõli / Reklaamleht. – Põlva, i.a. – 1 lk.
- Ostrander J. G., Jordan R., Stadelman W.J. *et al.* The ether extract of yolks of eggs from hens on feed containing different fats. – Poultry Science, 39, p. 746...750, 1960.
- Pankey R. D., Stadelman E. J. Effect of dietary fats on some chemical and functional properties of eggs. – Journal of Food Science, 34, p. 312...317, 1969.

- Parkinson A. J., Cruz A. L., Heyward W. L. *et al.* Elevated concentrations of plasma  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids among Alaskan Eskimos. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, p. 384...388, 1994.
- Peets T. Süda ja vereringe: nõrgad kohad! – *Kodutohter*, 1998, august, lk. 30...33.
- Phetteplace H. W., Watkins B. A. Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, p. 1848...1853, 1990.
- Phipps W. R., Martini M. C., Lampe J. W. *et al.* Effect of flaxseed ingestion on the menstrual cycle. – *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 77, 1993.
- Products for the food and pharmaceutical industry. Technical information of BASF Health & Nutrition, i.a. – 173 p.
- Quality of eggs and egg products. – *Poultry International*, 1996, February, p. 24, 26.
- Rafineerimata linaõli / Orava Lina söödainfo. – *Põlva*, i.a. – 1 lk.
- Raper N. R., Cronin F. J., Exler J., Hyattsville M.D. Omega-3 fatty acid content of the US food supply. – *Journal of American Coll. Nutrition*, 11, p. 304...308, 1992.
- Rasmussen L. B., Kiens B., Pedersen B. K., Richter E. A. Effect of diet and plasma fatty acid composition on immune status in elderly men. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, p. 572...577, 1994.
- Ratnayake W. M. N., Ackman R. G., Hulan H. W. Effect of redfish meal enriched diets on the taste and n-3 PUFA of 42-day-old broiler chickens. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 49, p. 59...74, 1989.
- Reiser R. The syntheses and interconversions of polyunsaturated fatty acids by the laying hen. – *Journal of Nutrition*, 44, p. 159...175, 1951.
- Roch A.  $\omega$ -3 and the farmed fish. – *Canadian Aquaculture*, 1988, Mai/Apr., p. 49...53.
- Sanders T. A. B. Essential and trans fatty acids in nutrition. – *Nutrition Research Reviews* 1, p. 57...78, 1988.
- Sanders T. A. B. Marine oils: metabolic effects and role in human nutrition. – *Proceedings of the Nutrition Society*, 1993, 52, p. 457...472, 1993.
- Sanders T. A. B., Hinds A. The influence of a fish oil high in docosahexaenoic acid on plasma lipoprotein and vitamin E concentrations and haemostatic function in healthy male volunteers. – *British Journal of Nutrition*, 1992, 68, p. 163...173, 1992.
- Sanders T. A., Reddy S. The influence of a vegetarian diet on the fatty acid composition of human milk and the essential fatty acid status of the infant. – *Journal of Pediatrics*, 120, S. 71...77, 1992.
- Sanders T. A. B., Hinds A., Perreira C. C. Influence of n-3 fatty acids on blood lipids in normal subjects. – *Journal of Internal Medicine*, 225, p. 99...104, 1989.
- Sardesai V. M., Detroit M. I. Nutritional role of polyunsaturated fatty acids. – *Journal of Nutritional Biochemistry*, No. 3, p. 154...166, 1992.
- Saynor R., Gillot T. Fish oil and plasma fibrinogen. – *British Medical Journal*, 297, p. 1196, 1988.
- Saynor R., Verel D., Gillot T. The long-term effect of dietary supplementation with fish lipid concentrate on serum lipids, bleeding time, platelets and angina. – *Atherosclerosis*, 50, p. 3...10, 1984.
- Scaife J. R., Moyo J., Galbraith H., Michie W. Effect of different dietary supplemental fats and oils on growth performance and fatty acid composition of tissues in female broilers. – *Proceedings of the Nutrition Society*, 49, p. 130A, 1990.
- Scandinavian Simvastatin Survival Study Group. Randomised study of cholesterol lowering in 4444 patients with coronary heart disease: the Scandinavian Simvastatin Survival Study. – *Lancet*, 334, p. 1383...1389, 1994.
- Scheideler S. E., Froning G. W. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. – *Poultry Science*, 75, 10, p. 1221...1226, 1996.
- Schipper H., Frey K. J., Hammond E. G. Changes in fatty acid composition associated with recurrent selection for oat-oil content in oat. – *Euphytica*, 56, p. 81...88, 1991.
- Shanaway M. M. Quail production systems. A review. – *Food and Agriculture Organisation of the United Nations*. – Roma, 1994. – 145 p.
- Siguel E. A. new relationship between total/high density lipoprotein cholesterol and polyunsaturated fatty acids. – *Lipids*, 31, Suppl.S, p. 51...56, 1996.
- Simons L. A. Interrelations of lipids and lipoproteins with coronary heart disease mortality in 19 countries. – *American Journal of Cardiology*, 57, p. 5G...10G, 1986.
- Simopoulos A.P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 1991, 54, p. 438...463.
- Simopoulos A. P., Salem N. Egg yolk as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding. – *Animal Journal of Clinical Nutrition*, 55, p. 411...414, 1992.



- Sinclair H. M. The diet of Canadian Indians and Eskimos. – Proceedings of the Nutrition Society, 12, p. 69...82, 1953.
- Sørensen H. Glucosinolates: Structure-properties-function. – Canola and rapeseed: production, chemistry, nutrition and processing technology/Editor F. Shadidi. – New York: Van Nostrand Reinhold, p. 49...56, 1990.
- Speake B. K., Christofori C., McCartney R. J., Noble R. C. The relationship between the fatty acid composition of the lipids of the yolk and the brain of the duck embryo. – Biochemical Society Transactions, 24, p. 1815, 1996.
- Stitt P. A., Bibus D. H. R. Effect of feeding stabilized flax to broiler chickens. – Internet, 1988. <http://www.flax.com/library/composi.htm>
- Sturdevant R. A. L., Pearce M. L., Dayton S. Increased prevalence of cholelithiasis in men ingesting a serum cholesterol-lowering diet. – New England Journal of Medicine, 288, p. 24...27, 1973.
- Summers J. D., Slinger S. J., Anderson W. J. The effect of feeding various fats and fat by-products on the fatty acid and cholesterol composition of eggs. – British Poultry Science, 7, p. 127...134, 1966.
- Suzuki K., Omori T., Okada T. *et al.* Effect of an increase of dietary linseed oil on fatty acid composition and alpha-tocopherol in hen's egg yolk. – Journal of the Japanese Society of Nutrition and Food Science, 47, p. 23...27, 1994.
- Suzuki K., Omori T., Kawamura E. Change in ratio of omega 3 and omega 6 fatty acid in human plasma after intake of hen's egg rich in alpha-linoleate. – Journal of the Japanese Society of Nutrition and Food Science, 48, p. 271...275, 1995.
- Zhirong J., Sim J. Consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched eggs and changes in plasma lipids of human subjects. – Nutrition, 1993, 9, p. 513...518, 1993.
- Zilmer M., Vihalemm T., Kokassar U. Toit – antioksüdantsus, oksüdatiivne stress, ennetuslik tervisekaitse. – Tartu, 1995. – 71 lk.
- Teesalu S., Vihalemm T. Seedimine. Toitumine. Dieetid. – Tartu, 1993. – 212 lk.
- The 50 essential nutritional elements required for health. – Walton Feed home page, i.a. Internet <http://www.lis.ab.ca/walton/omega/50ele.html>
- The hearty egg is good for you. – World Poultry, Misset Volume 11, No. 4, p. 27, 29, 1995.
- The importance of eggs in a healthy diet. – Poultry International, 1997, September, p. 72...76.
- The importance of omega-3 fatty acids for adults and children. – Internet, 1998, <http://www.flaxcouncil.ca/flaxnutll.htm>
- The problems and practicalities of producing an omega (N)-3 fortified egg. – World Poultry, 12, 2, p. 39...43, 1996.
- There's nothing fishy about flaxseed oil. – Barley Organic Oils: Literature. – Internet, i.a. – <file://C:/dokumendid/flaxseedoil.htm>
- Thompson L. U., Seidl M. M., Rickard S. E. *et al.* Antitumorigenic effect of a mammalian lignan precursor from flaxseed. – Nutrition and Cancer, 26, p. 159...165, 1996a.
- Thompson L. V., Ricard S. E., Orcheson L. J., Seidl M. M. Flaxseed and its lignan and oil components reduce mammary tumor growth at a late stage of carcinogenesis. – Carcinogenesis, 17, p. 1373...1376, 1996b.
- Tohver V. Üldine biokeemia. – Tallinn: Valgus, 1977. – 924 lk.
- Tulisalo U. Rypsinviljelyn kehittyminen ja öljukasvilajikkeet. – Symposium Rypsin käyttö kotteläinten valkuaislähteenä. – Suomen maataloustieteellisen seuran Tiedote, 4, p. 1...9, 1984.
- Vatten L. J., Solvoll K., Loken E. B. Frequency of meat and fish intake and risk of breast cancer in a prospective study of 14,500 Norwegian women. – International Journal of Cancer, 46. p. 12...15, 1990.
- Viigimaa M., Dominiczak M. Preventiivkardioloogia. – Tartu, 1997. – 196 lk.
- Waldroup P. W., van Wallegghem P., Fry J. L. *et al.* Fish meal studies. Effects of levels and sources on broiler growth rate and feed efficiency. – Poultry Science, 44, p. 1012...1016, 1965.
- Walton Feed presents. Flax. – Internet, i.a. – <http://www.lis.ab.ca/walton/omega/flax.htm>
- Washburn K. W. Genetic variation in the chemical composition of the egg. – Poultry Science, 58, p. 529...535, 1979.
- We are what we eat. – World Poultry, 11, N2, p. 25, 1995.
- Weintraub M. S., Zechner R., Brown A. *et al.* Dietary polyunsaturated fats of the ω-6 and ω-3 series reduce postprandial lipoprotein levels. Chronic and acute effects of fat saturation on postprandial lipoprotein metabolism. – Journal of Clinical Investigation, 82, p. 1884...1893, 1988.
- Wellstead D. ISE turned to omega-3 eggs. – World Poultry, 12, 1, p. 50...51, 1996.
- Wessels J. P. H., Atkinson A., Merwe A., Swart L.G. Rations with fish meal and other additives vs. flavour of chickens. – In: Twenty-fifth Annual Report of the Director, Fishing Industry Research Institute, University of Cape Town. – Rondebush, p. 10...18, 1971.

- What are essential fatty acids, anyway? – Internet, 1998, <http://www.lis.ab.ca/walton/omega/ess-fat.htm>
- Wheeler P., Peterson D. V., Michaels G. D. Fatty acid distribution in egg yolk as influenced by type and level of dietary fat. – *Journal of Nutrition*, 1959, 69, p. 253...260, 1959.
- Wiseman J., Edmunds B. K., Shepperson N. The apparent metabolisable energy of sunflower oil and sunflower acid oil for broiler chickens. – *Animal Feed Science and Technology*, 1992, 36, p. 41...51, 1992.
- Yau J.-C., Denton J. H., Bailey C. A., Sams A. R. Customizing the fatty acid content of broiler tissues. – *Poultry Science*, 70 p. 167...172, 1991.