

*Maatalouden  
tutkimuskeskuksen  
julkaisuja*

S A R J A A

35

*Heikki Aro*

**Kananmunan  
moninaiskäytön  
kehittäminen**

**Kirjallisuuskatsaus**

*Heikki Aro*

---

# **Kananmunan moninaiskäytön kehittäminen**

**Kirjallisuuskatsaus**

**Multi-use of eggs**

**Literature review**

---

**Maatalouden tutkimuskeskus**

ISBN 951-729-513-8

ISSN 1238-9935

*Copyright*

Maatalouden tutkimuskeskus

Heikki Aro

*Julkaisija*

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

*Jakelu ja myynti*

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puh. (03) 4188 7502, telekopio (03) 418 8339

*Painatus*

Vammalan Kirjapaino Oy 1998

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

# Tiivistelmä

*Avainsanat: funktionaaliset ominaisuudet, kananmuna, kananmunatuotteet, keltuainen, non food, valkuainen*

Kananmuna on eräs kaikkein edullisimmista ihmisravinnoksi sopivista elintarvikkeista. Se sisältää runsaasti korkealaatuista proteiinia, arvokkaita kivennäis- ja hivenaineita sekä vitamiineja. Tästä syystä kananmuna käytettiin pitkään ravitsemuksellisenä standardina, johon verrattiin muiden elintarvikkeiden ravintosisältöä. Munalla on monia elintarvikkeiden valmistuksen kannalta tärkeitä funktionaalisia ominaisuuksia (vaahtoutuvuus, emulgoituvuus, koaguloituvuus jne) ja sitä voidaan säilyttää pitkäaikojakin aikoja sen ”oman pakkauksen” ja sisällön antimikrobisten yhdisteiden ansiosta.

Kuorikananmunan perinteisen elintarvikekäytön vähentyessä ovat tutkijat eripuolilla maailmaa ryhtyneet etsimään munalle vaihtoehtoisia käyttömuotoja. Tuotteistamisen mahdollisuuksia on monissa tutkimuslaboratorioissa selvitetty jo varsin pitkälle. Toistaiseksi kuitenkin vain muutama uusi sovellus on edennyt teollisen valmistuksen asteelle. Perimmäinen syy tähän lieinee hyvin yksinkertainen: kananmunan tuotantoketjun eri osapuolet ovat kukin

olleet tyytyväisiä kuorimunasta saamaansa kätteeseen. Halua uusien innovaatioiden hyödyntämiseen ovat lisäksi vähentäneet huonot kokemukset aiemmista tuotteistamisyrityksistä: kananmunajalosteet eivät ole saavuttaneet suuren yleisön suosiota.

Mahdolliset uudet kananmunatuotteet eivät kuitenkaan enää rajoitu pelkkään elintarvikekäyttöön. Hyödyntäjiä voisivat olla elintarviketeollisuuden ohella ainakin lääketiede ja lääkeaineteollisuus, kosmetiikkateollisuus, ravitsemustiede, erityisravintovalmiste-teollisuus sekä muut bioteknologiaa hyödyntävät teollisuudenhaarat. Mikäli jotain osaa munaraaka-aineesta ei pystytä em. sovelluksissa hyödyntämään, voidaan se mahdollisesti ohjata rehuteollisuuden tarpeisiin. Suomen kansainvälisen kilpailukyvyyn säilyttäminen vaatii suomalaisen osaamisen täysimääräistä hyödyntämistä. Keskeinen rooli tämän tavoitteen saavuttamisessa on suomalaisella huipputeknologialla. Kotimainen kananmuna tarjoaa yhden potentiaalisen raaka-ainelähteen uusiin bioteknisiin sovelluksiin.

## Abstract

---

*Key words: albumen, egg, egg products, functional properties, non-food, yolk*

---

The article contains a survey of the literature describing various old and new applications of the hen's egg. Eggs are among the most valuable foods for human consumption. Egg protein is recognized as one of the highest-quality proteins, and the egg is also valued as a source of several vitamins. The egg is therefore used as a nutritional standard by which other foods are judged. In addition, eggs have a combination of interesting functional properties. They contain complex antimicrobial substances and can easily be stored for long periods of time.

In recent years, eggs have been processed in large quantities for use as material for new industrial applications. Research-

ers all over the world have endeavoured to develop new egg products, but only a few applications have proceeded to industrial production. Moreover, almost all test marketing of egg products to consumers has been more or less unsuccessful.

However, eggs are no longer regarded only as food. They have various potential non-food applications, e.g. in the medical industry, and in biotechnology, which utilizes the biologically or biochemically active substances in the egg. The egg is recognized as a promising source of new biotechnological applications. Some of the waste materials can be used in animal feeding.

# Alkusanat

“Kananmunan moninaiskäytön kehittäminen” -projektin esiselvitysvaiheen aluksi tehtiin kirjallisuuskatsaus, jonka tavoitteena oli kartoittaa erilaisia sovelluksia, menetelmiä ja lopputuotteita, joissa raaka-ainelähteenä on käytetty kananmunaa tai sen osaa.

Nyt kädessäsi oleva selvitys perustuu lähestymistapaan, jossa lähdetään liikkeelle kokonaisesta kuorimunasta ja pyritään siirtymään järjestelmällisesti eteenpäin yhä pienempiin kananmunan osiin. Selvityksen apuna on käytetty kolmea kananmunan-alan perusteosta:

Burley & Vadehra: *The Avian Egg* (1989)

Sim & Nakai: *Egg Uses and Processing Technologies* (1994) ja

Stadelman & Cotterill: *Egg Science and Technology* (1986).

Lähtökohtana on pidetty sitä oletettavasta, että Suomi ei kansainvälisillä markkinoilla pärjää kananmunien bulkkituotajana. Sen sijaan Suomen maine maana, jossa

– kotieläinten elinolosuhteet ovat hyvät  
– terveystilanne moitteeton  
– tuotteet laadukkaita ja  
– teknologia korkeatasoista  
tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet ”Hi-TechEgg” -tuotteiden kehittämiseksi.

Selvitys jakautuu kolmeen osaan: lähtökohtatilanteen määrittämiseen sekä kananmunan elintarvike- ja non food -käytön sovelluksiin. Kaikkia osia on pääsääntöisesti käsitelty omana kokonaisuutenaan. Mahdolliset tuotannolliset, jalostukselliset tai kaupalliset yhtymäkohdat on kuitenkin pyritty huomioimaan.

Pääosa arvioista ja tehdyistä johtopäätöksistä perustuu niihin keskusteluihin, joita olen voinut käydä eri asiantuntijoiden ja asiantuntijaryhmien kanssa. Erityisen arvokkaita ovat olleet ne kananmunan teknologiaa koskevat asiakirjat ja kommentit, jotka olen saanut Scanegg Suomi Oy:ltä sekä ne antoisat keskustelut, joita olen voinut käydä Maatalouden tutkimuskeskuksen elintarviketeknologian laboratoriossa Jaakko Hiidenhovin ja Veikko Kankareen kanssa.

Jokioisilla 6.4.1998

*Heikki Aro*

# Sisällys

Tiivistelmä .....	3
Abstract .....	4
Alkusanat .....	5
I Lähtökohta .....	9
1 Taustaksi .....	9
1.1 Munat maailman, Euroopan ja Suomen markkinoilla .....	9
1.2 Suomalaisen kananmunantuotannon rakenne .....	9
1.3 Kananmunat ja kauppa .....	9
1.3.1 Kuorimunat .....	9
1.3.2 Munatuotteet .....	10
1.3.3 EU:n munakaupan erityispiirteet .....	11
1.4 Suomalaisen kananmunan tuotanto ja tulevaisuus .....	11
2 Kuorimuna – perusmuna .....	12
2.1 Miten ja millaisia munia tuotetaan? .....	12
2.1.1 Erilaiset tuotantoympäristöt .....	12
2.1.2 Erilaistettu ruokinta .....	13
2.1.3 Tulevaisuuden lainsäädäntötoimet? .....	13
3 Mitä kananmuna on? – Kemiallinen ja fysikaalinen karakterisointi .....	13
3.1 Vettä, proteiinia ja rasvaa .....	13
3.2 ”Moni kakku päältä kaunis...” .....	13
4 Missä munaraaka-ainetta voitaisiin hyödyntää? .....	16
II Kananmuna – elintarvike .....	17
1 Yleistä .....	
2 Kuorimuna .....	17
2.1 Miksi kuorimunia – miksi ei kuorimunia? .....	17
2.2 Kuorimunan imagon muokkaaminen .....	18
2.3 Modifioidut kuorimunat .....	18
2.3.1 Munien rasvahappokoostumuksen muokkaaminen ruokinnan avulla ...	19
2.3.2 Munien kolesteroli .....	20
2.3.3 Vitamiinien rikastaminen kananmuniin .....	20
2.3.4 Keltuaisen väriskaala .....	22
2.3.5 Kivennäisainesten rikastaminen ja muut sovellukset .....	22
3 Kuorimunien korvikkeet (jalosteet) .....	23
3.1 Mistä on kysymys? .....	23
3.1.1 Miksi kuorimunia pitäisi korvata? .....	24
3.1.2 Kuorimunan korvikkeiden riskit ja muut ongelmatekijät .....	24
3.1.2.1 Munankuoret – ongelma vai käyttökelpoinen raaka-aine? .....	24
3.2 Valkuaisen ja keltuaisen erottaminen .....	25
3.3 Kananmunamassat .....	25

3.3.1	Massojen käsittely ennen pakkaamista (puhdistus, homogenointi, pastörinti) .....	25
3.3.1.1	Pitkään säilyvät munatuotteet (Extended Shelf Life, ESL) .....	27
3.3.2	Modifioidut massat .....	27
3.3.2.1	Jotain lisää... .....	27
3.3.2.2	...ja jotain pois! .....	29
3.4	Kuivatut kananmunan korvikkeet .....	30
3.4.1	Millaisia ominaisuuksia kuivatuista tuotteista haetaan? .....	30
3.4.2	Millaisia ei-haluttuja muutoksia tapahtuu kuivausprosessissa? .....	32
3.4.3	Kolesterolin poisto kuivatuista tuotteista .....	32
3.5	Kuulopuheita ja hajahuomioita – trendikkäitä munatuotteita? .....	32
4	Kananmunan funktionaaliset ominaisuudet .....	33
4.1	Vaahtoa valkuaisesta .....	34
4.1.1	Parempaa vaahtoa? .....	35
4.2	Fluidista geeliksi – vai tapahtuiko pelkkä koaguloituminen? .....	36
4.2.1	Koaguloituminen ja geeliytyminen – veteen piirretty viiva .....	37
4.2.2	Kananmunan geelimuodostukseen osallistuvat proteiinit .....	38
4.2.3	Kananmunageelejä ja geelimäisiä tuotteita .....	38
4.3	Emulgoituminen .....	38
4.3.1	Valkuaisen emulgaattorit .....	39
4.4	Muita kananmunan funktionaalisia ominaisuuksia .....	39
4.4.1	Kiteytymisen säätely .....	39
4.4.2	Flavori .....	39
4.4.3	Värimuodostus .....	40
5	Elintarvikkeisiin tai non food –käyttöön – lesitiini, lysotsyymi vai joku muu? .....	40
5.1	Lesitiini .....	40
5.2	Lysotsyymi .....	40
5.2.1	Lysotsyymi – säilöntäaine .....	40
5.2.1.1	Lysotsyymin teho erilaisiin bakteerikantoihin .....	41
5.2.1.2	Erilaisia lysotsyymillä ”säilöttyjä” elintarvikkeita .....	41
5.2.1.3	Lysotsyymi ja juustot .....	41
5.2.1.4	Lysotsyymi lihatuotteissa .....	41
6	Mitä muuta munasta? .....	41
III	Kananmuna – non food -raaka-aine .....	43
1	Yleistä .....	
2	Non food –käytön historiaa ja perinteisiä sovelluksia .....	43
2.1	Kananmuna ja taide .....	43
2.2	Nahat ja turkikset .....	44
2.3	Kosmetiikka .....	44
2.4	Muita sovelluksia .....	44
3	Millainen on ”non food -kana”? .....	44
3.1	Moninaiskäyttökana... .....	45
3.2	...vai manipulaatiokana? .....	45
4	Kananmunan teknologinen fraktiointi ja fraktioiden hyödyntäminen .....	45
4.1	Valkuaisen fraktiointi non food -käyttöön soveltuviksi komponenteiksi .....	46
4.1.1	Lysotsyymin erotus .....	46
4.1.2	Avidiini, avidiini-biotiini .....	49



4.1.2.1 Avidiinin erotus munanvalkuaisesta .....	50
4.1.2.2 Avidiinin jatkopuhdistus bioteknologiaan sovelluksiin .....	50
4.1.2.3 Avidiini – streptavidiini .....	50
4.1.3 Avidiini-biotiini -teknologian käyttösovelluksia .....	50
4.1.4 Ovalbumiini .....	50
4.1.4.1 Ovalbumiinin erotus .....	51
4.1.5 Konalbumiini (ovotransferriini) – potentiaalia on, sovelluksia ei .....	51
4.1.5.1 Konalbumiinin erotus valkuaisesta .....	52
4.1.5.2 Olisiko konalbumiinille käyttöä? .....	52
4.1.6 Ovomukoidi – inhibiittori .....	52
4.1.7 Ovomusiini – erinomaisen epämieluisa erotettava .....	52
4.1.7.1 Ovomusiinin fraktiointi ja fraktioiden käyttö .....	52
4.1.8 Muut valkuaisen proteiinit .....	53
4.1.9 Valkuaiskierre (chalazae) .....	53
4.2 Keltaisen non food -käyttö – fosfolipidit vai joku muu fraktio? .....	53
4.2.1 Fosfolipidien erotusmenetelmiä .....	54
4.2.2 Yksittäisten fosfolipidien jatkopuhdistus .....	54
4.2.3 Plasman proteiinit – fosfatiinin erotus .....	54
4.3 Keltaistuotteiden käyttö – yhteenveto .....	54
5 Munijakanat – kävelevää bioteknologiaa? .....	55
5.1 IgY:n erotus- ja puhdistusmenetelmät .....	56
5.1.1 Millaisiin elintarvikkeisiin IgY:tä voitaisiin lisätä? .....	56
5.1.2 IgY ruuansulatuskanavassa .....	57
5.2 Geneettisesti modifioidut kanat – herääkö epäily? .....	57
6 Sekalaiset sovellukset .....	57
7 Yhteenveto .....	58

# I Lähtökohta

## 1 Taustaksi

### 1.1 Munat maailman, Euroopan ja Suomen markkinoilla

Kun Aasian viidakoiden alkuasukas n. 3500 vuotta sitten alkoi järjestelmällisesti kerätä viidakkolintujen munia omaksi ravinnokseen, hän tuskin arvasi kuinka tärkeän tulevaisuuden elintarviketeollisuuden haaran ensimmäisiä edustajia hän oli.

Kananmunaa käytetään elintarvikkeeksi kaikkialla maailmassa. Munantuotannon kokonaismääräksi vuonna 1994 on arvioitu 39,4 miljardia kiloa. Suurin munantuotajamaa on tällä hetkellä Kiina, jonka tuotantomäärä (vajaat 10 miljardia kiloa) vastaa noin 25 % koko maailman tuotannosta (Feed costs, exchange rates and the world egg market – an interim report 1996). Entisen Neuvostoliiton alueella tuotetaan noin 4,7 miljardia kiloa, USA:ssa noin 4,3 ja Japanissa noin 2,5 miljardia kiloa kananmunia vuodessa (Mulder et al. 1994, Munatuotekäsikirja 1996).

Euroopan unionin alueella vastaava luku on noin 5 miljardia kiloa, josta Suomen osuus on noin 1,5 % eli 75 miljoonaa kiloa (kuva 1).

Suomessa kulutus tasaantui 1980-luvulla 10–11 kg munia henkilöä kohti vuodessa (kuva 2). Vuosien 1982–1992 aikana kulutus väheni noin 5 % (Ravitsemuskertomus 1996).

Kun EU:n kananmunaomavaraisuudeksi arvioidaan 103 %, voidaan laskea Suomen koko tuotannon olevan noin puolet EU:n ylituotannon määrästä!

### 1.2 Suomalaisen kananmunantuotannon rakenne

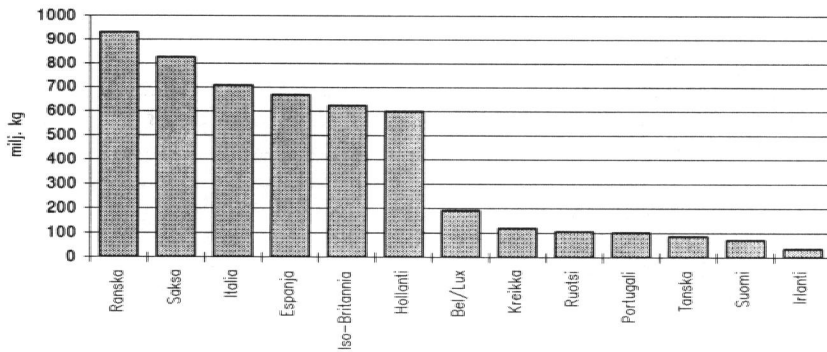
Vuonna 1995 Suomessa laskettiin olevan noin 4,2 miljoonaa munijakanaa, jotka tuottivat vuoden aikana noin 1,1 miljardia muna (75 milj. kg) (Tietovakka 1996). Munantuotanto on keskittynyt entisiin Turun ja Porin sekä Vaasan lääneihin, joiden alueella on lähes 80 % Suomen kanoista. Munantuotantoa tuotantosuuntana harjoittavia tiloja oli Suomessa vuonna 1990 runsaat 2000 ja näiden tilojen keskimääräinen kanaluku oli noin 1300. Kokonaiskanamäärästä noin 30 % oli alle tuhannen kanan ja vastaavasti noin 8 % yli 10000 kanan yksiköissä. Kanaloiden keskimääräinen kanaluku on noin 300–400 kanaa (Talpila & Isosaari 1996).

### 1.3 Kananmunat ja kauppa

#### 1.3.1 Kuorimunat

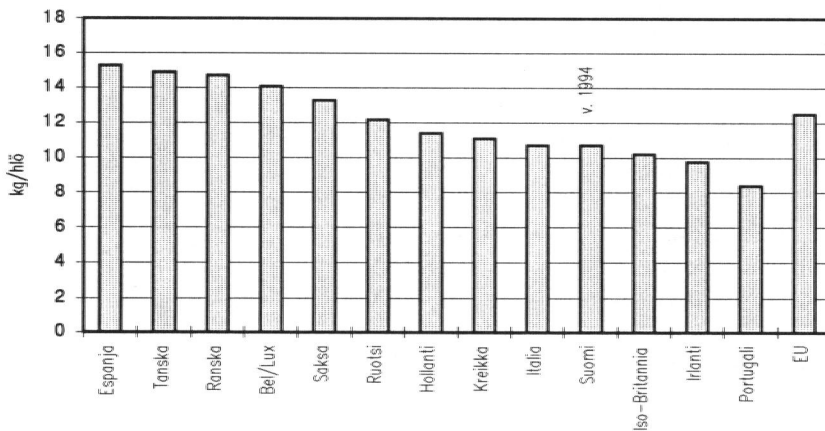
Kananmunien merkittävien (ja usein ainoa) markkinointimuoto ovat kuorimunat, joita myydään eri puolilla maailmaa joko kappaleittain tai kiloittain. Munijakanoista 1 190 000 munii ruskeita ja 1 210 000 valkeita munia (Sluis 1995) ja näyttää siltä, että ruskeiden munien osuus on edelleen hitaassa kasvussa. Syynä tähän pidetään ruskeiden rotujen antaman taloudellisen katteen nopeaa paranemista, johon on ensisijaisesti ollut vaikuttamassa menestyksenkäs kananjalostustoiminta. Lisäksi kuluttajat uskovat ruskeiden munien olevan maultaan parempia, ruskeiden kanojen luonnos-

### Kananmunien tuotanto EU-maissa, Suomessa ja Ruotsissa 1993



Kuva 1. Kananmunien tuotantomääriä eri EU-maissa 1993.

### Kananmunien kulutus EU:ssa 1993



Kuva 2. Kananmunien kulutus eri EU-maissa.

taan hyvinvoivia ja ”luonteeltaan iloisempia” (Sluis 1995).

Suomessa munista 85 % on valkoisia. Valkoisten munien etuna pidetään muun muassa kuluttajaa miellyttävää tasaisen valkeaa kuoren väriä ja hivenen matalampia tuotantokustannuksia.

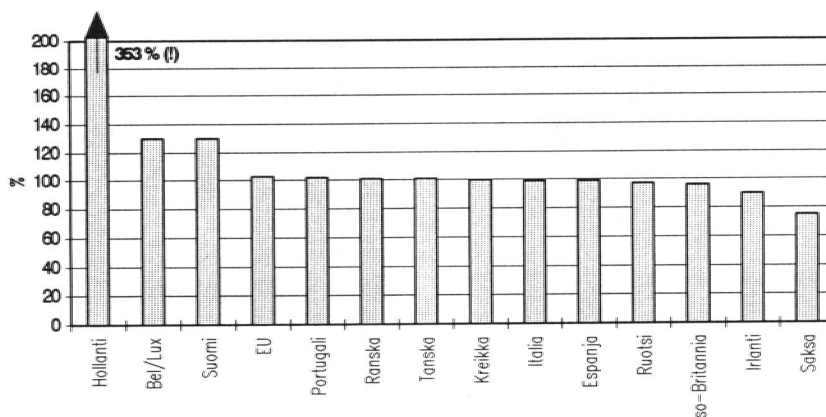
#### 1.3.2 Munatuotteet

Kananmunaa raaka-aineena käyttävä teollisuus voidaan jakaa kananmunajalosteita valmistavaan elintarviketeollisuuteen sekä non food -käyttöön tarkoitettuihin soveluksiin (lääkkeet, kosmetiikka, luontais-

tuotteet jne.). Näiden tuotantohaarojen osuus koko munankulutuksesta on ollut kuitenkin varsin pieni, vain noin 15–20 % koko munantuotannosta. Tuotteista 95 %:n on arvioitu olevan perinteisiä elintarviketuotteita ja vain 5 %:n menevän elintarviketeollisuuden ulkopuolisiin soveluksiin (Mulder 1994).

Paineita jalostusasteen nostamiseen luovat ensisijaisesti kuluttajien odotukset tuesta helpokäyttöisemmistä, turvallisemmista ja laadukkaammista elintarvikkeista. Todennäköisesti juuri tästä syystä kuorimunien kulutuksen kasvu on varsinkin länsimaissa pysähtynyt tai merkittävästi hidas-

### Kananmunien omavaraisuusaste EU-maissa, Suomessa ja Ruotsissa



Kuva 3. Kananmunantuotannon omavaraisuusasteita Euroopan eri maissa.

tunut ja kananmunatuotteiden osuus on vastaavasti kasvanut. Non food -soveluksista pisimmälle kehittyneitä ovat farmaseuttiseen ja biotekniseen käyttöön tarkoitettujen kananmunan osien fraktiointi-, puhdistus- ja konsentroitimenetelmät (Fairhurst 1994).

Edellä mainitun kahden ”peruskäyttömuodon” väliin jäävälle alueelle voidaan sijoittaa sovellukset, jotka liittyvät kananmunan käyttöön nk. funktionaalisen elintarvikkeena tai eräänlaisena ”tuotantotehtaana” esimerkiksi lääkeaineteollisuuden tarpeisiin (Verrinder Gibbins & Brazolot 1994).

#### 1.3.3 EU:n munakaupan erityispiirteet

Maataloustuotteiden yhteiset markkinat EU:n sisällä säätelevät myös eurooppalaisista munantuotantoa: hinta munamarkkinoilla määräytyy vapaan kilpailun mekanismilla eli kysynnän ja tarjonnan lain vaikutuksesta. EU:n maatalouspolitiikkaan olennaisesti kuuluvat tuet eivät munakauppaan juurikaan vaikuta, sillä sian- ja siipikarjanlihan sekä kananmunien tuotannossa EU:lla ei ole omia tukijärjestelmiä. Tuki perustuu pelkästään rehuna käytettävän viljan rajasuojaan. Viljan rajasuojan alentuessa alenee myös viljalla tuotettujen tuot-

teiden eli esimerkiksi kananmunien rajasuoja.

#### 1.4 Suomalainen kananmunan tuotanto ja tulevaisuus

Kananmunien omavaraisuusaste on Suomessa pysytellyt 120–130 % paikkeilla (kuva 3). Kun Suomen EU-jäsenyyden myötä tuotantoa rajoittaneet kansalliset sopimukset poistuivat, investoitiin tuotannon laajentamiseksi varsin voimakkaasti. Vaikeutuneessa ylituotantotilanteessa tuottajahinnat ovat pudonneet lähestulkoon kannattavuusrajalle. Vastaavasti viennin huono kannattavuus on lisännyt kilpailua kotimaan markkinoista ja laskenut edelleen kananmunien hintaa (Talpi & Isosaari 1996).

EU-jäsenyysneuvotteluissa sovittiin, että Suomi saa maksaa ”vakavien vaikeuksien tukea” eteläisen Suomen maataloudelle (ns. artikla 141). Perusteluina tuen hyväksymiselle Suomen tuli ensin toteennäyttää em. ”vakavat vaikeudet” sekä mitoitaa tuki niin, ettei sen voida katsoa antavan ylimääräistä kilpailuetua sen saajille (Talvela 1996). Heinäkuussa 1996 Suomi sai EU:n komissiolta luvan tukea kansallisin varoin eteläisen Suomen maataloutta em. artikla

141:n perusteella. Kotieläintalouden osalta tuki olisi kolmevuotinen ja investointipainotteinen eli kilo- ja litramääriin perustuvaa tukea ei kotieläintuotteille merkittävästi maksettaisi. Näin ollen myöskin tämä tukimuoto ”suosisi” munien jalostusasteen nostoa, eikä kilomääräisen kuorimunantuotannon kasvattamista.

## 2 Kuorimuna – perusmuna

### 2.1 Miten ja millaisia munia tuotetaan?

Pääosa maatiloilla tuotetuista kananmunista toimitetaan pakkaamoihin. Pakkaamoiden kautta kulkee Suomessa vuosittain noin 60 miljoonaa kiloa munia, suoramarkkinoinnin osuudeksi arvioidaan noin 10–12 miljoonaa kiloa (Elintarviketieto 1995). Pakkaamot luokittelevat munat ennen pakkausta ja toimittavat ne edelleen vähittäismyyjille. Munia ei maatiloilla juurikaan jalosteta eteenpäin (vrt. maito, vilja). Eri tuotantomuodoista (kts. 2.1.1) tulevat munat pidetään yleensä pakkaamoissa erillään.

Tuottaja tekee ehkä merkittävimmän ”linjavalinnan” valitessaan kanalaansa joko ruskeita (esimerkiksi Isabrown) tai valkeita (White Leghorn) munia tuottavia kanoja. Suomessa suurin osa munista on valkeita. Eri väristen munien fyysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet eivät merkittävästi eroa toisistaan.

EU-alueella, erityisesti Hollannissa, pakkaamoita on perustettu suurten kanaloiden yhteyteen. Tällöin tuottaja saa pakkaamon arvonnäkönsä ja hyötyy lisäksi kuljetuskustannuksissa.

#### 2.1.1 Erilaiset tuotantoympäristöt

Kuorimunien erilaistaminen perustuu käytännössä tuotantoympäristön erilaistamiseen. Suurin osa munista (Suomessa n. 90 %) tuotetaan tällä hetkellä häkki-

kanaloissa (Tengvall 1996), joissa häkkien vähimmäiskoko määritellään lainsäädännöllä (Suomessa 480 cm<sup>2</sup>/kana). Myös niin kutsuttuja suurhäkkeitä on kokeiltu. Häkkikanaloissa tuotantoyksiköt on yleensä pitkälle automatisoitu: optimoitu lämpötila, ilmankosteus, ilmanvaihto sekä optimoitu rehunkulutus ovat perustana suhteellisen korkealle vuotuiselle munantuotannolle (270–280 munaa/kana/vuosi). Häkkikanaloissa munat pysyvät puhtaina, tautiriski vähenee ja hoitotyö helpottuu.

Häkkikanaloita on voimakkaasti arvosteltu eläinsuojelullisista syistä. Myös tieteellisin keinoin on selvitetty häkkihoidon mahdollisia negatiivisia vaikutuksia: häkkikanojen stressiä on tutkittu mittaamalla keltuaisen katekolamiinien (eli adrenaliini, noradrenaliini ja dopamiini) määrää. Eri-laisten stressitekijöiden (esim. liian suuri eläintiheys) on havaittu nostavan varsinkin adrenaliinin määrää kanojen veressä (Moudgal 1990).

Kun puhutaan vaihtoehtoisista tuotantomuodoista, viitataan useimmiten lattiakanaloihin. Lattiakanalassa kanat liikkuvat vapaasti (lattia)tasossa, joka on ainakin osittain katettu esimerkiksi sahanpurulla tai kutterinlastuilla. Kanat munivat pesiin ja kanoille voidaan järjestää mahdollisuus päästä ulkoilmaan.

Avokanala on tavanomaisesta lattiakanalasta kehitetty, hoitotyön kannalta helpompi ratkaisu, jossa lattiapinta-alasta 2/3 on ritilää ja 1/3 pehkuja ja jonka sisustus on suunniteltu tietyn kaavan mukaisesti (Mäkelä 1995).

Luomukanaloissa kanat liikkuvat vapaasti, syövät luomurehua, munivat pesiin ja yöpyvät orsilla. Lisäksi ulkotarhan tilavuudelle on omat määräyksensä.

Näiden hoitomuotojen lisäksi voidaan puhua vielä ainakin IP- (= integroitu tuotanto, integrated production) ja ekologisesta munantuotannosta, joille määritellään omat vaatimuksensa hoidon, rehun, ulkotarhan jne. suhteen.

EU:n alueella vaihtoehtotuotanto on yleisintä Iso-Britanniassa, jossa sen osuudeksi on arvioitu 18 % koko tuotannosta.

Espanjassa vastaava luku on 16 %, Hollannissa 15 % ja Tanskassa 12 %. EU:n keskiarvoksi on laskettu 8,6 % (Heikkilä 1994).

## 2.1.2 Erilaistettu ruokinta

Modifioituilla munilla tarkoitetaan yleensä normaaleja kuorimunia, joissa keltuaisen tai valkuaisen kemialliseen koostumukseen on vaikutettu muokkaamalla kanojen ravinnon sisältöä. Näin voidaan muokata esimerkiksi rasvahappokoostumusta, vitamiini- ja/tai kivennäisainemäärää sekä jossain määrin kolesterolin määrää.

## 2.1.3 Tulevaisuuden lainsäädäntötoimet?

Häkkikanala on tuotantokustannuksiltaan edullisin, mutta sitä pidetään kanojen luonnollisen käyttäytymisen kannalta ongelmallisena. Tästä syystä Sveitsissä, Ruotsissa ja Suomessa on ryhdytty lainsäädäntötoimiin häkkikanaloiden kieltämiseksi. Sveitsi kielsi häkkikanalat vuonna 1992 ja Ruotsin eläinsuojelulain mukaan häkkikanalat kielletään vuoden 1999 alusta.

Suomessa eduskunta päätti varsin värikäiden vaiheiden jälkeen kieltää häkkikanalat vuodesta 2005 alkaen, ellei muualla EU:ssa tai Pohjoismaissa tapahtuva kehitys puolla pitempää siirtymäaikaa (Kaarilahti 1996, Tengvall 1996).

# 3 Mitä kananmuna on? – Kemiallinen ja fysikaalinen karakterisointi

Kananmuna on eräs kaikkein edullisimmista ihmisravinnoksi sopivista elintarvikkeista. Se sisältää runsaasti korkealaatuista proteiinia, arvokkaita kivennäis- ja hivenainei-

ta sekä vitamiineja. Tästä syystä kananmuna käytettiin pitkään ravitsemuksellisenä standardina, johon muiden elintarvikkeiden ravintosisältöä verrattiin. Munalla on monia elintarvikkeiden valmistuksen kannalta tärkeitä funktionaalisia ominaisuuksia (vaahtoutuvuus, emulgoituvuus, koaguloituvuus, jne.) ja sitä voidaan säilyttää pitkäkköjäkin aikoja sen ”oman pakkauksen” ja sisällön antimikrobisten yhdisteiden ansiosta (Burley & Vadehra 1989).

## 3.1 Vettä, proteiinia ja rasvaa

Kananmuna koostuu kuoresta (10 %), valkuaisesta (60 %) ja keltuaisesta (30 %) eli munan koko painosta noin 90 % soveltuu elintarvikeraaka-aineeksi. Jakauma vaihtelee jonkin verran rodun, kanan iän, munan iän, varastoinnin ja ruokinnan vaikutuksesta.

Taulukossa 1 on esitetty kananmunan kemiallinen koostumus ja kuvassa 4 on halkileikkaus tuoreen munan rakenteesta.

Kananmunan rakenteeseen ja koostumukseen liittyviä seikkoja käsitellään tarkemmin kananmunan fraktiointimenetelmiä –luvussa.

## 3.2 ”Moni kakku päältä kaunis...”

Kuorimunien laatua on pyritty arvioimaan monin erin tavoin. Yksiselitteisen määrittelymän löytäminen hyvälaatuiselle kananmunalle on kuitenkin lähes mahdotonta: kuluttajat arvostavat kananmunissa erilaisia ominaisuuksia ja toisaalta munia käytetään erilaisiin, toisistaan poikkeaviin käyttötarkoituksiin.

Kaupallisesti ”hyvälaatuisina” voidaan pitää sellaisia kananmunia, jotka täyttävät seuraavat kriteerit (Stadelman 1986, Webb 1987, Munatuotekäsikirja 1996):

1. Munien koko, muoto ja kuoren väri ovat suhteellisen samanlaisia.
2. Munat eivät ole heikkokuorisia ja/tai sä-

**Taulukko 1.** Kananmunan kemiallinen koostumus.

Kananmunan koostumus	(sisältö/100 g)		
	Koko muna	Valkuainen	Keltuainen
Kuiva-aine (g) *	25,3	10,7	50,8
proteiini	12,0	9,5	16,4
rasva	12,3	0,0	34,1
tydyttynttä	4,5		11,7
monotydyttym.	5,4		14,5
polytydyttym.	1,7		4,5
kolesteroli	0,49		1,37
hiilihydraatti	0,9	0,8	0,6
kivennäisaineet	1,00	0,7	1,7
Rasvahapot (g) *	Koko muna	Valkuainen	Keltuainen
8 : 0 kapryyli	0,6		0,15
10 : 0 kapriini	0,2		0,42
12 : 0 lauriini	0,6		0,13
14 : 0 myristiini	0,4		0,15
14 : 1 myristoleiini	0,1		0,3
16 : 0 palmitiini	3,0		8,0
16 : 1 palmitoleiini	0,47		1,3
18 : 0 steariini	0,97		2,5
18 : 1 öljyhappo	4,9		13,2
18 : 2 linoli	1,6		4,1
18 : 3 linoleeni	0,3		0,7
20 : 0 arakidiini	0,4		0,12
20 : 4 arakidoni	0,8	0,63	0,29
22 : 0 beheeni	0,11		0,31
Kivennäisaineet**	Koko muna	Valkuainen	Keltuainen
Natrium (mg)	138	152	49
Kalium (mg)	130	137	90
Kalsium (mg)	40	5	100
Magnesium (mg)	13	9	14
Fosfori (mg)	210	1	540
Rauta (mg)	2,0	0,02	5,5
Kupari (mg)	0,07	0,16	
Sinkki /mg)	1,4	0,02	3,8
Jodi (ug)	21	1,9	57
Mangaani (mg)	0,05		0,097
Kromi (ug)	0,69		2
Seleeni (ug)	23,5		30
Nikkeli (ug)	11,1	0,6	4
Aminohapot (g) *	Koko muna	Valkuainen	Keltuainen
alaniini 0,64	0,58	0,79	
arginiini	0,77	0,56	1,14
asparagiinihappo	1,2	1,09	1,3
kystiini 0,27	0,3	0,26	
glutamiinihappo	1,49	1,32	1,82
glysiini 0,39	0,33	0,48	
histidiini	0,28	0,21	0,4
isoleusiini	0,6	0,51	0,81
leusiini 1,00	0,83	1,38	
lysiini 0,85	0,66	1,2	
metioniini	0,39	0,39	0,38
fenylalaniini	0,57	0,55	0,62
proliini 0,55	0,45	0,64	
seriini 0,92	0,64	1,3	
threoniini	0,6	0,42	0,81

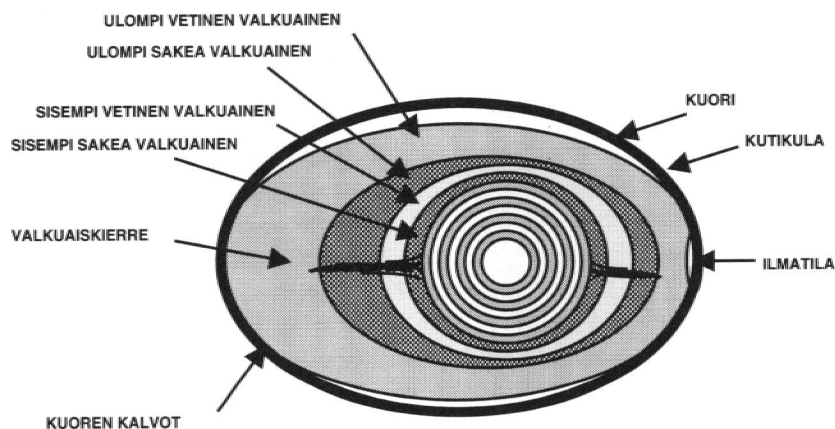
**Taulukko 1. (jatkoa)**

Vitamiinit **	Koko muna	Valkuainen	Keltuainen
A (IU)	211	0	620
D (IU)	36*	0	4*
E (mg)	1,8	0	5,4
K (mg)	0,05	0	0,147
B12 (ug)	2,00	0	3,34
biotiini (ug)	25	0	60,00
koliini (mg)	820	tr	1110*
foolihappo (ug)	21	7,00*	51,00
inositoli (mg)	15*	0,00*	0,34*
niasiini (mg)	0,05	0,08	0,03
pantoteenih. (mg)	1,6	0,2	4,4
pyridoksiini (mg)	0,14*	tr*	0,35*
B2, riboflaviini (mg)	0,45	0,45	0,4
B1, tiamiini (mg) *	0,07	tr*	0,22

Energiasisältö **	Koko muna	Valkuainen	Keltuainen
Energiaa (kJ)	650	192,0	1534

\*Cotteril et al. (1977) \*\*Levnedsmiddelstyrelsen (1989)



**Kuva 4.** Halkileikkaus tuoreesta kananmunasta.

röisiä, eivät sisällä veripilkkuja, eikä niiden valkuainen ole vetistynyt.

- Munat eivät sisällä vieraita aineita (saasteet, ympäristömyrkyt yms.), eivätkä bakteereja.

Lisäksi keltuaisen tulee olla keskittynyt valkuaisen keskelle ja keltuaisen värin on täytettävä arvioijan asettamat kriteerit.

Käytännössä kuorimunien laatua arvioidaan kahdella tavalla. Läpivalaisulla voidaan havaita esimerkiksi kuoren laadun

poikkeamat, mahdolliset sulkeumat sekä keltuaisen siirtymät. Läpivalaisutekniikka on nopea eikä vahingoita munaa, mutta vaihtelut eri laitteiden välillä saattavat olla suuria (Burley & Vahedra 1989).

Toinen tapa on kerätä arvioitavasta munaerästä edustava näyte, rikkoo munat ja analysoida niiden sisältö. Valkuaisen laadun arviointiin käytettävistä menetelmistä käytetyin lienee niin sanottu Haugh -luku (Haugh 1937).



## 4 Missä munaraaka-ainetta voitaisiin hyödyntää?

Kananmunan perinteisen elintarvikekäytön vähentyessä ovat tutkijat eri puolilla maailmaa ryhtyneet etsimään munalle vaihtoehtoisia käyttömuotoja. Tuotteistaminen on todennäköisesti monissa tutkimuslaboratorioissa edennyt jo varsin pitkälle, mutta tuotteiden markkinoille tulo etenee kuitenkin edelleen varsin hitaasti.

Uudet tuotteet eivät enää rajoitu pelkään elintarvikekäyttöön. Kananmunien

hyödyntäjiä voisivat olla elintarviketeollisuuden ohella ainakin lääketiede ja ravitsemustiede, erityisravintovalmisteteollisuus, lääkeaineteollisuus sekä muut bioteknologiaa hyödyntävät teollisuudenhaarat. Mikäli jotain osaa munaraaka-aineesta ei pystytä mainituissa sovelluksissa hyödyntämään, voidaan se mahdollisesti ohjata rehuteollisuuden tarpeisiin.

Suomen kansainvälisen kilpailukyvyyn säilyttäminen vaatii suomalaisen osaamisen täysimääräistä hyödyntämistä. Keskeinen rooli tämän tavoitteen saavuttamisessa on suomalaisella huipputeknologialla. Kotimainen kananmuna tarjoaa yhden potentiaalisen raaka-ainelähteen lukuisiin teknologisiin sovelluksiin.

# II Kanamuna – elintarvike

## 1 Yleistä

Suurin osa munista markkinoidaan Suomessa yleensä IA- ja IB-luokan kuorimunina. Kuorimunista ylijäävä osuus sekä tarkastuksen läpäissyt osa heikkolaatuisista munista (esim. särömunat) jalostetaan säilyvyyden parantamiseksi eteenpäin. Keskeisiä menetelmiä ovat kuivaus ja pakastus. Jalosteita voidaan tehdä joko kokomunamassasta tai valkuaisesta ja keltuaisesta erikseen.

Selvityksen tässä osassa tarkastellaan kananmunien elintarvikekäyttöön liittyviä sovelluksia. Tarkastelu alkaa kuorimunista ja pyrkii etenemään järjestelmällisesti yhä pienempiin munan osiin.

Kuluttajat käyttävät nykyisin vain noin 10 % tuloistaan elintarvikkeiden ostoon. Samalla elintarvikesektorin sisällä käydään ankaraa kilpailua eri tuotteiden välillä. Eräs tyypillinen esimerkki tästä kilpailusta on aamiaiskäyttöön tarkoitettujen viljapohjaisten murotuotteiden myynnin kasvu perinteisten kananmunien kustannuksella (Richardsson 1993).

Lopullisista ostopäätöksistä jopa 80 % tapahtuu tuotteen myyntipaikalla. Houkuttelevan pakkauksen (tuotteen herkullisuus, tarjoiluohjeet jne.) ohella ostopäätökseen vaikuttaa ratkaisevasti tuotteen synnyttämä mielikuva (Dancing Eggs 1995).

Positiivisen mielikuvan syntyy vaikuttaviksi tekijöiksi nimitään ainakin

- kilpailevia tuotteita parempi tuoteseloste
- selkeästi myyntihetkellä ilmenevä tuotteen korkealaatuisuus
- tuotteen silmiinpistävän epätavallinen ulkonäkö
- tuotteen herkullisuudesta kertova myyntipöytä

- helppotajuinen hinnoittelu
  - itse myyntitapahtumaan liittyvä myyntituki
  - vähittäismyyjän motivoituneisuus.
- Kanamuna elintarvikkeena ei ehkä kaikin osin kykene täyttämään yllä olevia kriteerejä.

## 2 Kuorimuna

### 2.1 Miksi kuorimunia – miksi ei kuorimunia?

Suomalaisten kuluttajien mielestä hyvien kananmunien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat tuoreus, hyvä maku, sopiva koko ja kotimaisuus (Elintarviketieto 1995). Suomalaisista miehistä noin joka kolmannen ja naisista noin joka viidennen arvioidaan syövän vähintään kolme kananmunaa viikossa (Ravitsemuskertomus 1996).

Erilaiset kuluttajatutkimukset maailmalta saattavat antaa viitteitä myös suomalaisten kuluttajien käyttäytymiselle: englantilaiset kotiäidit pitivät häkkikanaloissa tuotettuja munia ”tavallisina kananmunina”. Ostopäätökset tehtiin muiden seikkojen kuin tuotantomuodon perusteella. Kanamunaa pidettiin ravitsemuksellisesti arvokkaana, monipuolisena, nopeana ja ”helppona” elintarvikkeena. Useimmat tutkimukseen osallistuneista joko keittivät tai paistoivat munat tai käyttivät niitä esimerkiksi omelettien valmistukseen. Suurin osa kävi päivisin töissä kodin ulkopuolella, jolloin aikaa ei enää riittänyt esimerkiksi leivontaan. Tärkeänä pidettiin sitä, että lapset opetettiin syömään kananmunia jo hyvin varhain. Mielenkiintoinen havainto oli myöskin se, että munia ei juurikaan miel-

letty eläinperäisiksi elintarvikkeiksi (Wellstead 1995).

Cornellin yliopistossa tutkittiin 1960-luvulla syitä kananmunankulutuksen nopeaan laskuun. Kuluttajat totesivat vähentäneensä kananmunien käyttöä seuraavista syistä:

1. Ajanpuute. Kananmunia pidettiin aamiaiseen kuuluvana elintarvikkeena ja perheissä, joissa kummatkin aviopuolisot kävivät töissä, ei yksinkertaisesti ollut aikaa valmistaa munia.

2. Lapset ja teini-ikäiset eivät välittäneet kananmunista.

3. Säännöllisten kahvituntien takia tukevaa aamiaista ei enää pidetty välttämättömänä.

4. Munaruokia pidettiin ”sotkuisina”: munankeltuainen tarttui haarukoihin, veitsiin, paistinpannuihin jne. aiheuttaen näin ylimääräistä työtä.

Munan sisältämää kolesterolia pidettiin jossain määrin ongelmallisena, mutta käytön hankaluuteen liittyvät pulmat näyttivät kuitenkin olevan pääasiallinen syy kulutuksen laskuun (Baker 1994).

Vastaavissa tutkimuksissa ongelmaksi on lisäksi koettu rasvan korkea määrä sekä erityisesti tyydyttyneen rasvan suuri osuus kananmunassa (Zeidler et al. 1995). Vegetarismien lisääntyminen on myöskin saattanut vähentää kuorikananmunien kulutusta (Hunton 1995).

Erilaiset allergiat liitetään usein kananmunan käytön ongelmiin. Usein allergiset reaktiot aiheutuvat monien eri ruoka-aineiden (esim. sitrushedelmät, vehnä, kala jne.) yhteisvaikutuksesta.

Perinteisesti munan allergeenit on yhdistetty valkuaisen proteiineihin, joskin myös keltuaisesta on eristetty potentiaalisia allergian aiheuttajia (Burley 1989). Kananmuna-allergian arvioidaan olevan imeväisikäisillä varsin yleistä, mutta se näyttäisi häviävän iän karttuessa (Hannuksela 1987).

Kuorimunien salmonellaa ei Suomessa pidetä kovin suurena ongelmana. Suomessa ylläpidetään omaa salmonellan valvontaohjelmaa, jolla pyritään estämään saastumi-

nen kaikissa tuotantoketjun vaiheissa. Ketjun kriittisiä pisteitä seurataan säännöllisesti ja mikäli kontaminaatio havaitaan, käynnistetään vastatoimenpiteet välittömästi (Hirn et al. 1995).

## 2.2 Kuorimunien imagon muokkaaminen

Saksalainen Ovotherm-yhtiö on ideoinut ja tuonut kaupallisille markkinoille uusia kuorimunan markkinointitapoja: ”Dancing eggs” -munia markkinoidaan läpinäkyvisissä pakkauksissa, joissa munien määrää vaihtelee. Pakkauksissa käytetään erilaisia mainostekstejä, kuten esimerkiksi ”Tuoreita, Hyviä, Kokonaisia”. Lisäksi pakkauksesta selviää munien vitamiini-, kivennäisaine- ja hivenainesisältö.

Tarjolla on lisäksi gourmet-pakkauksia, joissa on kaksi valkoista, kaksi ruskeaa ja ”silmäniloksi” kaksi sinistä tai vihreää muna. Jouluaikaan voidaan läpinäkyvään pakkaukseen sijoittaa kaksi munanmuotoista kynttilää.

Pieniä munia markkinoidaan positiivisilla ominaisuuksilla ja mielikuville: vahva kuori, kiinteä keltuainen, vähäisempi kolesterolin määrä ja hyvä maku yhdistetään mielikuvaan nuoruudesta, reippaudesta, keveydestä ja energisyydestä (Dancing Eggs 1995).

## 2.3 Modifioidut kuorimunat

Tärkeimpänä tekijänä, joka vaikuttaa kananmunan koostumukseen pidetään kanan ikää. Muutokset perustuvat pitkälti valkuaisen ja keltuaisen keskinäisen suhteen muuttumiseen kanan ikääntyessä (nuoren kanan muna sisältää suhteessa vähemmän keltuaista). Myöskin perintö- ja ympäristötekijöillä on havaittu olevan vaikutusta munan sisältöön.

Useimmissa tapauksissa kanojen ravinnon koostumuksen muuttaminen ei vaikuta merkittävästi munien kemialliseen koostumukseen. Tästä säännöstä on kuitenkin

**Taulukko 2.** Keltuaisen rasvahappokoostumuksen muokkaaminen ruokinnalla.

Keltuaisen rasvahappokoostumus (% rasvassa)							
	Kiiskinen *		Jiang & Sim**		Ferrier***		
	5 % pellava- öljy	perus- rehu	15 % pellavan- siemen	perus- rehu	20 % pellavan- siemen	perus- rehu	
Rasvahappo							
18:2ω6	linoli	13,9	12,1	12,1	11,6	11,7	9,5
18:3ω3	linoleeni	7,5	0,4	5,8	0,9	8,2	0,3
20:4ω6	arakidoni	0,8	1,4	1,3	2,0	0,5	0,9
20:5ω3	EPA	0,3	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0
22:6ω3	DHA	1,6	1,0	2,7	1,5	0,7	0,2
ω3	yhteensä	9,5	1,5	9,1	2,6	9,1	0,5
ω6	yhteensä	14,9	14,2	13,4	13,6	12,9	11,6
ω6/ω3		1,6	9,5	1,5	5,3	1,4	24,6

\*Kiiskinen et al. (1996)

\*\*Jiang, &amp; Sim (1994)

\*\*\*Ferrier et al. (1994)

olemassa muutamia poikkeuksia, joista ehkä mielenkiintoisimmat liittyvät munien rasvahappokoostumuksen ja kolesterolin määrän muokkaamiseen.

### 2.3.1 Munien rasvahappokoostumuksen muokkaaminen ruokinnan avulla

Kuluttajien alati kasvava tietoisuus ravinnon vaikutuksesta ihmisen terveyteen luo pohjan tarpeelle jalostaa entistä terveellisimpiä elintarvikkeita. Nykyravintosuositusten mukaan kokonaisrasvan, tyydyttyneen rasvan ja kolesterolin määrää tulisi vähentää ja samalla lisätä mono- ja polytydyttymättömän rasvan osuutta.

Ravinnon rasvoista erityisesti ns. ω-3-rasvahappojen on havaittu vähentävän altistumista sydän- ja verisuonisairauksille. Lisäksi niiden uskotaan vaikuttavan aivot toimintaan sekä näkökykyyn (Ferrier et al. 1994).

Lukuisissa viimeaikaisissa tutkimuksissa on havaittu, että lisäämällä rehuihin kasviöljyä tai sen raaka-ainetta voidaan tiettyjen rasvahappojen määrää munassa lisätä. Erityisesti ihmiselle välttämättömän linoleenihapon (18:3ω3) määrä voidaan jopa monikymmenkertaistaa.

Taulukossa 2 on vertailtu keltuaisen rasvahappokoostumusta viiden ravitsemuksen kannalta keskeisen rasvahapon osalta, kun kanoille on annettu joko normaalia perusrehua tai rehua, johon on lisätty pellavansiementä tai -öljyä.

Taulukosta voidaan havaita ω6/ω3-rasvahappojen suhteen muuttuneen kaikissa näissä tutkimuksissa huomattavasti. Ihmisen ravitsemuksen kannalta optimaalisena 6/3-arvona pidetään suhdetta 5:1 kun se tällä hetkellä tyypillisessä länsimaisessa ruokavaliossa on luokkaa 25:1 (Farrell 1995). Lisäksi on merkillepantavaa, että missään näistä tutkimuksissa ei havaittu muutoksia kanojen munintaprosentissa, kuolleisuudessa eikä munien sisäisessä laadussa. Lisäksi keltuaisen kolesterolin määrän havaittiin pudonneen arvosta 1,32 % arvoon 1,18 (Kiiskinen et al. 1996). Rottakokeissa (28 päivän ruokintakoe) todettiin veren plasman kokonaiskolesterolitason olevan perusrehulla ruokittujen rottien ryhmässä noin 85 mg/100ml, kun sen pellavarikas-teella todettiin olevan noin 67mg/100 ml (Jiang & Sim 1994).

Rasvahappokoostumusta voidaan tehokkaasti muokata myös kalaöljyrikasteilla rehuilla. Eikosapentaenihappoa (EPA, 20:5ω3) ja dokosaheksaenihappoa

(DHA, 22:6 $\omega$ 3) pidetään ravitsemuksellisesti erittäin arvokkaina. Niiden ongelmana on voimakas hapettumisherkkyyks, joka aiheuttaa kananmunassa virhemakua sekä säilyvyysongelmia (Kiiskinen et al. 1996).

Siten "ö3-munia" voitaisiin suositella ainakin sellaisille henkilöille, jotka kuuluvat sydän- ja verisuonisairauksien riskiryhmiin sekä lisäksi vastasyntyneille ja vanhuksille, joilla DHA:n ja arakidonihapon tarve on suurempi kuin muilla ryhmillä (Wellstead 1995).

Japanin kananmunamarkkinoilla myytiin vuonna 1995 yli 1000 tonnia ISE Foods Incorporation -yhtiön "ISE omega-3" -munia. Munat sisältävät 13 mg EPA:a, 200 mg DHA:ta ja 10 mg E-vitamiinia. Kahdessa japanilaisessa sairaalassa tehdyissä tutkimuksissa on selvinnyt, että syömällä yhden tällaisen munan päivässä, veren kolesterolitaso putosi 20 %. Samaan aikaan HDL-taso kohosi selvästi.

Myynnin rahalliseksi arvoksi arvioitiin noin 50 miljoonaa USA:n dollaria (Wellstead 1996).

### 2.3.2 Munien kolesteroli

Kuorimunien kulutuksen laskun ehkä merkittävimpanä syynä on pidetty munien sisältämän kolesterolin määrää. Viimeaikaiset tutkimukset osoittavat kuitenkin selvästi sen, että ravinnon sisältämän kolesterolin määrä ei sinällään ole suoraan yhteydessä alttiuteen sairastua sydän- ja verisuonisairauksiin. Olennaisimmaksi asiaksi on sen sijaan osoittautunut ravinnon sisältämän kolesterolin ja tiettyjen rasvahappojen keskinäiset määräsuhteet. Tältä pohjalta ongelmallisena pidetään sellaista rasvaa, joka kolesterolin ohella sisältää runsaasti tyydyt-tyneitä rasvahappoja, erityisesti myristiini-, lauriini- ja palmitiinihappoa.

(Miksiköhän kolesterolisisältö ilmaistaan usein mg/*munassa*? Onhan suuri ero, onko kolesterolia 250 mg 45 g:n munassa tai 65 g:n munassa?!) (Codoney et al. 1995).

Kananmunan kolesterolin yhteyttä lisääntyneeseen sydän- ja verisuonisairausris-

kiin on tutkittu runsaasti viime vuosikymmeninä. Samaan aikaan on tehty paljon kokeita, joissa on yritetty vähentää munan kolesterolin määrää kanan ruokintaa muuttamalla. Nämä yritykset eivät kuitenkaan aina ole tuottaneet kovin hyviä tuloksia: esimerkiksi suuret määrät monityydytymättömiä rasvoja kananrehussa laskevat kanan *veren* kolesterolia, mutta nostavat *keltuaisen* kolesterolin määrää. Tämän uskotaan johtuvan siitä, että keltuainen toimii kolesterolin varastopaikkana. Sen sijaan kohtuullinen kasviöljylisäys rehussa näyttäisi vähentävän keltuaisen kolesterolin määrää.

Kuvassa 5 on esitetty kanan kolesterolin biosynteesin reaktioreitti. Kuvasta voidaan havaita, että synteesissä vaikuttaa ainakin seitsemän eri geenä. Tästä syystä myöskin jalostukselliset keinot munan kolesterolin alentamiseksi ovat rajallisia (Burley & Vadehra 1989).

Lisäksi luonto pyrkii tasaamaan munan koostumuksen muutoksia: kolesteroli on olennainen osa kananmunaa ja samalla välttämätön yhdiste jälkeläistuotannossa (kolesterolia tarvitaan mm. solunseinien muodostuksessa sekä sappihappojen ja sukupuolihormonien valmistuksessa) (Washburn 1979, Jiang & Sim 1994).

Jo 1970-luvulla havaittiin, että tehokaimmin kolesterolin määrää keltuaisessa voidaan vähentää erilaisilla lääkeaineilla. Ongelmaksi muodostuvat sivuvaikutukset: muninta vähenee, syntyy haitallisia sivutuotteita ja kanan hormonitasapaino saattaa heilahdella. Sen sijaan näyttää siltä, että margariiniteollisuuden nykyisin hyödyntämä sitosteroli alentaisi keltuaisen kolesterolin määrää ilman ei-toivottuja sivuvaikutuksia (taulukko 3).

### 2.3.3 Vitamiinien rikastaminen kananmuniin

Vitamiinit jaetaan rasvaliukoisiin A-, D-, E- ja K-vitamiineihin ja vesiliukoisiin C- ja B-vitamiineihin. Kananmuna sisältää mitattavia määriä kaikkia muita paitsi C-vitamiinia. Kaksi kananmunaa sisältää puo-

Asetaatti → Hydroksimetyyli-  
glutaryyli-CoA (HMG-CoA)

↓ ← HMG-CoA reduktaasi ← geenit

Melavonihappo

↓ ← entsyymit ← geenit

Skualeeni

↓ ← entsyymit ← geenit

denaturoituminen

↓ ← entsyymit ← geenit

syklisoituminen

↓ ← entsyymit ← geenit

Lanosteroli

↓ ← entsyymit ← geenit

metyyliryhmien irtoaminen

↓ ← entsyymit ← geenit

sidosten tyydyttyminen

↓ ← entsyymit ← geenit

↓

**KOLESTEROLI** →

- solukalvojen rakenneosia
- adrenaali- ja sukupuoli-  
hormonien esiasteita
- D-vitamiinin esiaste
- sappihappojen esiasteita

Kuva 5. Kanan kolesterolin biosynteesi.

Taulukko 3. Eräiden lääkeaineiden ja sterolien vaikutus kananmunan kolesterolisisältöön (Naber 1979).

Rehuun lisätty aine	muutos kolesterolin määrässä (%)
Triparanoli (0,5%)*	- 85
Sitosteroli (2,0 %)	- 30
Azasteroli (1,0 mg/kg)	- 22
Probukoli (0,25 %)	- 5
Etyyliparaklorofenoksi-isobutyraatti (0,1 %)	+13
p-Tyrosiini (0,4 mg/kg/päivä)	+30

Naber (1979)

\* muninta lakkasi

let päivittäisestä B<sub>12</sub>-vitamiinitarpeesta ja yli 10 % päivittäisestä A-vitamiini-, riboflaviini-, niasiini-, folasiini- ja pantoteenihapotarpeesta (Hunton 1993).

Kana ei pysty valmistamaan itse vitamiineja (Burley & Vadehra 1989), mutta kanan ravinnon koostumusta muuttelemalla voidaan vaikuttaa ainakin A-, D-, E- ja K-vitamiinien, B<sub>12</sub>-vitamiinin, tiamiinin,

riboflaviinin, foolihapon ja biotiinin määrään (Naber 1979).

A-vitamiinin määrän viisinkertaistaminen rehussa kasvatti keltuaisen A-vitamiinimäärän noin kaksinkertaiseksi. "Ylimääräisen" A-vitamiinin havaittiin kertyvän kanan maksaan (Hill et al. 1961).

Kun A-vitamiinia lisätään kananrehuun, tasaantuu keltuaisen sisältämän vitamiinin määrä uudelle, korkeammalle tasolle 8–10 päivässä. Keltuaisjyvästen (granuloiden) on havaittu lisäksi sisältävän suhteellisesti enemmän rasvaa, mikä saattaisi viitata vitamiinia sitovan proteiinin läsnäoloon jyväsissä (Ternes 1995).

Munankeltuaisen D-vitamiinin määrän on havaittu olevan suhteellisen hyvin yhteydessä ruokintaan käytetyn rehun sisältämän vitamiinin määrän kanssa. Tästä voidaan päätellä myöskin se, että A- ja D-vitamiinien kulkeutuminen ravinnosta keltuaiseen tapahtuu kokonaan toisistaan poikkeavilla tavoilla. D-vitamiinia ei myöskään kerry kanan maksaan korkeillakaan

ravinnon D-vitamiinitasoilla (Burley & Vadehra 1989, Hunton 1993).

E- ja K-vitamiinien rikastamista muniin on tutkittu suhteellisen vähän. Ruokittessa kanoja (normaalidieettiin verrattuna) 20–2000 -kertaisilla E-vitamiiniannostuksilla havaittiin vitamiinin määrän kasvavan keltuaisessa hyvin nopeasti. Suurimmat pitoisuudet mitattiin noin kolmen viikon kuluttua ”yliannostuksen” aloittamisesta, jonka jälkeen pitoisuudet putosivat selvästi. Osittain tämä selittyy korkean E-vitamiinipitoisuuden myrkyllisillä vaikutuksilla, osittain vitamiinin kulkeutumisen ja imeytymismekanismilla keltuaiseen. Runsaasti E-vitamiinia saaneiden kanojen maksan vitamiinipitoisuus kasvoi jonkin verran (Surai et al. 1995). K-vitamiinin lisäys rehuun näyttäisi kasvattavan vitamiinin pitoisuutta varsinkin keltuaisjyvissä, joskin tulokset ovat osittain epäselviä (Ternes 1995).

Munan vesiliukoisten vitamiinien määrät näyttävät kasvavan vain suhteellisen vähän kanan ravinnon vitamiinipitoisuuden kasvaessa. Poikkeuksen tästä säännöstä saattaa muodostaa B<sub>12</sub>-vitamiini. Syötettäessä rehua, jonka B<sub>12</sub>-vitamiinipitoisuudet vaihtelivat 0–50 µg/g rehua, munan vastaavat pitoisuudet nousivat 0,1–11,8 µg/g. Mekanismit, jolla B<sub>12</sub>-vitamiini siirtyy rehusta munaan muistuttaa D-vitamiinin vastaavaa mekanismeja ja on lisäksi täysin poikkeuksellinen muihin vesiliukoisiin vitamiineihin verrattuna (Denton et al. 1954).

Korealainen Purina Korea Company markkinoi munia, joissa on vähintään 20 % enemmän D-, E- ja B<sub>12</sub>-vitamiinia kuin ”tavallisissa” munissa. Korkean vitamiinipitoisuuden taataan säilyvän ainakin kolmen päivän ajan. Vastaavasti korealainen Mannawon Farm markkinoi munia, jotka sisältävät vähintään 7 mg E-vitamiinia ja 1,3 mg jodia.

### 2.3.4 Keltuaisen väriskaala

Keltuaisen väri on eräs niistä ominaisuuksista, joita kuluttajat pitävät munan laadun mittarina (Elintarviketieto 1995). Se, mitä

pidetään ”optimaalisena keltaisuutena” vaihtelee pitkälti kulttuurin mukaan; Itä-Euroopassa saatetaan pitää vaaleana sellaista keltuaista, joka Keski-Euroopassa luokitellaan tummaksi tai punaiseksi.

Keltuaisen väri riippuu käytännössä rehun sisältämistä väriaineista, karotenoideista. Kromatografisilla analyyseillä on havaittu vapaan luteiinin ja zeaksantiinin määrän (suhteessa 4:1) olevan hyvin yhteydessä keltuaisen väriin (Bailey & Chen 1989).

Tehokkaita väriskaalan muutoksia on aikaansaatu myös kantaksantiini- ja sitranaksantiini-rikastetuilla kananrehuilla (Huyghebaert 1993).

### 2.3.5 Kivennäisaineiden rikastaminen ja muut sovellukset

Systemaattista kartoitusta ruokinnan vaikutuksista kananmunan kivennäisainekoostumukseen ei ole tehty. Eniten on arvioitu rehun kivennäisaineiden ja kuoren laadun välistä yhteyttä.

Tehtyjen hajakokeiden perusteella muniin kivennäisaineiden määrä näyttäisi olevan suorassa yhteydessä rehun koostumukseen. Lisäksi kanan iällä ja rodulla sekä josain määrin myös tuotantoympäristöllä näyttäisi olevan vaikutusta munan kivennäisainekoostumukseen (Kuhne & Ristic 1984).

Kalsiumilla on suuri merkitys erilaisissa säätelymekanismeissa. Kalsiumin määrän vähentäminen rehussa (3,0 % – > 0,05 %) pudotti muniin LDL-, livetiini-, fosfittiini-, ovalbumiini- ja lysotsyymipitoisuutta. Muun muassa keltuaisen kalvoissa sijaitsevan VMO I -proteiinin pitoisuudet sen sijaan kasvoivat (McCready & Roland 1973).

Suomalaisten ravinnon seleenin määrään alettiin kiinnittää erityistä huomiota 1970-luvulla, kun seleenin saannin havaittiin olevan Suomessa maailman alhaisimpia. Sen vaikutuksista ihmisen terveyteen käytiin tuolloin laajaa keskustelua (Ravitsemuskertomus 1996).

Seleeni lienee yksi tutkituimmista munan kivennäisaineista. Selkeästi on pystyt-

ty osoittamaan, että seleenin määrällä kanan ravinnossa ja munassa on selvä yhteys. Alkuainesseleenin lisääminen rehuun kasvatti seleenin määrää munan valkuaisessa tehokkaammin kuin epäorgaanisen se- leniitin lisäys. Keltuaisessa havaittiin päin- vastainen vaikutus (Latslaw & Osman 1975).

Jodirikastettuja munia markkinoidaan ainakin Koreassa. Jodin ohella munaan kye- tään rikastamaan myös mangaania. Rehun sinkin määrällä on pyritty vaikuttamaan munintalvon säätelyyn.

Zeoliitin lisäyksellä on kyetty (munan- laadun muuten kärsimättä) kasvattamaan keltuaisen rautapitoisuutta merkittävästi (Stadelman & Pratt 1989). Kananmunan sisältämän raudan, sen imeytymisen ja saannin yhteys kananmunan sisältämiin rautaa sitoviin proteiineihin on ollut pit- kään tutkijoiden kiinnostuksen kohteena. Lisäpönttä näille tutkimuksille ovat anta- neet havainnot siitä, että kananmunan fos- vitiini ja ovotransferriini saattavat estää muun ruokavalioon kuuluvan raudan hy- väksikäyttöä (Burley & Vadehra 1989).

Muita rikastettuja tuotteita ovat aina- kin niin sanotut ginseng-munat, joita tuo- tetaan ruokkimalla kanoja ginseng-pitoisel- la rehulla (Yoo 1994).

Aasiassa on perinteisesti kehitelty aina- kin suomalaiseseen makuun varsin erikoisia tuotteita, joissa lähtökohtana käytetään joko ankan tai kanan munaa. Tällaisia ovat esimerkiksi seuraavat:

1. Suolatut munat (Kiina). Perinteises- sä menetelmässä munat kiedotaan 1–2 cm paksuiseen kääreeseen, joka koostuu ruo- kasuolasta, punamaasta (red soil), puuntu- hasta ja tislattua vedellä käsitellyistä teen- lehdistä. Muna upotetaan kääreeseensä mu- taan noin kuukaudeksi ja lämpötila pide- tään noin 20 °C:ssa. Tämän jälkeen muna puhdistetaan ja keitetään ennen tarjoilua.

Uudemmassa menetelmässä munat upotetaan viinillä maustettuun, noin 30 % suolaliuokseen, keitetään noin 15 min. ja keittoliuos jäähdytetään huoneenlämpöti- laan. Munia säilytetään tässä liuoksessa 45 vuorokautta, jonka jälkeen niiden annetaan

kuivua. Munat säilytetään 10 °C:ssa ennen keittämistä ja tarjoilua.

2. Maustetut kuorimunat (Kiina). Mu- nia liotetaan liuoksessa, joka koostuu esi- merkiksi 25 % ruokasuolasta, 2 % teenleh- distä (black tea) ja mausteista (neilikka, anis, pippuri, seokset). Munia keitetään noin 5 minuuttia ennen tarjoilua. Lisäksi ne voidaan savustaa keittämisen jälkeen. Munien aromi vaihtelee Kiinan eri alueil- la huomattavasti.

3. Hapatetut munat (Kiina). Munia pi- detään etikan ja ruokasuolan liuoksessa kunnes munankuori pehmenee tai osittain liukenee. Tämän jälkeen muna siirretään viiniin, etikan ja ruokasuolan seokseen noin 3–5 kuukaudeksi. Hapatettua munaa läm- mitetään 5 minuuttia 80 °C:ssa ennen tar- joilua (Yang 1994).

4. Kuorimunien emäskäyminen (Ko- rea). Kuorimunat, kalsiumhydroksidi tai kalsiumoksidi, teenlehdet ja mahdolliset muut mausteet yhdistetään. Käyminen (ja valkuaisen gelatinoituminen) saatetaan lop- puun korkean lämpötilan avulla (Yoo 1994).

## 3 Kuorimunan korvikkeet (jalosteet)

### 3.1 Mistä on kysymys?

Kuorimuna on saavuttanut keskeisen ase- man monissa elintarvikkeiden valmistuk- seen ja käyttöön liittyvissä sovelluksissa. Useissa tapauksissa kananmunasta halutta- va ominaisuus voidaan kuitenkin saada ai- kaan käyttämällä kananmunasta vain tiet- tyä osaa.

Niin sanottu munavalmistepäätös (MMM 1995) määrittelee *munavalmisteen elintarvikkeeksi, joka on saatu kanojen, ank- kujen, hanhien, kalkkunoiden, helmikanojen tai viiriäisten munista, taikka kyseisten mu-*



nien osista tai osien sekoituksista sen jälkeen kun kuori ja kalvot on poistettu, riippumatta siitä onko niitä osittain täydennetty muilla elintarvikkeilla tai lisäaineilla. Munavalmisteet voivat olla nestemäisiä, säilöttyjä, kuivattuja, kiteytettyjä, jäädytettyjä, pakastettuja tai hyydytettyjä.

### 3.1.1 Miksi kuorimunia pitäisi korvata?

Perusteita kuorimunan korvikkeiden käytölle ovat ainakin seuraavat tosiasiat:

1. Munantuotannon kausivaihtelut. Ylijäävistä kuorimunista voidaan valmistaa paremmin säilyviä munatuotteita.

2. Munan säilyvyyden parantaminen. Esimerkiksi pakastaminen ja kuivaus.

3. Kuljetukseen liittyvät tekijät. Esimerkiksi tilansäästö ja rikkoutumisherkkyys.

4. Tilakysymykset yleensä (konsentroidin, säilyvyys).

5. Annostelutarkkuus. Räätelöidyt munatuotteet erilaisiin tarkoituksiin.

6. Munaraaka-aineen tarkempi hyödyntäminen. Kauppaan kelpaamattomat, mutta muuten hyvälaatuiset särömunat.

7. Yksittäisen munan tarkempi hyödyntäminen. ”Yhdestä munasta monta tuotetta”.

8. Massojen tai kuivattujen tuotteiden teknologinen modifiointi helpompaa. Esimerkiksi kolesterolin poisto.

9. Mikrobiologinen turvallisuus. Muun muassa *Salmonella enteritidis*-ruokamyrkytysten eliminointi pastöroiduilla munatuotteilla.

10. Työvaiheiden vähentymisen kautta tuleva loppukäyttäjän kustannussäästö. Esimerkiksi rikkomisvaihe jää pois, kuoria ei tarvitse toimittaa jätteenkäsittelyyn.

### 3.1.2 Kuorimunan korvikkeiden riskit ja muut ongelmatekijät

Munavalmisteen teko edellyttää aina munan kuoren rikkomista. Samalla valkuainen ja keltuainen altistuvat erilaisille ympäristön riskitekijöille (kuoren likaisuus, ilman mikrobit, työtasojen ja pintojen mikrobit,

laitoksen henkilökunta jne.). Näiden riskitekijöiden minimoimiseksi munajalosteita valmistavan laitoksen valvontaan (ja omavalvontaan), hygieniaan, tuotantoprosessiin ja tuotteiden varastointiin liittyvät määräykset ovat erittäin tiukat (MMM 1995). Näin taataan se, että munavalmisteet ovat elintarviketeollisuudelle turvallista raaka-ainetta.

Jatkojalostus nostaa tuotteen arvoa ja lisää samalla sitä käyttävän teollisuuden raaka-ainekustannuksia. Kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen munavalmistemarkkinoilla ei välttämättä aina tapahdu optimaalisimmalla tavalla. Esimerkiksi kuorimunien vakiintuneiden käyttömuotojen (esim. reseptit) korvautuminen munavalmisteilla on ollut hidasta (Harismaa 1996).

Lisäksi alkuvaiheessa teollisuudelle toimitetut munavalmisteiden koe-erät eivät aina täyttäneet teollisuuden asettamia vaatimuksia (Kananmunan jatkojalostus elintarviketeollisuuden erityistarpeisiin –projektin raportti 1993).

#### 3.1.2.1 Munankuoret – ongelma vai käyttökelpoinen raaka-aine?

Kuoret muodostavat noin 10 % munan massasta. Tästä syystä kuorijätettä muodostuu munajalosteteollisuuden sivutuotteena huomattavia määriä. Kuorelle on etsitty monia erilaisia käyttömahdollisuuksia, joista mikään ei toistaiseksi ole kehittynyt selvästi muita paremmaksi.

Munankuori on kuitenkin erinomainen malliesimerkki biologisesta kalkinsidonnasta. Kuoren muodostumismekanismia ei vielä kaikin osin ymmärretä. On kuitenkin todennäköistä, että kuoren proteiini- ja hiilihydraattirakenteen selvittäessä myös munankuorelle löytyy uusia käyttömuotoja (Burley & Vadehra 1989).

Eräs merkittävimmistä kuoren käytön esteistä on kuoreen tarttuva valkuainen. Tuoreen kuoren painosta 2,5–3,0 % on valkuaista (Maurer & Wisniewski 1981), jonka poistaminen kuorimassasta nostaa kuoren hyödyntämiseen liittyviä kustannuksia: kuorten kuivattamiseen tai steri-

lointiin tarvittavien prosessien kehittäminen ja ylläpito vaativat huomattavia taloudellisia investointeja (Mulder et al. 1994).

Kokeita kuoren käytöstä joko lannoitteena ja/tai maanparannusaineena on tehty, mutta yksiselitteisiä tuloksia ei kuitenkaan ole olemassa. Käytännön havainnoista tiedetään se, että jos kuorimassaa käytetään maanparannusaineena, aiheuttaa kuoreen takertunut valkuainen sopivissa olosuhteissa huomattavia hajuhaittoja.

Pieniä määriä kuorta voidaan sekoittaa kanarehuun. Fosfaatin puuttuminen kuoresta rajoittaa linnun mahdollisuuksia hyväksikäyttää kuoren muita arvokkaita ravinteita.

Tutkimuskäytössä kuorta on kokeiltu affiniteettikromatografian väliaineena. Kehitetyllä menetelmällä on puhdistettu erilaisia proteiineja, mm.  $\beta$ -galaktosidaasia (Makkar & Sharma 1983).

Maatalouden tutkimuskeskuksen turkistalouden tutkimusasemalla kokeiltiin kesällä 1992 kuorivalmistetta sinikettujen kalsiumin lähteenä. Koe osoitti tuotteen soveltuvan fysiologisesti tähän tarkoitukseen (Kananmunan jatkojalostus elintarviketeollisuuden erityistarpeisiin –projektin raportti 1993).

Kuoren käyttöä on kokeiltu myöskin leivänvalmistuksen apuaineena.

Edellä mainittujen käyttömuotojen taloudellinen merkitys on kuitenkin vähäinen.

## 3.2 Valkuaisen ja keltuaisen erottaminen

Munanjalostusteollisuuden alkutaipaleella munien rikkominen ja erottelu tapahtui aikaa viedenä käsityönä. Ensimmäinen onnistunut munanrikkomis- ja erottelukone kehitettiin USA:ssa 1950-luvulla, jolloin työvoiman tarve putosi noin viidennekseen aiemmasta (Cotterill 1986).

Nykyiset munanrikkomis- ja erottelulaitteistot huolehtivat munanasettamisesta, pesusta, rikkomisesta ja erottelusta. Munat otetaan automaattisesti kuljetushihnalla

olevista kennoista, järjestelmä huolehtii keltuaisen ja valkuaisen erottamisesta ja tarvittaessa poistaa linjalta ne erotuskupit, joissa keltuaista ja valkuaista on sekoittunut toisiinsa. Lopuksi likaantuneet kupit kulkevat pesuosaston kautta ennen uuden munan vastaanottamista. Koneen kapasiteetti saattaa olla jopa 32 000 munaa tunnissa (vastaa n. 2000 kg kuorimunia) (Munatuotekäsikirja 1996).

## 3.3 Kananmunamassat

Kaikissa munajalostusprosesseissa tehdään ensin valinta kolmesta perusvaihtoehdosta: nestemäinen kokomuna, nestemäinen valkuainen ja nestemäinen keltuainen. Valinnan jälkeen tuotetta voidaan muunnella fysikaalisin ja kemiallisin menetelmin erilaisiin tarkoituksiin sopivaksi.

Kuvassa 6 on esitetty sellaisten munamassojen valikoimaa, jota on valmistettu 1980–90 -luvulla joko Euroopassa tai USA:ssa.

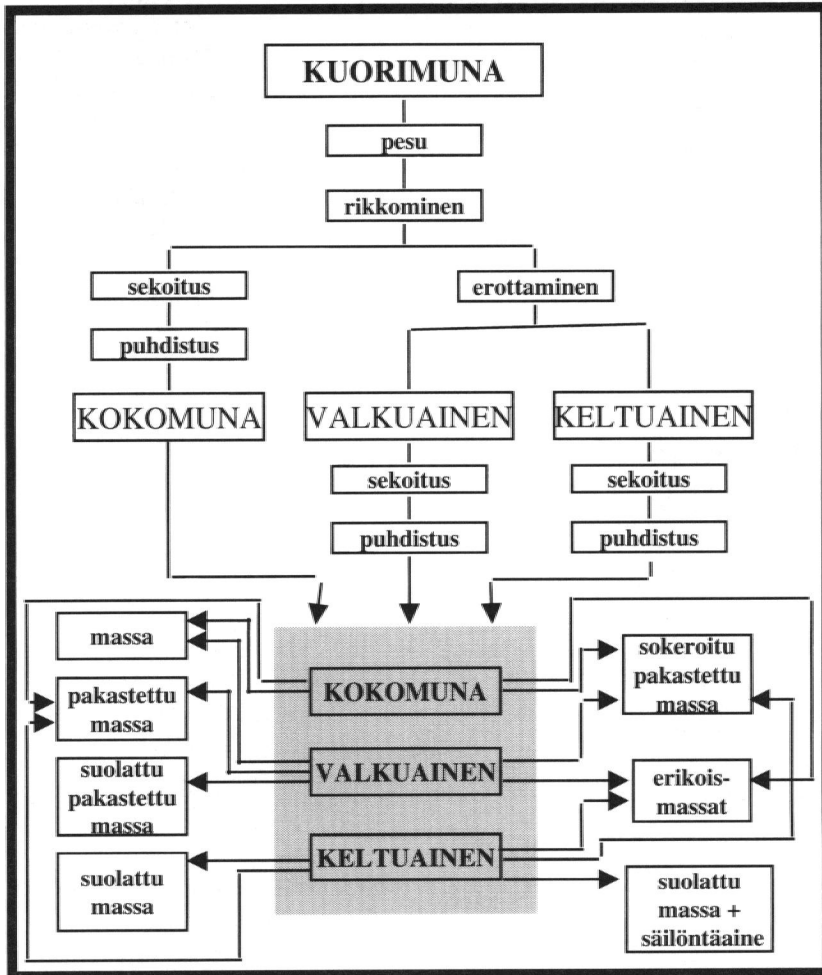
Massoja käytetään puolivalmisteina muun muassa leipomo-, makeis-, makaroni-, majoneesi-, margariini-, säilyke- ja jäätelöteollisuudessa (Belitz & Grosch 1986).

### 3.3.1 Massojen käsittely ennen pakkaamista (puhdistus, homogointi, pastörointi)

Massojen tullessa erotuslaitteistosta ne yleensä läpikäyvät puhdistusprosessin, jossa kuori- ja kuorenkalvojätteet sekä muut mahdolliset epäpuhtaudet poistetaan. Kokomuna- ja keltuaismassa voidaan homogenoida tasalaatuisemman tuotteen aikaansaamiseksi. Sen sijaan valkuaismassaa ei yleensä homogenoida; mekaaninen käsittely rikkoo proteiinirakennetta ja korkea paine vaikuttaa negatiivisesti proteiinien toiminnallisiin ominaisuuksiin (vrt. luku 4) (Bergqvist 1986). Samasta syystä valkuaismassan pumppaamiseen käytetään lähes aina mäntäpumppuja (Munatuotekäsikirja 1996).

Munamassojen pastöroinnin tavoitteen

# KANANMUNAMASSAT



Stadelman & Cotterill (1986), Munatuotekäsikirja (1996)

Kuva 6. Erilaisia munamassoja.

na on taata tuotteiden korkea mikrobiologinen laatu. Pastörointia alettiin kokeilla munajalosteteollisuudessa 1930-luvulla. Ensimmäiset kokeet tehtiin meijerikäyttöön tarkoitetuilla batch-tyyppisillä laitteilla ja jatkuvatoimiset laitteistot otettiin käyttöön 1950-luvun lopussa. Tuotteiden heterogeenisuuden takia pastöroinnin keston ja pastörointilämpötilan optimiarvoja on lähes mahdotonta ilmoittaa. Yleisesti hyväksyttävänä arvoina pidetään 60–69 °C:n lämpötilaa ja 2,5–5 minuutin kesto.

Taulukossa 4 on esitetty käytössä olevia kokomunamassan pastörointivaatimuksia.

Pastöroidun tuotteen tilavuus pienenee noin 5 % ja funktionaalisissa ominaisuuksissa on havaittu samaa luokkaa olevaa heikkenemistä (Cunningham 1986). Erittäin valkuaisen huono lämmönkestävyys on ongelma.

Keltuaisen vaalenemista pastörointiprosessin aikana voidaan vähentää syöttämällä kanoille erikoisrehua. Vaalenematon tuote sopii paremmin esimerkiksi pastaa val-

**Taulukko 4.** Kokomunamassan pastörintivaatimuksia eri maissa (Cunningham 1986).

Maa	Lämpötila (°C)	Aika (min)
Englanti	64	2,5
Puola	66–68	3
Kiina	63	2,5
Australia	62	2,5
Tanska	65–69	1,5–3
USA	60	1,75

Cunningham (1986)

mistaville elintarvikeyrytyksille (Eggstending potential 1996).

Kokomunamassa sisältää noin 0,4 % hiilihydraattia. Erityisesti valkuaisessa pelkistävät sokerit yhdessä proteiinien kanssa aiheuttavat niin sanotun Maillard-reaktion, joka havaitaan kuivatuissa munatuotteissa tapahtuvana ruskettumisreaktiona ja/tai virhearomina. Tästä syystä massoille suoritetaan ennen kuivausta glukoosioksideasi/katalaasi-käsittely. Tällä käsittelyllä lopputuotteen sokeripitoisuus putoaa yleensä alle 0,01 %:iin (Munatuotekäsikirja 1996).

Muita käytettyjä sokerinpoistotapoja ovat spontaani mikrobikäyminen (hankala kontrolloida), ohjattu bakteerikäyminen (useimmiten *Streptococcus*, *Lactobacillus*, erityisesti valkuaismassan sokerinpoistoon) sekä hiivakäyminen (*Saccharomyces cerevisiae*). Hiivakäymisen eräs mielenkiintoinen yksityiskohta on se, että natiivin valkuaisen kiinteyttä ylläpitävän ovomusiinin määrä ei hiivakäymisessä vähene kovinkaan merkittävästi. (Cunningham 1986, Belitz & Grosch 1986).

Veden poistoa (konsentroidintia) käytetään kokomuna- ja valkuaismassan kuiva-ainepitoisuuden kohottamiseen (tyypillisesti valkuaisen kuiva-ainepitoisuus nousee 12 % → 20–24 % ja kokomunan 24 % → 40–45 %). Menetelmistä käytetyin on ultrasuodatus (Munatuotekäsikirja 1996).

Lisäksi konsentroidusta massasta voidaan valmistaa puristeita (= pelletöidä) ennen pakastusta. Menetelmällä voidaan osittain korvata esimerkiksi spraykuivaus ja muna on tasalaatuisempi kuin pakastettu massa (McMullen & MacNeil 1995).

Myös säteilytyksen käyttöä pastörintin korvikkeena tutkitaan parhaillaan. Julkaistujen tulosten perusteella näyttäisi siltä, että säteilytys säilyttää munan funktionaaliset ominaisuudet paremmin kuin lämpöpastörinti (Wong et al. 1996).

Korkeapainekäsittelyllä (yli 300 MPa) voidaan kokomuna- ja valkuaismassan mikrobiologista laatua parantaa kontrolloidusti vaikuttamatta merkittävästi massojen funktionaalisiin ominaisuuksiin (Ponce et al. 1995).

### 3.3.1.1 Pitkään säilyvät munatuotteet (Extended Shelf Life, ESL)

Nestemäisten munatuotteiden säilyvyys on osaltaan rajoittanut niiden laajempaa käyttöä. Tätä ongelmaa ratkaisemaan on (alunperin USA:ssa) kehitetty niin sanottuja ESL-tuotteita, joiden säilyvyysaika on vähintään 3 viikkoa. Parempi säilyvyys aikaansaadaan uuden pastörintitekniikan, uuden pakkausmateriaalin sekä tarkennetun pakkaustekniikan (tai aseptisen pakkaustekniikan) avulla. Vaihtoehtoisesti tuotteeseen voidaan myöskin lisätä säilöntäaineita. Englannissa on esitelty hiljattain säilöntäaineeton tuote, jolle taataan 0–4 °C:n lämpötilassa säilyvyysaikaa 4–5 viikkoa (Eggstending potential 1996).

Suomessa Scanegg on kehittänyt ESL-tekniikkaa yhdessä ulkomaisten yhteistyötahojensa kanssa.

## 3.3.2 Modifioidut massat

Kananmunamassoja voidaan muunnella erilaisiin käyttötarkoituksiin lisäämällä tai poistamalla massoista erilaisia ainesosia.

Modifioiduilla massoilla voidaan parantaa esimerkiksi vaahdonmuodostukseen, leivontaominaisuuksiin tai emulgointiin liittyviä ominaisuuksia.

### 3.3.2.1 Jotain lisää...

Lisäämällä massoihin esimerkiksi vettä, suolaa, sokeria, maitojauhetta, sakeuttamis-, emulgointi-, happamuudensäätö- ja säilön-

**Taulukko 5.** Modifioituja kananmunamassoja (Stadelman 1986, Munatuotekäsikirja 1996).

Lähtömateriaali	muut komponentit	käyttäjä	Huomioitavaa
Kokomuna	vesi, emulgointi-, happamuudensäätö- ja säilöntäaine	leipomot	vaahoutuvuus emulgointi
Kokomuna	vesi, maitojauhe, suola happamuudensäätöaine, sakeuttamisaine, emulgointiaine	säilyke	laatikkoruuat
Kokomuna	sokeri	leipomot	tasalaatuinen
Keltuainen	sokeri, happamuudensäätö- ja säilöntäaineet	leipomot	säilyvyys
Keltuainen	suola		säilyvyys
Keltuainen	suola		
Valkuainen	sokeri	leipomot, makeisteollisuus	

Munatuotekäsikirja (1996)

**Taulukko 6.** Erilaisia kananmunamassoista valmistettuja tuotteita (Stadelman 1986, Munatuotekäsikirja 1996).

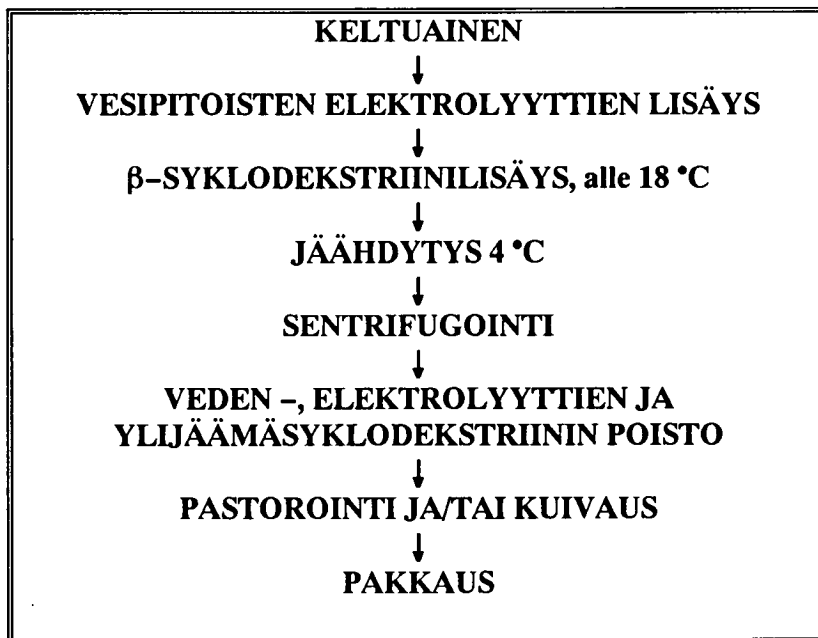
Lähtö- materiaali	muut komponentit	käyttäjä	maa	tuote
Keltuainen	kasviöljy, etikka, sitruuna, suola, mausteet	suurkeittiöt, kotitaloudet		majoneesi, salaatinkastikkeet
Kokomuna	vesi, suola, sokeri, soijakastike, kalaproteiiniuute	kotitaloudet?	Kiina	Egg Tofu
Valkuainen	vesi, sokeri, mausteet, karboksimeetyyliselluloosa (CMC)	suurkeittiöt, teollisuus		munajuoma
Valkuainen	sokeri, stabilointiaineet, hedelmäuute, väriaineet, gelatiini/karrageeni	suurkeittiöt, kotitaloudet	Kiina	munanvalkuaishillo
Kokomuna Keltuainen	sokeri, alkoholi (kermavaahto)	jälkiruoka	Hollanti	Egg nog, lopputuotteen alkoholi- pitoisuus 14–18 %

Munatuotekäsikirja (1996)  
Yang (1994)

täaineita voidaan räätälöidä valmisteita esimerkiksi leipomo-, säilyke- ja makeisteollisuuden tarpeisiin. Taulukossa 5 on esitetty muutamia erilaisia modifioituja massoja ja taulukkoon 6 on kerätty hieman harvinaisempia kananmunamassojen käyttösovelluksia.

Mainittujen sovellusten lisäksi munamassapohjaisia munajalosteita ovat muun muassa valmiit omeletit, niin sanotut pitkämuna sekä munapizzat (Baker 1994).

Eri tavoin maustettua kokomunamassaa on testattu vähittäiskauppatuotteena. Tulosten pohjalta voidaan arvioida voin,



**Kuva 7.** Kolesterolinpoistoprosessi keltuaisesta syklodekstriinillä.

cheddarjuuston ja kinkun maun soveltuvan kohtalaisesti massan maustamiseen, kun taas viherrippuri- ja sipulimassoja pidettiin lähinnä hirtittävänä (Martinez et al. 1976)!

### 3.3.2.2 ...ja jotain pois!

Teknologisten menetelmien kehittyminen on mahdollistanut myös kananmunan koostumuksen laajemman modifioinnin. Kolesterolin (katso 2.3.2) poisto tai merkittävä vähentäminen kananmunasta ja/tai munatuotteista on ollut intensiivisen tutkimustyön kohteena parina viime vuosikymmenenä.

Jo 1960-luvun lopussa kokeiltiin liuotinuuttoa nestemäisen keltuaisen rasvan ja kolesterolin poistoon. Menetelmää kehitettiin monien eri tutkijoiden toimesta 1970- ja 1980-luvuilla. Liuotinuutolla kyetään poistamaan jopa 98 % munan kolesterolista ja rasvoista (Zeidler et al. 1994). Liuotinuuton haittapuolena ovat mahdolliset (myrkylliset) liuotinjäämät sekä suhteellisen ankarien uutto-olosuhteiden aiheuttamat muutokset kananmunan funktionaalisisissa ominaisuuksissa.

Australiassa patentoitiin 1990 menetelmä, joka perustuu  $\beta$ -syklodekstriinin hyväksikäyttöön kolesterolinpoistossa. Syklodekstriinit ovat 6–8 glukoosiyksiköstä koostuvia, donitsinkaltaisia hiilihydraattirakenteita, jotka muodostavat sopivissa olosuhteissa erilaisten yhdisteiden kanssa niin sanottuja sulkeumakomplekseja (Dziezak 1988). Keltuaisen kolesterolinpoistoon patentoidun menetelmän prosessikaavio on esitetty kuvassa 7 (Oakenful & Sidhu 1992).

Tällä menetelmällä on onnistuttu poistamaan jopa 90 % keltuaisen kolesterolista.

Ylikriittistä uuttoa on menestyksellisesti käytetty kolesterolin poistoon kuivatuista maito- ja munatuotteista (Froning et al. 1990). Nytemmin samalla menetelmällä on onnistuneesti poistettu lähes puolet keltuaismassan kolesterolista. Ylikriittiseen uuttoon perustuvilla menetelmillä on muutamia merkittäviä etuja: alhainen käsittelylämpötila (30–40 °C), ei myrkyllisiä jäämiä, spesifisyys ja selektiivisyys (Zeidler et al. 1995). Haittapuolena kaikille ylikriittisille menetelmille pidetään korkeaa kustannustasoa.

Uusimpana menetelmänä keltuaismassan kolesterolin poistoon voidaan pitää korkean paineen alla tapahtuvaa tasa-aineistamista eli homogenisaatiota (High Pressure Homogenization). Keltuaisen ja soijaöljyn seosta homogenoidaan korkeassa paineessa, jonka jälkeen seos sentrifugoidaan. Kun työvaiheet on toistettu, nauhamainen kolesteroli-öljyfraktio voidaan poistaa ja kolesteroli erottaa. Menetelmällä voidaan poistaa lähes 90 % keltuaisen kolesterolista muiden ominaisuuksien kärsimättä. Lisäksi erotettu kolesteroli voidaan toimittaa lääkeketeollisuuden tarpeisiin (tai ravinnoksi katkaravuille ja äyriäisille). Kustannukset jäävät suhteellisen alhaisiksi (Zeidler et al 1995).

Yksinkertaisin menetelmä kolesterolin vähentämiseksi on luonnollisesti vähentää keltuaismassan osuutta kokomunamassassa. Menetelmää on kehitetty muun muassa Englannissa (Eggstending potential 1996).

### 3.4 Kuivatut kananmunan korvikkeet

Vesi on olennainen osa sekä kananmunan keltuaista että valkuaista. Kananmunatuotteiden käyttäjät pitävät vesipitoisia massoja ”tuoreemman tuntuisina” kuin kuivattuja jauheita. Lisäksi jauheiden käyttöön vaikuttaa luonnollisesti myös lopputuotteen haluttu vesipitoisuus; nestemäisen kokomunan vesipitoisuus on noin 75 %, kun jauheessa vastaava luku on 4 %.

Kuivaukseen liittyviin ominaisuuksiin pohjautuen munat voidaan karkeasti jakaa valkuaisuutteen ja kokomuna/keltuaisuutteen väliseksi. Valkuainen ei sisällä juurikaan rasvaa. Tästä syystä sen kuivaustapa ja ominaisuudet poikkeavat huomattavasti kokomunasta ja keltuaisesta.

Lähes kaikki kuivatut tuotteet valmistetaan keittämättömästä munasta. Tavoitteenahan on itse asiassa säilyttää munan ”keittämätön” tila!

Kuvassa 8 on esitetty kuivattujen kuorimunan korvikkeiden valmistusmenetelmiä

sekä lopputuotteita. Kuivattuja munatuotteita käyttävät pääasiassa leipomo- (kakku-pohjat, kääretortut) ja makeisteollisuus (mm. vaahtopallot eli ”neekerinsuokot”). Erikoisuuksia voidaan valmistaa kuivaamalla yhdessä esimerkiksi kananmunaa, maitoa, sokeria ja/tai kasvirasvaa. Vastavia erikoistuotteita ovat esimerkiksi munakokkelisekoitus ja tietyt snack-tuotteet. Erikoistuotteiden markkinat näyttäsivät olevan hitaassa kasvussa.

Suomessa kananmunajauheita valmistettiin vuoteen 1990 asti Somerolla Kuivamaito Oy:n tiloissa (Kananmunan jatkojalostus elintarviketeollisuuden erityistarpeisiin -projektin raportti 1993). Tällä hetkellä kuivatut kananmunatuotteet ovat tuontitavaraa.

#### 3.4.1 Millaisia ominaisuuksia kuivatuista tuotteista haetaan?

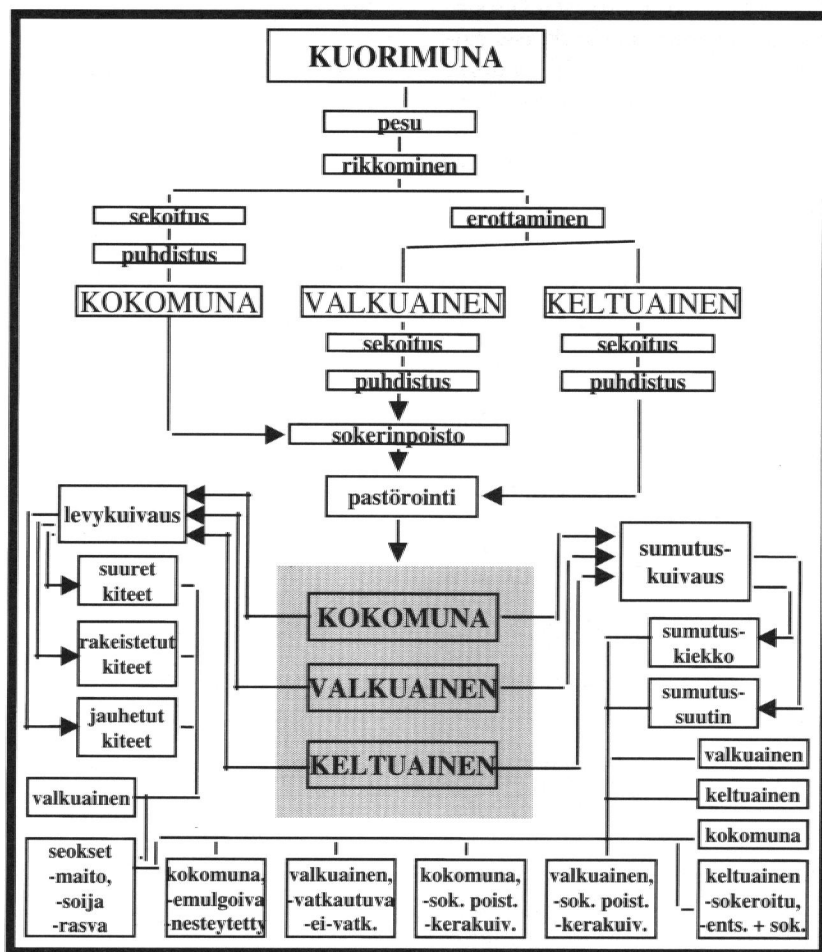
Veden poistuessa munatuotteita voidaan säilyttää pidempään. Myös sokerin poisto ennen kuivausta pidentää säilytysaikaa.

Säilytyksen aikana tuotteen kemiallisten, fysikaalisten, funktionaalisten ja mikrobiologisten ominaisuuksien muutoksia ei juurikaan saisi tapahtua. Kosteuden, rasva-, proteiini-, tuhka-, ja glukoosipitoisuuden sekä viskositeetin, vatkautuvuuden ja muiden funktionaalisten ominaisuuksien tulisi vastata loppukäyttäjän asettamia vaatimuksia (Bergqvist 1986). Toisaalta kuivaus voi myös samalla parantaa tiettyjä arvokkaita funktionaalisia ominaisuuksia (emulgointi).

Vuonna 1990 suomalaisessa elintarviketeollisuudessa tehdyn kyselytutkimuksen perusteella kuivatuilta munatuotteilta odotettiin seuraavia ominaisuuksia (Mehl 1990):

- tuotteen tulisi olla helposti juoksevaa
- veteen sekoittumisen tulisi tapahtua helposti
- ei-pölyävä
- tasalaatuisuus
- vaahtoutuvuus (kokomuna ja valkuainen).

## KUIVATUT KUORIMUNAN KORVIKKEET\*



Stadelman & Cotterill (1986), Munatuotekäsikirja (1996)

**Kuva 8.** Kuivattuja munatuotteita.

Lisäksi hinnan tulisi olla kilpailukykyinen ja tuotteen muutenkin automatisoituille linjoille sopiva.

Mainitut kriteerit ainakin osin täyttäviä kuivattuja munatuotteina ovat muun muassa:

- Vatkautuva valkuainen. Enkelikakkujen valmistus yhdessä apuaineiden (kuten natriumlauryylisulfaatin eli SDS:n) kanssa.

- Vatkautumaton valkuainen. Levymäisten kakkupohjien valmistus.
- Helppoliukoinen valkuaisjauhe ja sitova valkuaisjauhe.
- Valkuaiskiteet. Esimerkiksi vaahtopallojen valmistus.
- ”Standardi kokomuna” ja ”standardi keltuainen”. Hyvät sitomis-, emulgointi- ja lämpökoaguloitumisominaisuudet, jotka ovat tarpeen muun muassa levymäisten kakkupohjien, donitsien,



**Taulukko 7.** Kuivauksen aiheuttamia muutoksia munatuotteissa.

Työvaihe	Kokomuna	Valkuainen	Keltuainen
Lämpökäsittely	heikentynyt koaguloituminen		heikentynyt koaguloituminen
Pumppaus Sekoitus Kuivaus	emulgointi, leipoutuvuus, vatkautevuus	vatkautevuus heikkenee vatkautevuus heikkenee nopea kuivaus alentaa kiteitten liukoisuutta	viskositeettimuutokset
Kontaminantit		keltuaisrasva heikentää vatkautevuutta	
Varastointi			hajuvirheet, makuvirheet (glu), emulgointi (>24 °C)

Munatuotekäsikirja (1996)  
Bergqvist (1986)

pikkuleipiä, majoneesin, salaatin kastikkeiden ja nuudeliä valmistuksessa.

- Kokomuna ja/tai keltuainen ja makeutusaine. Käytetään leipomoteollisuudessa erityisesti hyvän vaahtoutuvuuden aikaansaamiseksi.

Kuivatuista erikoistuotteista voidaan mainita ainakin

- erilaiset mixit (mm. munakokkeli)
- kokomunankaltaiset jauheet, joissa keltuainen on korvattu muilla aineilla sekä
- munajauheet, joihin on lisätty erilaisia lisäaineita (Munatuotekäsikirja 1996).

Kyselytutkimukseen liittyen yritysten toivomuslistalla olivat lisäksi valmis marenkijauhe, kuohkeutta antava ja kosteutta pidättävä munajauhe, leivonnaisten voitelujauhe ja erilaiset mixit. Myös makaronien ja jäätelönvalmistukseen kaivattiin sopivia munajauheita.

### 3.4.2 Millaisia ei-haluttuja muutoksia tapahtuu kuivausprosessissa?

Kuivausprosessi kokonaisuudessaan koostuu useasta työvaiheesta, joita ovat mekaaninen pumppaus, homogenointi, lämmitys jne. Kaikki tämä asettaa kuivattavan tuotteen kovalle koetukselle ja altistaa sen samalla erilaisille muutoksille.

Taulukkoon 7 on kerätty sellaisia ei-haluttuja muutoksia, joita kuivausprosessin aikana saattaa tapahtua.

Ravintoarvo ei kuivausprosessissa käytännössä vähene lainkaan. Myöskään värimuutoksia ei juurikaan tapahdu (Bergqvist 1986).

### 3.4.3 Kolesterolin poisto kuivatuista tuotteista

Ylikriittinen uutto soveltuu hyvin kolesterolin poistoon kuivatusta keltuaisesta. Vuonna 1992 tuotiin ensimmäinen kaupallinen tuote markkinoille. The NutraSweet Company:n Eggcellent –tuotemerkillä markkinoidaan LFLC -keltuaista, joka sisältää 74 % vähemmän rasvaa ja 90 % vähemmän kolesterolia kuin tavallinen keltuaisjauhe (LFLC = Low-Fat, Low-Cholesterol). Tuotteen on havaittu soveltuvan esimerkiksi munakokkeliin, leivonnaisten, nuudeliin, jäätelön, vanukkaiden, majoneesien ja salaatin kastikkeiden ainesosaksi ja parantavan niiden makua, rakennetta, ulkonäköä ja stabiilisuutta (Bringe & Cheng 1995).

### 3.5 Kuulopuheita ja hajahuomioita – trendikkäitä munatuotteita?

Nykykuluttajat asettavat elintarvikkeille monia vaatimuksia. Tuotteen on oltava turvallinen, terveellinen (tai ”terveysvaikuttei-

nen”), helppokäyttöinen eli ”trendin mukainen”. Pidämme luonnollisena sitä, että voileivälle ei levitetä voita vaan esimerkiksi ”kasvirasvalevitettä, joka alentaa kolesterolia”, grillin ritilälle ei aseteta lenkkimakkaraa vaan ”pan-suolalla maustettuja, vähemmän rasvaa sisältäviä grillipaloja”; maito ei tule lehmästä vaan maidonjalostuslaitoksista (ilmeisesti entinen meijeri?), jossa siitä on tehty esimerkiksi ”vatsan omaa mikrobiotointia edistävää luonnontuotetta”.

Kananmunan tuotekehitystyö ei ehkä kaikilta osin ole pysynyt muiden elintarvikkeiden vauhdissa. Kananmunaa on pyritty lisäksi yhä enenevässä määrin korvaamaan muista raaka-ainelähteistä (hera, soija) peräisin olevilla valmisteilla (Gardner et al. 1982). Esimerkkejä tällaisista tuotteista ovat Fleishman’s Egg Beaters, Second Nature ja Eggstra -tuotemerkit. Korvikkeiden ominaisuuksia on arvioitu erityisesti leivonnassa, jossa ne ovat funktionaalisilta ominaisuuksiltaan osoittautuneet suhteellisen käyttökelpoisiksi (Zabik & Lang 1978).

Hyvin luonnollinen ”tuotekehitysidea” on keittää ja kuoria munat valmiiksi. Tuotteen ongelmaksi saattavat muodostua halutun kovuusasteen saavuttaminen ja säilyvyys (Munatuotekäsikirja 1996). Suomessa tuotetta valmistati aikanaan Ovo Oy, mutta ilmeisesti toteutunut markkinaosuus osoittautui arvioitua pienemmäksi ja tuotanto lopetettiin.

Keitettyä munaa voidaan lisäksi kuutioida ja maustaa tai värjätä; kyseisiä tuotteita on tutkittu ainakin Wisconsinin yliopistossa USA:ssa (Antila 1989).

Pitkä muna on keitetyn munan kehitysversio. Suurkeittiökäytössä kyseinen tuote on tunnettu jo suhteellisen kauan. Valmiiksi siivutettu, geometrialtaan kaunis kananmuna ei ainakaan Suomessa ole kuitenkaan varsinaisen volyymituote (Harismaa 1996).

Millainen sitten voisi olla trendikäs, nykykuluttajaa kiinnostava kananmunatuote? Edellä olevaan perustuen sen tulisi

- sisältää kolesterolia vain vähän tai ei ollenkaan

- olla rasvahappokoostumukseltaan modifioitu
- olla helposti valmistettava (”mikroaalto-uunimuna”)
- olla allergisoimaton ja
- mielellään olla todistetusti terveystuote.

Kuten aiemmin todettiin, erilaiset murotuotteet ovat syrjäyttäneet kananmunat aamiaistuotteina. Useissakin yhteyksissä on noussut esille eräs mahdollisuus, joka liittyy ihmisten ateriointitottumusten ja -käytäntöjen muuttumiseen. USA:ssa ja osin jo Keski-Euroopassakin aamiaisen nautitaan työmatkan varrella niin sanotussa pikaruokapaikassa. Tuotteella, joka täyttäisi mainitut kriteerit ja jota voitaisiin tarjoilla kyseisissä ravintoloissa nimenomaan aamiaistuotteena saattaisi olla lähitulevaisuudessa ”sosiaalinen tilaus” uusperheiden ravintotottumuksia muokattaessa.

Perinteisesti laitoskeittiöt ovat hyödynneet kananmunatuotteita laajemmassa mittakaavassa. Ruuanvalmistuksen muuttuessa entistä teollisemmaksi lisääntyy erilaisten puolivalmisteiden ja pakasteiden tarve. Annosteltavuuden tulisi samalla kehittyä yhä helpommaksi. Lisäksi tuotteen säilyvyys ei saisi aiheuttaa ongelmia (Mehl 1990).

## 4 Kananmunan funktionaaliset ominaisuudet

Kananmuna on erittäin ”toiminnallinen elintarvike”. Sen tärkeimpiin funktionaalisiiin ominaisuuksiin luetaan kuuluviksi emulgoitumiskyky (keltuainen itsessään on öljy-vesi -emulsio), hyytymiseen vaikuttavat tekijät (koaguloituminen) ja vaahdonmuodostus sekä maun, hajun ja värin muodostus. Kananmuna on monifunktionaalinen, kun taas kaikilla korvaavilla tuotteilla on yleensä vain yksi funktionaalinen ominaisuus. Millään muulla elintarvikkeel-

**Taulukko 8.** Kananmunan funktionaalisten ominaisuuksien hyödyntäminen elintarvikkeissa.

Ominaisuus	Munatyyppe	Tuotteet
Vaahoutuvuus	valkuainen modifioitu valkuainen	marengit enkelikakut
Vaahoutuvuus	keltuainen	kakkupohjat
Emulgointi	keltuainen	majoneesi salaatinkastikkeet
Mureus	modifioidut valmisteet	kakut
Veden sidonta	keltuainen modifioidut valmisteet	pikkuleivät
Viskositeetti	keltuainen	donitsit
Rakenne (tilavuus)	kokomuna	kuivakakut
Ravintoarvo	keltuainen kokomuna	nuudelit vanukkaat
Rakenne	kaikki	kääretortut
Sidonta	valkuainen	snack-tuotteet lihatuotteet
Flavori (maitto)	kaikki	monia

la tai elintarvikkeiden seoksella näitä ominaisuuksia ei ole pystytty korvaamaan (Baldwin 1986).

Kananmunia jatkojalostettaessa pyritään huolehtimaan siitä, etteivät funktionaaliset ominaisuudet heikkenisi prosessin aikana. Joissakin prosesseissa tietyt yksittäiset ominaisuudet saattavat jopa parantua, mutta yleensä kuorimunien funktionaalisia ominaisuuksia pidetään suhteessa parhaimpina (Lefebvre 1993).

Taulukossa 8 on yhteenveto kananmunan funktionaalisten ominaisuuksien hyödyntämisestä elintarvikkeissa.

## 4.1 Vaahtoa valkuaisesta

Vaahdoksi kutsutaan seosta, jossa kaasumainen olomuoto (faasi) on sekoittunut nestemäiseen olomuotoon. Kun hyvän vaahdonmuodostuskyvyn omaavia proteiineja sekoitetaan, ne muodostavat jatkuvan proteiinifaasin seokseen joutuvien ilmakuplien ympärille, jolloin seos muuttuu vaahdoksi. Samalla proteiinien rakenne osittain muuttuu (denaturoituu) ja molekyylien si-

säisten vuorovaikutusten määrä kasvaa (Johnson & Zabik 1981a).

Mikäli vatkauksta jatketaan riittävän kauan, ilmakuplat pienenevät ja lisääntyvät. Vaahto alkaa muuttua kiinteämmäksi, jolloin sen keveys ja leijumisominaisuudet heikkenevät ja lopulta seos murenee menettäen kosteankiiltävän ulkomuotonsa (Baldwin 1986).

Vaahdon kaksi tärkeintä ominaisuutta ovat sen muodostumisen helppous ja pysyvyys. Valitettavasti nämä kaksi ominaisuutta eivät aina käy käsi kädessä!

Munanvalkuaisesta tehty vaahto on hyvin käyttökelpoinen tuote. Sen tiheys on erittäin pieni (ilma/neste -suhde on korkea), vaahtoa kuumennettaessa muodostuu pehmeä, mutta pysyvä rakenne ja lisäksi vaahtoon voidaan lisätä muita ainesosia halutun rakenteen aikaansaamiseksi. Valkuaisen vaahdonmuodostuskyky on ollut ja on edelleen laajan tutkimuksen kohteena. Mielenkiintoinen vastausta vailla oleva kysymys on, liittyykö vaahdonmuodostuskyky johonkin luonnolliseen, biologiseen tehtävään. Liittyykö se esimerkiksi kuoren kalvojen kykyyn torjua ulkopuoliset mikrobi-

hyökkäykset vai estääkö se mahdollisesti nestevirtausta munan ulkopuolelle? Selvää vastausta näihin kysymyksiin ei tiedetä (Burley & Vadehra 1989).

Sokeria sisältävät marengit ovat esimerkki runsaasti ilmaa sisältävistä valkuais-tuotteista. Sokeri- ja valkuaisseosta vatkattaessa muodostuu pysyvä, pehmeä vaahto. Kun vaahtoa paistetaan runsas tunti noin 150 °C:n lämmössä, muodostuu marengille tyypillinen hauras, kiinteä rakenne.

Vuonna 1955 yritettiin ensimmäisen kerran selvittää marenkimaisen vaahtonmuodostuksen ja valkuaisen kemiallisen koostumuksen välistä yhteyttä. Tutkimuksen mukaan valkuaisen proteiineista ovoglobuliineilla on suurin vaahtonmuodostuskyky (viskositeetin kasvu, pintajännityksen aleneminen). Kuumennuksen vaikutuksesta tapahtuva ovalbumiinin denaturoituminen stabiloi marenkien vaahtoa paiston aikana. Ovomusiinin rooli osoittautui kaikkein epäselvimmäksi, mutta sen arvioitiin liittyvän vaahton pysyvyyteen (MacDonnell et al. 1955).

Mahdollisen ovomusiini-lysootsyymi-kompleksin roolia vaahton stabiloijana pidetään nykytiedon mukaan ilmeisenä: globuliinien kanssa ovomusiini ja lysootsyymi yhdessä näyttäisivät heikentävän vaahtonmuodostusta, kun sen sijaan erikseen käytettynä kumpikin edistää sitä. Muista proteiineista ovomukoidilla ja konalbumiinilla ei näyttäisi olevan vaahtonmuodostusominaisuuksia (taulukko 9). Mikäli halutaan optimoida pehmeiden kakkujen (enkeli-kakkujen) tilavuus, tulisi ovoglobuliinien määrän olla 12–15 % (natiivissa valkuaisessa 9 %), ovomusiinin 0,2–1 % (1,65 %) ja lysootsyymien 0,0–1,8 % (3,8 %) (Johnson & Zabik 1981b).

Taulukossa 10 on lisäksi arvioitu erilaisten ulkopuolisten tekijöiden vaikutusta valkuaisen vaahtoutuvuuteen.

#### 4.1.1 Parempaa vaahtoa?

Valkuaisen proteiinien funktionaalisia ominaisuuksia on pyritty parantamaan lähes yhtä kauan kuin kyseisiä ominaisuuksia on

**Taulukko 9.** Munavalkuaisen proteiinien vaikutus kakun kuohkeuteen.

	Viskositeetti x tiheys (cP x g/ml)	Vaahto- indeksi* (cm <sup>3</sup> /g/min)	Kakun tilavuus (ml)
Proteiini			
Konalbumiini	1,55	0,34	157
Lysotsyymi	1,53	0,12	107
Ovalbumiini	1,62	0,59	308
Ovoglobuliinit	2,77	4,71	330
Ovomukoidi	1,98	0,00	54
Ovomusiini	ei mitattu	0,00	52
kontrolli**	2,02	3,08	272

Johnson & Zabik (1981a)

\*vaahton tilavuus / vatkaamisaika

\*\*kokovalkuaisista vastaava proteiiniseos

kaupallisesti hyödynnetty. Kemiallisia lisäaineita pyritään luonnollisesti elintarvikekäytössä välttämään. Asian tutkimus on ollut ajoittain hyvinkin intensiivistä.

Munanvalkuaisen vaahtonmuodostuskykyä pidetään parempana verrattuna maidon kaseinaatteihin, hernelproteiinivalmisteisiin, veriplasmaan tai heraproteiineihin. Sen sijaan vaahton pysyvyys näyttäisi säilyvän kaseinaateissa ja hernelproteiini-isolaateissa paremmin (Lefebvre 1993).

Jos kananmunat vatkataan kupariastias-  
assa, on säännönmukaisesti havaittu parempaa vaahtonmuodostusta. Tämän uskotaan johtuvan valkuaisen proteiinien SH-ryhmien hapettumisesta kupari-ionien toimiessa katalyyttinä (vrt. kuparisulfaatti juustonvalmistuksessa!). Kyseistä reaktiota on vaikeaa todistaa, mutta sen olemassaoloa voidaan kuitenkin pitää mahdollisena (Burley & Vadehra 1989).

Sumutuskuivatun valkuaisen kuivakuumennus (dry-heating) on menetelmä, jossa valkuaisjauhetta (kosteus 7,5 %) inkuboidaan 80 °C:n lämpötiloissa jopa useita vuorokausia. Menetelmää käyttäen havaittiin selvää vaahton määrän ja kestävyys paranemista (Kato et al 1994). Sumutuskuivatulla ovalbumiinilla on havaittu olevan nestemäistä paremmat vaahtoutumiso-minaisuudet ja lisäksi vaahton on havaittu olevan varsin stabiilia (Kitabatake et al. 1989).

**Taulukko 10.** Erilaisten mekaanisten ja fysikaalisten käsittelyjen vaikutus valkuaisen vaahdonmuodostusominaisuuksiin.

Vaikuttava tekijä	Vaikutus vaahtoon
SÄILYTYS	yli 12 °C tapahtuva säilytys heikentää merkittävästi vaahdonmuodostusta, liittyy S-ovalbumiinin muodostumiseen
LÄMMITYS	pastörintilämpötilaa vastaavat käsittelyt heikentävät vaahdotuvuutta, tuoreessa valkuaisessa vaikutus vähäinen. Liittyy mahdollisesti ovomusiinin määräsuhteitten muutoksiin
SPRAY-KUIVAUS	heikentää vaahdotuvuutta
VESI	kasvattaa vaahdon tilavuutta, heikentää stabiilisuutta
SUOLA	heikentää stabiilisuutta
SOKERI	hidastaa vaahdonmuodostusta, edistää muiden ominaisuuksien säilymistä ulkopuolisia vaikutteita vastaan
KELTUAINEN	alentaa tilavuutta, rasva vahingollisempaa vaahdolle kuin kolesteroli ja fosfolipidit
ÖLJYT	heikentävät stabiilisuutta
PINTA-AKTIIVISEET AINEET	anioniset ja kationiset hyödyllisiä, non-ioniset vahingollisia
ESTERIT	trietyylisitraatti palauttaa vaahdonmuodostuksen nopeuden pastöroinnin jälkeen
KEMIALLISET MODIFIOINNIT	etikahappoanhydridi parantaa vaahdotuvuutta mutta vähentää leivontatuotteiden tilavuutta
STABILOINTI-AINEET	guarkumi parantaa mikroaaltouunissa paistettujen marenkien laatua

Stadelman & Cotteril (1986), Burley & Vadehra (1989)

Säteilytyksen on havaittu heikentävän vaahdon pysyvyyttä (Ball & Gardner 1968). Proteiineja pilkkovien entsyymien käyttö näyttäisi kasvattavan vaahdon tilavuutta, mutta heikentävän sen stabiilisuutta (Grunden et al. 1974). Valkuaisen asetylointi paransi vaahdotumisominaisuuksia ja vähensi merkittävästi lämpökäsittelyn funktionaaliin ominaisuuksiin aiheuttamia vaurioita (Sato & Nakamura 1977). Valkuaisesta saostetut ja kiteytetyt ovalbumiini ja lysosyymi muodostivat vaahtoa tehokkaammin, kun niitä oli varovasti lämpökäsitelty siten, ettei koaguloitumista ehtinyt tapahtua (Kato et al. 1981).

Kanojen ruokintakokeissa liha-luu -rehudieetin on havaittu parantavan vaahdonkestävyyttä (Sauveur et al. 1979).

## 4.2 Fluidista geeliksi – vai tapahtuiko pelkkä koaguloituminen?

Kananmunan proteiinirakenteessa tapahtuvia muutoksia, joissa rakenne kiinteytyy kutsutaan joko koaguloitumiseksi tai geeliytymiseksi. Nämä muutokset saadaan aikaan esimerkiksi lämmöllä, mekaanisesti, suoloilla, hapoilla, emäksillä tai muilla vastaavilla aineilla (urea).

Koaguloitumis- tai geeliytymisprosessi ei sinällään tapahdu esimerkiksi jossain tietyssä lämpötilassa. Lämpö (tms.) toimii eräänlaisena kiihdyttimenä, jonka vaikutuksesta prosessi alkaa ja tietyn ajan kuluttua tapahtuneet muutokset aiheuttavat erilaisen, kiinteämmän rakenteen. Kun läm-

**Taulukko 11.** Kananmunan koaguloitumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Vaikuttava tekijä	Vaikutus koaguloitumiseen
LÄMPÖ-TILA	Valkuainen koaguloituminen alkaa 62 °C mikroaalloilla 57 °C Keltuainen koaguloituminen alkaa 65 °C, muuttuu kiinteäksi n. 70 °C
NESTE-LISÄYS	eksoterminen reaktio (sitoo lämpöä) voimakkaasti ajasta riippuvainen vähentää koaguloitumistuotteen kiinteyttä vaatii korkeamman koaguloitumislämpötilan
SUOLA	tarvitaan aina koaguloitumiseen lisäys saattaa edistää prosessia CuSO <sub>4</sub> ja AlCl <sub>3</sub> heikentävät kiinteyttä
SOKERI	nostaa koaguloitumislämpötilaa
HAPPO	alentaa koaguloitumisen alkamislämpötilaa
EMÄS	pH 11,9 yläpuolella geeli läpinäkyvä
VETYPE-ROKSIDI	saattaa parantaa muita funktionaalisia ominaisuuksia koaguloitumisen yhteydessä

Stadelman &amp; Cotteril (1986)

pötila on riittävän korkea, tapahtuu koaguloituminen lähes välittömästi (Baldwin 1986).

Taulukossa 11 on selvitetty koaguloitumiseen vaikuttavia keskeisimpiä tekijöitä.

Koaguloituessaan kananmuna ei muodosta varsinaista geelirakennetta. Koaguloitumisprosessissa tapahtuva muutos käsittää proteiinien muuttumisen liukoisesta ei-liukoiseen muotoon.

Geeliytymisessä proteiinirakenne alkaa purkautua ja/tai proteiinit alkavat muodostaa pitkiä ketjumaisia rakenteita. Geeliytymisen astetta arvioidaan ketjunpituuksilla sekä ketjujen välisten ristisiltojen lukumäärällä.

Geelinmuodostuksessa munaproteiinit eivät pysty kilpailemaan esimerkiksi gelaatiiniin kanssa.

#### 4.2.1 Koaguloituminen ja geeliytyminen – veteen piirretty viiva

Koaguloitumisen katsotaan usein olevan pelkkä geeliytymisen välivaihe. Elintarviketeknologiassa koaguloitumista ja geeliytymistä on kuitenkin pidetty jopa toistensa vastakohtina.

Koaguloitumisessa proteiinit muodostavat säännöttömän kiinteän rakenteen, jossa on vain hyvin vähän auenneita polypeptidiketjuja. Geeliin verrattuna koaguloitunut rakenne on usein selvästi pehmeämpi ja hauraampi. Tähän pohjautuu esimerkiksi kokomunan käytöllä kakkuihin aikaansaatu mururakenne, jossa munan proteiinit ja lipoproteiinit koaguloituessaan reagoivat muiden valmistusaineiden kanssa. Keltuainen on tässä prosessissa erittäin hyödyllinen, koska lipoproteiineista irronnut rasva näyttää edistävän ei-lineaaristen rakenteiden säilymistä ja estävän näin polypeptidiketjujen aukeamista. Muun muassa Madeira-kakun leivonta olisi mahdotonta ilman keltuaisen LDL-fraktiota, joskin myös muilla keltuaisen osilla lienee oma roolinsa leivonnan onnistumisessa.

Valkuaisen proteiinit toimivat hyvinä sidonta-aineina ja muodostavat koaguloituessaan lisäksi toiminnallisia kokonaisuuksia (aggregaatteja) muiden valmistusaineiden kanssa. Mekanismi, jolla proteiinit toimivat on erilainen eri systeemeissä. Ovalbumiinin mahdollisena toimintamekanismina on pidetty sen kykyä aggregoitua ilman täydellistä denaturoitumista (Burley & Vadehra 1989).

## 4.2.2 Kananmunan geelinmuodostukseen osallistuvat proteiinit

Kananmunan proteiinien gelatinoitumista on tutkittu pääasiassa puhtailla proteiinifraktioilla (sekä erikseen että seoksina), joista tehdyn ”mallivanukkaan” ominaisuuksia on pystytty mittaamaan.

Puhtaista proteiinifraktioista lysotsyymi muodosti selvästi kiinteimmän rakenteen. Ovoglobuliinit, ovalbumiini ja konalbumiini muodostivat myöskin selkeän, mutta selvästi lysotsyymiä heikomman geelirakenteen. Ovomusiini ja ovomukoidi eivät yksinään muodostaneet geelirakennetta. Toisen tutkimustuloksen mukaan runsaasti ovomusiinia sisältävä valkuaiskierre (chalazae) saattaa jopa estää koaguloitumista! (Baldwin 1986)

Seoksista saadut tulokset osoittautuivat mutkikkaita. Valkuaista vastaavan proteiinikoostumuksen geelivahvuus oli suhteellisen heikko, mutta sen koaguloitumislämpötila varsin korkea (71–73 °C) (Johnson & Zabik 1981c).

Tutkittaessa pH:n vaikutusta ovalbumiinigeelin kiinteyteen havaittiin geelin olevan vahvimillaan pH-arvojen 3,6 ja 6,8 läheisyydessä (Nakamura et al. 1982). Lisäksi ovalbumiinin on sopivana pitoisuutena havaittu vahvistavan keltuaisen LDL-fraktiosta syntyvän geelin vahvuutta, kun taas esimerkiksi lysotsyymillä lisäys näyttäisi heikentävän sitä (Kojima & Nakamura 1985).

## 4.2.3 Kananmunageelejä ja geelimäisiä tuotteita

Kananmuna sisältää runsaasti ovalbumiinia ja sitä on suhteellisen helppo eristää. Ehkä juuri tästä syystä ovalbumiinigeelejä on tutkittu erittäin runsaasti.

Kun ovalbumiiniin lisätään negatiivisesti varautuneita pintajännitystä alentavia aineita (anionisia detergenttejä, esim. SDS), saadaan aikaan tuote, jonka kiinteyttä voidaan säädellä detergentin määrää vaihtelemalla. Myös lievällä pH:n säädöllä

saadaan aikaan vastaava vaikutus. Menetelmää voitaisiin kenties soveltaa (vai olisiko jo sovellettu?) esimerkiksi soft drink -tuotteisiin sekä kastikkeisiin ja keittoihin (Hegg & Löfqvist 1974).

Muista tutkimustuloksista voidaan lisäksi päätellä, että ovalbumiinin geeliytymistä säätelevät pääasiassa elektrostaattiset vuorovaikutukset (Egelandstal 1980, Ma & Holme 1982). Tätä ominaisuutta hyväksikäyttäen voidaan kuiva-kuuma -käsitteilyllä löytää sopiva tasapaino hylkivien ja puoleensa vetävien voimien välille. Syntyvä lineaarinen aggregaatti muodostaa lämmitettäessä läpinäkyvän, kiinteän geelin, jonka kovuutta voidaan säädellä pH-alueella 3–8 (Matsudomi et al. 1991). Vastaavan kaltaisia läpinäkyviä geelejä on valmistettu myös lysotsyymistä (Tani et al. 1993). Muun muassa syötävien pakkausmateriaalien tuotannossa geelin (filmin) kiinteyden ja sameuden säätelymahdollisuudet ovat hyvin haluttuja.

## 4.3 Emulgoituminen

Emulsioksi kutsutaan seosta, jossa niin sanottuun jatkuvaan faasiin on sekoitettu (dispergoitu) toista erilaista faasia. Tyypillisiä emulsioita ovat maito (öljy vedessä -emulsio) ja voi (vesi öljyssä, tehty ns. faasinkäännöksen avulla). Useimmiten faasit ovat toisiinsa sekoittumattomia nesteitä, mutta myöskin kaasu-neste -emulsiot ovat mahdollisia (esimerkiksi vaahto).

Emulgaattorit ovat aineita, jotka stabiiloivat emulsioita alentamalla pintajännitystä eri faasien välillä (eli ovat pinta-aktiivisia aineita). Monia proteiineja, kuten kaseiinia, soijaproteiinia, lihasproteiinia ja kananmunan proteiineja on käytetty emulgaattoreina eri elintarvikkeissa (Mine et al. 1991).

Keltuainen itsessään on emulsio, jossa jatkuvana faasina on vesi ja dispergoituneena faasina öljy. Lisäksi keltuainen on erittäin tehokas emulgaattori. Tästä syystä keltuaista (tai kokomunaa) käytetään muun muassa majoneesien ja salaattinkastikkeiden

olennaisena valmistusaineena (Baldwin 1986).

Keltuaisen suuren emulgointitehokkuuden tärkeimmäksi taustatekijäksi on määritetty keltuaisen LDL-fraktio. Parhaimmaksi LDL-fraktion pitoisuudeksi on arvioitu noin 0,5 %, jolloin kyseisen fraktion emulgointitehokkuus on moninkertainen verrattuna esimerkiksi BSA:n (naudan seerumin albumiini, bovine serum albumin) tai lesitiiniin. Suolan määrän, pH:n tai lesitiinin lisäys ei vaikuttanut merkittävästi emulsion vahvuuteen (Mizutani & Nakamura 1984). LDL-emulsion keskimääräisen pisarakoon on havaittu olevan huomattavasti pienemmän kuin esimerkiksi BSA:n. Lisäksi LDL-emulsio oli huomattavan stabiili. Näiden ominaisuuksien uskotaan olevan perustana LDL:n kyvylle sitoa tehokkaasti rasvaa (Mizutani & Nakamura 1985).

Keltuaisesta saostettujen, vähemmän rasvaa ja kolesterolia sisältävien granuloiden on havaittu stabiloivan emulsioita tuoretta keltuaista paremmin (Anton & Gander 1995).

### 4.3.1 Valkuaisen emulgaattorit

Myös valkuaisen proteiineja voidaan käyttää emulgaattoreina. Erityisesti ovalbumiinin käyttöä on tutkittu runsaasti.

Ovalbumiinin emulgointiominaisuuksia on pyritty parantamaan muun muassa sokerilla (Maillard -reaktion avulla) sekä pH:n säätötoimenpiteillä (Mine et al. 1991, Kato et al. 1993).

## 4.4 Muita kananmunan funktionaalisia ominaisuuksia

### 4.4.1 Kiteytymisen säätely

Makeisteollisuudessa käytetään kananmunaa pääasiassa sokerikiteiden kasvun säätelijänä. Karamellimassa (= sokeri + vesi) ei sekoitettaessa pysty sitomaan itseensä ilmaa. Kananmunan valkuainen kasvattaa

liuoksen viskositeettia ja kerääntyy (agglomeroituu) ilmakehien pinnalle. Syntynyt vaahto yhdessä valkuaisstabilisointien kanssa edistää laadukkaiden makeisten syntyä (Baldwin 1986).

### 4.4.2 Flavori

Tuoreessa hyvälaatuisessa munassa ei ole mitään voimakasta makua tai tuoksua (Joson, se on todennäköisesti pilaantunut). Keitetyn munan maku ja haju ovat tärkeitä sekä ruuan hyväksyttävyyden että nautittavuuden kannalta. Sekä haihtuvat että ei-haihtuvat yhdisteet vaikuttavat flavorin syntyyn (Burley & Vadehra 1989).

Kananmunan virhetuoksut tulisi pystyä määrittämään selvästi, koska munan tyyppillistä flavoria on luonnehdittu lempeäksi ja miellyttäväksi. Useimmiten havaittuja virheflavoreja on luonnehdittu ummehtuneeksi, vieraiksi tai väljähtäneiksi (Maga 1982).

Kanamunasta on pystytty kaasukromatografisesti erottamaan noin 120 erilaista haihtuvaa yhdistettä ja näistä on identifioitu 65. Runsaimmin esiintyy 5-heptadekeenä ja indolia, jotka muodostavat lähes puolet munien ja munatuotteiden haihtuvien yhdisteiden kokonaismäärästä (MacLeod & Cave 1976). Kun kananmunaa lämmitettiin 2 tuntia 120 °C:ssa (pH 10) havaittiin 11 perusrakennetta: pyridiini, 2-metyylipyridiini, pyratsiini sekä kuusi alkyylisubstituoitua pyratsiinia ja kaksi alkyylisubstituoitua tiatsolia. Rakenteiden uskotaan syntyvän ovalbumiiniin sitoutuneiden hiilihydraattien ruskettumisreaktioiden tuloksena (Kato et al. 1978).

Munatuotteiden pilaantumisen ilmaisevan tuoksun on havaittu olevan yhteydessä kasvaneeseen etanolipitoisuuteen. Korkean erotuskyvyn kromatografialla (HPLC) määritetyistä haihtuvista ja ei-haihtuvista yhdisteistä urasiiliin todettiin antavan suurimman vasteen. Tästä syystä urasiiliin määrää on pidetty eräänä mahdollisena mittarina munatuotteiden pilaantumisen (Morris et al. 1989).



### 4.4.3 Värimuodostus

Kanojen ruokinnalla pystytään vaikuttamaan keltuaisen väriin. Miellyttävän keltaista väriä pidetään leivonnaisten, nuudeliin, jäätelön, vanukkaiden, kastikkeiden ja omelettien tärkeänä ominaisuutena. Useimmiten elintarvikkeiden valmistuksen aikana munan värissä ei tapahdu muutoksia.

Munien keittämisen aikana tapahtuva keltuaisen värimuutos vihertävänmustaksi johtuu rautasulfidien muodostuksesta. Joissain tapauksissa konalbumiini-kompleksit saattavat muodostaa punertavaa väriä erityisesti happamissa munatuotteissa. Samaa ominaisuutta voidaan hyödyntää mitattaessa konalbumiiniaktiivisuutta erilaisissa kananmunatuotteissa (Baldwin 1986).

## 5 Elintarvikkeisiin tai non food -käyttöön – lesitiini, lysotsyymi vai joku muu?

### 5.1 Lesitiini

Soija on yleisin lesitiinin lähde elintarviketeollisuudessa. Soijalesitiiniä käytetään emulgointiaineena esimerkiksi suklaa- ja rasvateollisuudessa.

Munankeltuaisöljyssä on arvokas, rintamaitoa muistuttava rasvahappokoostumus. Tästä syystä sitä on käytetty muun muassa imeväisikäisille tarkoitetuissa tuotteissa. Munankeltuaisen lesitiiniä on käytetty lääketieteellisissä ja kosmetiikkasovelluksissa voimakkaan kapseloimisominaisuuden, stabiilisuuden ja suhteellisen alhaisen kustannustason takia. Elintarvikkeikäyttöä rajoittavat merkittävästi lesitiinin uuttomenetelmiin liittyvät jäämät: dietyylieetteri, heksaani ja kloroformi ovat yleisiä uutossa käytettyjä liuottimia (Juneja et al. 1994b).

Uusi patentoitu menetelmä perustuu lesitiinin ja neutraalien öljyjen samanaikai-

seen erottamiseen etanoliuutolla. Lesitiiniä voidaan lisäksi poistaa kolesterolin ylikriittistä uuttoa hyväksi käyttäen (Sim 1994). Menetelmän etuna on myrkyllisten liuotinjäämien väheneminen, mutta samalla uuton saanto heikkenee.

Munalesitiinin käyttö elintarvikkeissa saattaisi olla perusteltua tietyissä erikoistuotteissa, joissa keinotekoiset emulgaattorit halutaan korvata elintarvikkeproteiineilla ja -fosfolipideillä (Bringe et al. 1996). Tällaiset tuotteet voisivat liittyä esimerkiksi niin kutsuttuihin terveysvaikutteisiin elintarvikkeisiin. Bulkkituotteena muna-lesitiini ei todennäköisesti pysty kilpailemaan soijalesitiinin kanssa (Wester 1996).

### 5.2 Lysotsyymi

Lysotsyymiä (1,4-β-N-asetyyylimuramidasi) tuotetaan ja puhdistetaan Euroopassa melko laajassa mittakaavassa. Ensimmäinen patentti myönnettiin SPA-yhtiölle Italiaan, mutta tällä hetkellä on käytössä muitakin prosesseja. Prosessissa on (helppokäyttöisen lysotsyymin erotusmenetelmän ohella) tärkeää varmistaa jäljelle jäävän valkuaisen hyötykäyttömahdollisuus.

Lysotsyymin pääkäyttäjät ovat elintarviketeollisuus (säilöntäaine, viininkirkastus) ja lääketeollisuus (Mulder et al. 1994).

#### 5.2.1 Lysotsyymi – säilöntäaine

Kananmunan lysotsyymin antimikrobisia ominaisuuksia on hyödynnetty elintarvikkeiden valmistuksessa varsin laajasti. Kananmunan valkuainen on suhteellisen halpa lysotsyymin raaka-ainelähde. Lisäksi se on turvallinen, tuttu peruselintarvike, jota on saatavilla suuria määriä.

Lysotsyymin mikrobikasvua estävää vaikutusta on käytetty muun muassa tuoreissa hedelmissä ja vihanneksissa, meriruuissa, vanukkaissa, lihassa ja makkarassa, perunasalaatissa, kastikkeissa sekä erilaisissa puolikovissa ja kovissa juustoissa, kuten Edamissa, Goudassa, Emmentalissa ja eräissä italialaisissa juustoissa. Äidinmaidonvastikkeeseen lisätyllä lysotsyymillä saadaan

ravinnon koostumus muistuttamaan ihmismaidon koostumusta (Cunningham et al. 1991).

Lysotsyymi katalysoi  $\beta$ -1,4-glykosidisten sidosten hydrolyysiä N-asetyylimuraamiinihapon ja N-asetyyliglukosamiinin välillä. Nämä molemmat ovat bakteerien soluseinän rakenneosia, joiden hajoaminen johtaa solun tuhoutumiseen (Multifect Lysozyme 1996).

### 5.2.1.1 Lysotsyymin teho erilaisiin bakteerikantoihin

Lysotsyymin vaikutusta erilaisiin bakteerikantoihin on tutkittu runsaasti. Taulukoon 12 on kerätty yhteenveto saaduista tuloksista (Cunningham et al. 1991). Epäselvä tai vähäinen vaikutus on varustettu merkinnällä +/-.

### 5.2.1.2 Erilaisia lysotsyymillä "säilöttyjä" elintarvikkeita

Erityisesti Japanissa lysotsyymin käyttö säilöntäaineena on suosittua. Patentteja lysotsyymin käytölle säilöntäaineena on haettu ainakin tuoreiden vihannesten ja hedelmien sekä kalan ja lihan pintakäsittelylle (Kanebo Ltd 1973), tofu-tuotteiden säilöntään (Taiyo Food Co. Ltd. 1972) sekä kuivamaitopohjaisten lastenlääkkeiden säilymisen parantamiseen yhdessä ovomusiinin ja ovalbumiinin kera (Morinaga Milk Industry Co. Ltd. 1979).

Eisai Co. Ltd. patentoi menetelmän osterien, katkarapujen ja muun meriruuuan säilömiseen lysotsyymi-ruokasuolaliuoksella jääkaappilämpötilassa vuonna 1972. Sama yhtiö on patentoinut upotusmenetelmän lysotsyymi-NaCl-aminohappo -säilönnälle (1971), viinin ja saken säilyvyyttä parantavan menetelmän (1971) ja saken stabiilisuutta parantavan menetelmän (1980).

Muita, lähinnä aasialaisia ruokalajeja, joissa käytetään lysotsyymiä ovat kimchi (kiinankaalia, pippuria, etikkaa ja valkosipulia), japanilainen perunasalaatti, sushi, kiinalaiset nuudelit sekä niin sanottu kermamunavanukas.

Lysotsyymiä käytetään äidinmaidonkorvikkeissa säilyvyyden ja koostumuksen parantajana. Lisäksi lysotsyymin on väitetty parantavan maidon säilyvyyttä, jolloin maidon sterilointi voidaan tehdä alemmilla lämpötiloilla (37 °C/3h).

### 5.2.1.3 Lysotsyymi ja juustot

Lysotsyymi näyttäisi toimivan juustoissa renniinin kaltaisena kaseiinimisellien destabilisaattorina. *Clostridium tyrobutyricum* vaikutuksesta juustoissa tapahtuvaa jälkikäymistä voidaan tehokkaasti estää lysotsyymin lisäyksellä. Lysotsyymi estää myös *Listeria monocytogenes* -bakteerin kasvua esimerkiksi vihanneksissa, mutta näyttäisi siltä, että maidon muut komponentit estävät lysotsyymin vaikutuksen maidossa mahdollisesti esiintyvään *Listeriaan*. Juuston rakenteeseen tai aistittaviin ominaisuuksiin lysotsyymi ei vaikuta (Neviani 1990).

### 5.2.1.4 Lysotsyymi lihatuotteissa

Lysotsyymiä yhdessä suolan ja/tai nitraatin kanssa on kokeiltu lihan ja erilaisten makkaroiden säilöntäaineena. Kokeissa lysotsyymin on todettu estävän tehokkaasti erilaisten mikrobien kasvua liskonlihatuotteissa (!), salami- ja Wienimakkaroissa sekä kalajalosteissa. Ongelmatekijöiksi mainittiin suhteellisen korkeiden lysotsyymipitoisuuksien mahdollisesti aiheuttamat allergiat (Cunningham et al. 1991).

Mainittujen sovellusten lisäksi lysotsyymiä on käytetty muun muassa hiivan autolyttisessä hajoamisessa sekä juomissa.

## 6 Mitä muuta munasta?

Munia on kokeiltu ja käytetty monissa erilaisissa elintarvikkeiden valmistusprosesseissa, jotka eivät ole johtaneet varsinaisiin kaupallisiin menestyksiin. Seuraavassa on vielä sellaisia kokeiluja, jotka on mainittu erilaissa lähteissä.

**Taulukko 12.** Lysotsyymiin teho erilaisiin bakteerikantoihin.

	Bakteerikanta	Teho	Huomioitavaa
Bacillus	<i>B. cereus</i>	+ / -	
Lactobacillus	<i>L. arabinosus</i>	+	
	<i>L. helveticus</i>	+ / -	kaseiinin vaikutus
	<i>L. fermentum</i>	+	viinin valmistus
	<i>L. heterohiochii</i>	+	viinin valmistus
	<i>L. fermenti</i>	+	viinin valmistus
	<i>L. plantarum</i>	+	viinin valmistus
	<i>L. casei</i>	+	viinin valmistus
	<i>L. bulgaricus</i>	+ / -	
Corynebacterium	<i>C. renale</i>	+ / -	
	<i>C. pyogenes</i>	-	
Micrococcus	<i>M. lysodeicticus</i>	+	98 % herkkyys
	<i>M. luteus</i>	+	
	<i>M. varians</i>	-	
Sarcina	<i>S. lutea</i>	+	
Sporosarcina	<i>S. ureae</i>	+	
Staphylococcus	<i>S. aureus</i>	+ / -	
Streptococcus	<i>S. faecalis</i>	+	
	<i>S. equi</i>	-	
	<i>S. mutans</i>	+	
	<i>S. diacetilactis</i>	+ / -	juuston starteri
	<i>S. lactis</i>	+ / -	juuston starteri
	<i>S. cremoris</i>	+ / -	juuston starteri
	<i>S. typhimurium</i>	+	
Salmonella	<i>S. senftenberg</i>	+	
	<i>S. typhimurium</i>	+	

	Bakteerikanta	Teho	Huomioitavaa
Brucella	<i>B. canis</i>	+ / -	
Klebsiella	<i>K. ozaenae</i>	-	
Shigella	<i>S. boydii</i>	+	
Neisseria			
Pseudomonas	<i>P. aeruginosa</i>	+ / -	
	<i>P. fluorescens</i>	+	
Pasteurella			
Erwinia			
Escherichia	<i>E. coli</i>	+ / -	EDTA, Brij-58, Triton X-100 lämmön vaikutus
Clostridium	<i>C. botulinium</i>	+ / -	
Vibrio		-	
Proteus	<i>P. mirabilis</i>	+ / -	
Eltor	<i>E. vibrio cholerae</i>	+	
Aeromonas	<i>A. hydrophii</i>	+ / -	
Caryophanum	<i>C. latum</i>	+	
Actinomycetes		+	L-threoniini ja/tai L-lysiinilisäys
Moraxella	<i>M. osloensis</i>	+	
Campylobacter	<i>C. fetus</i>	+	
Listeria	<i>L. monocytogenes</i>	+	
Anacytic	<i>A. nidulans</i>	+ / -	

Cunningham et al. (1991)

Terveysjuomatyypiset munajuomat. Ehkä suurimpana ongelma huono säilyvyys, erityisesti kiintoaineen kasvu säilytyksen aikana.

Pienimuotoisen jatkojalostuksen tuotteet. Emäntien ja isäntien omana käsityö-

nä valmistamat vanukkaat, piirakat, omeletit jne. Hygienia joskus kyseenalainen.

”Ylisuuret kananmunat”.

Lisäksi on olemassa lukuisia ”omia reseptejä”, joita ei ole julkisesti saatavilla.

# III Kananmuna – non food -raaka-aine

## 1 Yleistä

Perinteisen kuorikananmunan kulutuksen huippuaika on jo takanapäin. Ainakin, mikäli elintarviketeollisuuden ennustuksiin on uskomista. Terveysriskit, jotka kananmunaan liitetään, ohjaavat varsinkin elintarviketeollisuuden etsimään uusia innovaatioita muualta kuin kananmunasta.

Elintarviketeollisuuden karttavat kolesterolit ja muut rasvayhdisteet saattavat kuitenkin olla arvokasta raaka-ainetta biologisesti tärkeiden steroidien ja fosfolipidien tuotannossa. Toinen vähintään yhtä arvokas raaka-ainelähde ovat valkuaisen proteiinit, joita jo osittain hyödynnetään erilaisissa sovelluksissa (Bayer & Wilchek 1994).

Kananmunan käyttöä non food -sovellusten raaka-ainelähteenä voidaan perustella seuraavasti:

1. Raaka-ainetta on helppo saada suurikin määriä.
2. Raaka-aineen laadun kontrollointi on (ainakin Suomessa) korkealla tasolla.
3. Suurta osaa elintarvikekäyttöön kehitetyistä menetelmistä voidaan hyödyntää myös non food -tuotannossa.
4. Raaka-aineen modifiointi kanan ravintoa muuttelemalla on mahdollista.
5. Raaka-aineen hinta on suhteellisen edullinen.
6. Munantuotannon kilpailukyvyyn säilyttäminen nykyisillä tuotantomäärillä (=yli-tuotantotilanteessa) vaatii uusien käyttökohteiden löytämistä ja hyödyntämistä.
7. Fraktiointituotteiden puhtausaste on korkea.

## 2 Non food -käytön historiaa ja perinteisiä sovelluksia

On varsin todennäköistä, että ensimmäiset havainnot kananmunan emulgointi- ja vedensidontaominaisuuksista havaittiin eräänlaisen non food -käytön kautta. ”Yrittys- ja erehdys” -menetelmää soveltamalla kananmunaa alettiin käyttää muun muassa nahkojen ja turkisten pintakäsittelyssä, maalausteiteissa sekä ihon hoitoon liittyvissä tuotteissa. Osa näistä prosesseista, jotka ovat olleet käytössä kenties jo tuhansia vuosia, ovat edelleen vailla täydellistä tieteellistä selvitystä (Burley & Vadehra 1989).

### 2.1 Kananmuna ja taide

Ehkä vanhimmat munien ”non food -käyttöön” liittyvät sovellukset ovat peräisin ajalta ennen ajanlaskumme alkua. Pääsiäissäarilla kukoistaneissa erilaisissa kulttuureissa koristeltiin munia ja munanmuotoisia kiviä todennäköisesti uskonnollisiin seremonioihin liittyen.

Munaan liittyy monia yliluonnollisia uskomuksia, myyttejä sekä oletuksia. Monissa luomiskertomuksissa, taioissa, hedelmällisyys- ja puhdistautumisriiteissä sekä ylösnousemuskertomuksissa munalla on keskeinen osuus. Asian ”pimeää puolta” edustavat kertomukset munista paholaisen ruokana ja demonien kasvualustana.

”Kirjalliset todisteet” koristemunista alkavat 1200-luvulta, jolloin Englannin kuningas Edward I lahjoitti hovilleen kultaehdin koristeltuja munia. 1500-luvulla Louis XV lahjoitti Madame Du Barrylle kullatun munan, ”lemmenjumalan yllätyksen”. Munien koristelu koki huippuaikansa Venäjän tsaarien myötä; jalokivin koristellut munaornamentit olivat arvokasta kauppa- ja keräilytavaraa. Peter Carl Fabergén (1846–1920) muotoilemat munat ovat vaikuttaneet moniin taiteilijoihin vuosikymmenten ajan ja ovat edelleen keräilijöiden suosimia koriste-esineitä (Galyean & Cotterill 1986).

Edelleenkin perinteiset munaornamentit ovat Euroopan kuningashuoneiden rakastamaa taidetta. Muita ”munataiteen” nykyisiä muotoja ovat niin sanotut ”scratch work” ja ”wax resist”, joissa molemmissa munien koristevärjäykseen käytetään luonnosta eristettyjä väriaineita. Tekniikat itsessään ovat satoja vuosia vanhoja, mutta ne ovat edelleen käytössä.

Vedellä ohennettu keltuainen, johon lisätään väriä jauheena on perustana niin sanotussa tempera -tyylisessä taidemaalauksessa. Tekniikka kehitettiin renessanssin aikoihin ja sitä käyttävät edelleen muuttamat, lähinnä italialaiset taiteilijat (Galyean & Cotterill 1986).

## 2.2 Nahat ja turkikset

Nahkojen pintakäsittelyyn käytetyn valkuaisen tarkoituksena on helpottaa värjäysmateriaalien tunkeutumista nahkaan, edistää vedenpitävyyttä ja parantaa kosketettaessa aistittavaa nahan tuntua. Tämän katsotaan perustuvan kuivan, denaturoituneen ovalbumiinin muodostaman pintakerroksen ominaisuuksiin, joita muut valkuaisen proteiinit lisäksi edistävät.

Prosessia, jossa öljy tunkeutuu nahan pinnan huokosiin parantaen nahan elastisuutta, kestoja ja ”öljymäistä” tuntua, kutsutaan nimellä ”fat liquoring”. Sitä, miten kananmuna helpottaa rasvan tunkeutumista nahan huokosiin ei ole pystytty selvit-

tämään. Näyttää kuitenkin siltä, että valkuainen toimii prosessissa yksinkin, mutta keltuainen ei.

Eräs oletus mekanismista on se, että valkuaisen proteiinit tunkeutuvat vuotaan ja tarrautuvat sen kuituihin. Tällöin kuidut muuttuvat hyvin vettä hylkiviksi, mikä helpottaa rasvan tunkeutumista nahan sisään. Keltuaisen rooli on toimia emulgattorina ja samalla lisätä nahan sisään tunkeutuvan rasvan määrää (Burley & Vadehra 1989). Tanner’s Egg Yolk -tuotemerkki liittyy alunperin nahan pehmittämiseen, vaikka kyseistä tuotetta ei enää tähän tarkoitukseen käytetäkään (Galyean & Cotterill 1986).

## 2.3 Kosmetiikka

Kananmunan keltuaista on kautta aikojen käytetty ihovoiteena. Lisäksi keltuaista on lisätty hiustenhoitotuotteisiin, saippuoihin ja kosteusvoiteisiin. Keltuaisen oletetun tehon katsotaan perustuvan lipidien ominaisuuksiin.

## 2.4 Muita sovelluksia

Muita aloja, joissa kananmunaa on vuosien saatossa käytetty ovat esimerkiksi valokuvauslevyt, musteet, tekokuidut, tekstiilivärjäys sekä kumi- ja liimateollisuus. Useimmissa tapauksissa muna on jossain vaiheessa korvattu synteettisellä valmisteella.

# 3 Millainen on ”non food -kana”?

Suomalaisen munantuotannon tärkeimmäksi valttikortiksi on nimetty terve eläinaineksi, mikä heijastuu suoraan myös suomalaisen munan laatuun (Hiidenhovi et al. 1995). Turvallisuus, terveellisyys ja tuoreus ovat käytännössä kaikilta eläinperäisiltä

elintarvikkeilta vaadittavia peruselementtejä.

### 3.1 Moninaiskäyttökana...

Non food -käyttöön tarkoitettujen kananmunien tuottaminen ei toistaiseksi ole eronnut elintarvikemunien tuotannosta (käytännössä elintarvikemunien ylijäämästä on tehty non food -tuotteita).

Mikäli non food -tuotteet perustuvat esimerkiksi valkuaisen proteiinien erotteeluun ja/tai keltuaisen fosfolipideihin, on tuskin suurta tarvetta erillisten "non food -kanojen" kasvattamiseen. Sama ravinto, olosuhteet, lääkintä ja muu hoito pätevät tällöin niin elintarvike- kuin non food -munienkin tuottamiseen. Parhaimmassa tapauksessa munista voidaan fraktioida osa non food -käyttöön, jäljelle jäävästä osasta (esimerkiksi keltuaisesta) valmistetaan erikoismunamassaa elintarvikekäyttöön ja vihoviimeisestä osasta tehdään rehua joko koti- tai lemmikkieläinten tarpeisiin.

### 3.2 ... vai manipulaatiokana?

Jos tavoitteeksi asetetaan esimerkiksi bioaktiivisten peptidien ja immunoglobuliinien tuotto, saattaa tilanne muuttua toiseksi. Tällöin kana toimiikin esimerkiksi erilaisten proteiinien valmistuksesta ja kuljetuksesta huolehtivana tehtaan. Proteiinit saattavat olla yhdenmukaisia munassa luonnostaan esiintyvien proteiinien kanssa, mutta "non food -munassa" niiden määrä on jopa moninkertaisesti rikastettu. Vaihtoehtoisesti proteiinit voivat olla uusia rakenteita, joita munassa ei luonnostaan esiinny. Tällaisten proteiinien syntetisointi perustuu uusimpaan geeniteknologiaan; nykypäivänä pystytään vaikuttamaan, ei ainoastaan geenien rakenteeseen, vaan myöskin ohjaamaan geenin tuottaman proteiinin toimintaa (Verrinder Gibbins & Brazolot 1994).

Kun munivia kanoja rokotetaan sopivilla, niiden elimistölle vierailla aineilla (an-

tigeeneilla), herätetään kanan oma puolustusjärjestelmä tuottamaan vieraalle aineelle spesifistä vasta-aineita. Näistä vasta-aineista huomattava osa siirtyy kanan verenkierrosta munaan. Kyseisistä vasta-aineista käytetään lyhenteitä IgY (keltuaisessa) sekä IgM ja IgA (valkuaisessa).

Perinteisessä menetelmässä vasta-ainetta tuotetaan immunisoitujen hiirien, marsujen tai kanien avulla. Vasta-aine kerätään eläimen verestä, mikä luonnollisesti edellyttää lukuisia verenotokertoja tai koko eläimen lopettamista. Vasta-ainemunat ovat huomattavasti siistimpi vaihtoehto: veren talteenoton sijaan kerätäänkin normaaliin tapaan munia (van Regenmortel 1993). Parhaillaan tutkitaan tapaa, millä pystyttäisiin mahdollisimman tehokkaasti siirtämään antigeeni kanan elimistöön. Perinteisen rokottamisen sijaan etsitään menetelmää, jossa antigeeni voitaisiin kuljettaa kanan yksinkertaisesti rehuun sekoitettuna. Myös tämä menetelmä tarjoaisi mahdollisuuden hyödyntää munan "ylijääviä" osia muissa käyttökohteissa (Verrinder Gibbins & Brazolot 1994).

Yllä kuvatun kaltaisen tuotannon järjestäminen saattaisi vaatia tiettyjä muutoksia hoitokäytäntöön. Perusrehuun lisätyn antigeenin määrää tulisi kontrolloida tehokkaasti, mikä edellyttäisi kenties ruokintakäytännön muuttamista. Munien keräilyyn, kuljetukseen ja muuhun aikataulutukseen liittyvät rutiinit joutuisivat uuteen tarkasteluun. Lisäksi kanan lääkitsemiseen liittyvät kysymykset olisi harkittava uudelleen.

## 4 Kananmunan teknologinen fraktiointi ja fraktioiden hyödyntäminen

Proteiinien puhdistus erilaisista biologisista raaka-aineista on olennainen osa monia erilaisia teollisia prosesseja. Proteiinia hu-

kataan puhdistuksen jokaisessa välivaiheessa jonkin verran. Hyvin usein proteiinin saantoprosessi on kääntäen verrannollinen puhdistusprosessin välivaiheiden määrään. Eli kääntäen: mitä puhtaampaa tuotetta halutaan sitä suurempi on raaka-aineen materiaalihävikki.

Kananmunan valkuaisista voidaan hyvällä syyllä sanoa varsinaiseksi proteiinien kulkavokseksi. Valkuainen sisältää proteiineja, jotka esimerkiksi estävät mikrobien ja virusten kasvua, ovat metallin- ja/tai vitamiininsitojia, entsyymejä tai entsyymi-inhibiittoreita. Useimmat proteiineista ovat niin kutsuttuja glykojohdannaisia eli ne sisältävät proteiinien ohella myös sokeriosia (Koketsu 1997). Munanvalkuaisen (joka käytännössä on n. 10 % proteiiniliuos) erilaisten proteiinien erotuksen ja puhdistuksen helppous vaihtelee suuresti yksittäisen proteiinin ominaisuuksien mukaan (Hidderhovi et al. 1995). Valkuaisen proteiinisäällöstä noin 95 % (lähes 20 erilaista proteiinia) lienee tällä hetkellä karakterisoitu. Kuvassa 9 on esitetty pääosa valkuaisen tähän mennessä identifioituista proteiineista sekä listattu erilaisia puhdistusmenetelmiä.

Keltuasta puolestaan voidaan nimittää suurimmaksi tunnetuksi biologiseksi soluksi, vaikka se muistuttaakin lähinnä pitkälle erikoistunutta kudosta (Burley & Vadehra 1989). Se sisältää lukuisia uuden elämän syntymiselle tärkeitä kemiallisia yhdisteitä (Juneja & Kim 1997).

Fysikaalisesti keltuasta voidaan luonnehtia öljy-vedessä -emulsioksi. Se sisältää noin 50 % kuiva-ainetta, josta 65–70 % on (elintarviketeollisuuden kaihtamaa) rasvaa ja 30–35 % proteiinia. Leivontateknisin termein keltuaisen voidaan sanoa olevan pseudoplastinen, ei-Newtoninen neste. Tällä kuvataan nestemäisen keltuaisen ominaisuuksissa tapahtuvia palautumattomia muutoksia erilaisissa kuormitustilanteissa (Belitz & Grosch 1986). Keltuaisen fosfolipidejä (n. 25 % koko rasvan määrästä) pidetään arvokkaina apuaineina muun muassa lääketeollisuudessa. Kuvassa 10 on yksinkertaistettu kaavio munankeltuaisen arvokkaista komponenteista.

## 4.1 Valkuaisen fraktiointi non food -käyttöön soveltuviksi komponenteiksi

Lukuisat munan ”normaalit” komponentit ovat arvokkaita, non food -käyttöön soveltuvia materiaaleja. Kananmunan valkuaisen proteiineja on pyritty eristämään erilaisin menetelmin jo vuosisadan ajan. Ensimmäinen kattava tutkimus valkuaisen proteiinien erotuksesta on 40 vuoden takaa, jolloin proteiineja erotettiin selluloosapohjaisella kationinvaihtajalla (Rhodes et al. 1994)..

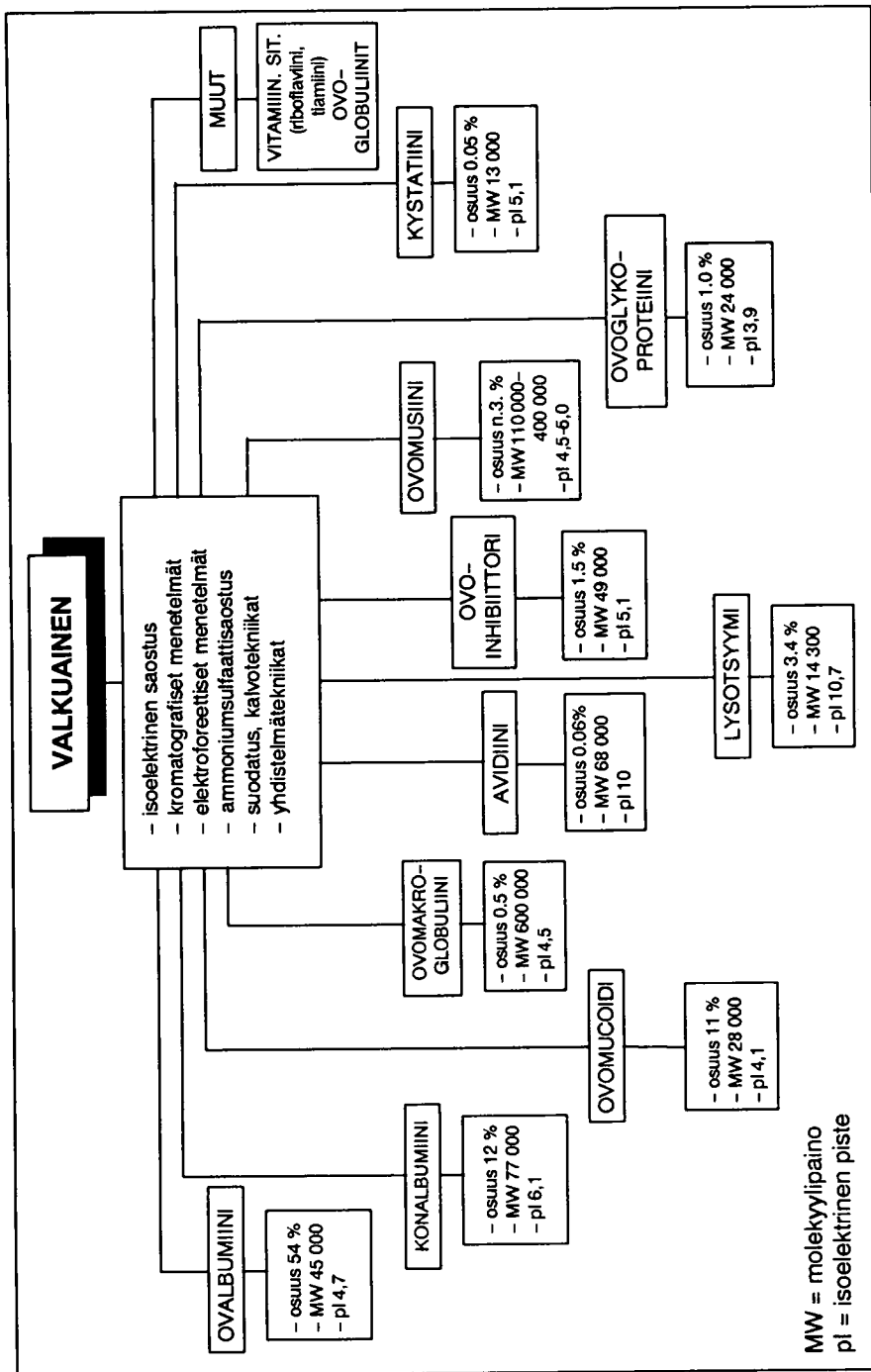
Lysotsyymi, avidiini ja ovalbumiini ovat valkuaisen proteiineista todennäköisesti tutkituimpia. Nykyisin kiinnostus on lisääntynyt erityisesti valkuaisen glykoproteiineja kohtaan.

### 4.1.1 Lysotsyymin erotus

Tämän julkaisun kananmunan elintarvikekäyttöä käsittelevässä osassa (II) kartoitettiin lysotsyymin käyttöä antimikrobisena aineena erilaisissa elintarvikkeissa. Lysotsyymin teollinen erottaminen katsotaan kannattavaksi, mikäli käytetty menetelmä on riittävän tehokas (saanto korkea), tuote puhdasta, käyttökustannukset ovat kohtuulliset ja tarvittavien materiaalien saanti on turvattu. Lisäksi jäljelle jäävä valkuaismassa on voitava hyödyntää tehokkaasti.

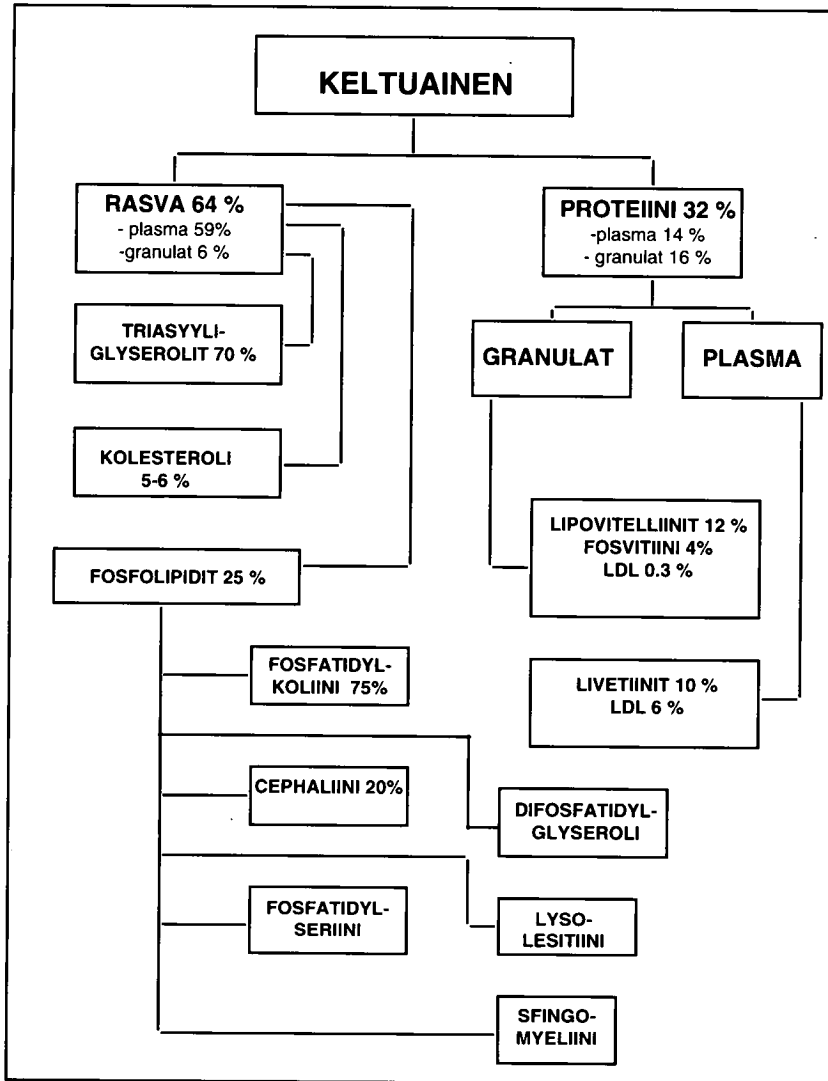
Vuonna 1995 teollisesti erotetun lysotsyymin määräksi arvioitiin yli 100 000 kiloa (Gould 1995).

Lysotsyymi on valkuaisen proteiineista ainoa, joka voidaan kiteyttää suoraan nestemäisestä valkuaisesta isoelektrisellä saostuksella. Valkuaisen pH nostetaan arvoon 9,0–9,5, jonka jälkeen liuokseen lisätään 5 %:sta natriumkloridia. Lysotsyymisaostuma voidaan ottaa talteen suodattamalla tai sentrifugoimalla ja saanto vaihtelee 60–80 %. Mikäli halutaan puhtaampaa tuotetta, voidaan saostuma liuottaa ja uudelleen saostaa (Alderton & Fevold 1964). Lisäksi on kehitetty ja patentoitu useita menetelmiä saannon ja puhtausasteen kasvattamiseksi. Kuvattu menetelmä ei kuitenkaan



Kuva 9. Kanamunan valkuaisen proteiineja ja niiden erotusmenetelmiä.





Kuva 10. Kananmunan keltuaisen keskeisiä komponentteja.

enää ole kovin suosittu, koska erotuksesta jälkeen jäävä valkuaismassa on liian suolaista ainakin useimpiin elintarvikesovelluksiin (Durance 1994).

Vuonna 1987 on patentoitu menetelmä, jossa kemiallisesti käsitelty kitiini on immobilisoitu geelimatriisiin. Kitiinin toimissa lysotsyymiä keräävänä aineena syntyy affiniteettikromatografiaan perustuva kertaprosessi (panosprosessi), josta jälkeen jäävää valkuaismassaa voidaan hyödyntää

muissa sovelluksissa. Myös deaminoidulla (Weaver et al. 1977) ja magnetisoiduilla kitiineillä (Safarik & Safarikova 1993) on kokeiltu vastaavaa menetelmää.

Teollisuusmittakaavassa lysotsyymien erotusmenetelmistä suosituin on yhdistelmätekniikka, jossa hyödynnetään tandem-prosessina kationinvaihtoa ja isoelektristä saostusta. Kationinvaihtohartsia ja valkuaisista sekoitetaan, kunnes lysotsyymi on kiinnittynyt hartsisiin. Muu valkuainen pois-

**Taulukko 13.** Joitakin affiniteettipareja ja niiden dissosiaatiovakioita (Bayer & Wilcheck 1990).

Sitova proteiini	Sidottava molekyyli	Dissosiaatiovakio (M)
Avidiini	Biotiini	n. $10^{-15}$
Streptavidini	Biotiini	n. $10^{-15}$
Reseptorit	Hormonit, toksiinit, jne.	$10^{-9}$ – $10^{-12}$
Vasta-aineet	Antigeenit	$10^{-9}$ – $10^{-11}$
Kuljettajaproteiinit	Vitamiinit, sokerit, jne.	$10^{-6}$ – $10^{-8}$
Lektiinit	Hiihihydraatit	$10^{-3}$ – $10^{-6}$
Entsyymit	Substraatit	$10^{-3}$ – $10^{-5}$

Bayer & Wilcheck (1990)

tetaan dekantoimalla tai suodattamalla ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi lukuisiin elintarvikesovelluksiin.

Kationinvaihtohartsina voidaan käyttää esimerkiksi karboksimeetyyliseluloosaa (CMC) tai Duolite C-464 -kationinvaihtohartsia. Lysotsyymi irrotetaan (eluoidaan) hartsista natrium-, kalium-, tai ammoniumsulojen liuoksella (Ahvenainen et al. 1980). Tätä menetelmää sovelletaan muun muassa Genecor Internationalin tuottamaan Multifect Lysozyme -lysotsyymihydrokloridin valmistuksessa. Tuote on valkoinen, kiteinen jauhe, jonka kosteus on 6 %. Jauhe liukenee veteen ja sen pääasialliset käyttökohteet liittyvät puolikovien juustojen jälkikäymisen estoon sekä antimikrobisidisiin sovelluksiin (katso osa II, 5.2.1) (Multifect Lysozyme 1996).

Puhtaan non food -käytön kannalta mielenkiintoinen menetelmä on munien rikkomisen jälkeen kananmunankuoriin kiinni jääneen lysotsyymin erottaminen ja hyödyntäminen. Muut proteiinit poistetaan kuorimassasta suodattamalla happolämpökäsittelyn jälkeen. Lysotsyymi erotetaan suodoksesta kationinvaihtohartsilla ja menetelmän kehittäjien käsityksen mukaan samaa menetelmää voitaisiin pienin muutoksin soveltaa munakuorien ohella myös hereaan (Wilkinson & Dorrington 1975).

Ultrasuodatukseen perustuvat erotusmenetelmät eivät toistaiseksi ole osoittautuneet kovinkaan tehokkaiksi. Ongelmat liittyvät lysotsyymien suureen kompleksimuodostuskykyyn muiden valkuaisen proteiinien kanssa: suuret, ei-kovalenttisin

sidoksin muodostuneet lysotsyymi-proteiini -kompleksit eivät kulkeudu membraanien läpi (Durance 1994). Kompleksinmuodostuskyky saattaa joskus myös aiheuttaa ongelmia lysotsyymiaktiivisuuksissa (Cunningham et al. 1991).

#### 4.1.2 Avidiini, avidiini-biotiini

Avidiini on hyvin pieninä määrinä (0,05 %) kananmunan valkuaisessa esiintyvä glykoproteiini. Avidiinilla on erittäin voimakas kyky muodostaa kompleksi B-vitamiineihin kuuluvan biotiinin kanssa (taulukko 13). Kompleksi sietää hyvin detergenttejä ja on saatu hajotamaan vasta erittäin happamissa olosuhteissa (pH 1,5) tai voimakkaalla kuumennuksella (70 °C) (Bayer & Wildcheck 1994).

Joskus on väitetty B-vitamiinin puutostilojen johtuvan siitä, että puutoksesta kärsivä henkilö on syönyt suuria määriä raakaa kananmunaa. Tällöin biotiini on sitoutunut valkuaisen avidiiniin ja inaktivoitunut (Belitz & Grosch 1986).

Avidiinin biologista tehtävää ei kiistatusti ole onnistuttu selvittämään. Se on rakenteeltaan neljästä identtisestä palasesta koostuva, ”kaksikerroksinen” tetrameeri, jonka molekyylipainoksi on laskettu 62400 Da. Sen uskotaan kuitenkin estävän mikrobikasvua sekä liittyvän kehittyvän kananalkion biotiinin saantiin. Avidiini kestää hyvin korkeita lämpötiloja, mutta on suhteellisen altis hapettumiselle (Durance 1994).

#### 4.1.2.1 Avidiinin erotus munanvalkuaisesta

Avidiinin erotus suoritetaan usein lysotsyymin erotuksen yhteydessä. Menetelmä perustuu havaintoon, jossa todettiin avidiinin sitoutuvan lysotsyymiin kanssa Duolite C-464 -ioninvaihtohartsiin. Yksinkertaisella eluointiolosuhteiden optimoinnilla (korkeammalla suolakonsentraatiolla) saatiin avidiini irrotetuksi erilleen lysotsyymistä (kuva 11) (Li-Chan et al. 1986).

Erotukseen voidaan käyttää myös esimerkiksi 2-iminobiotin.6aminoheksyyli-Sepharose 4B -erotuspylvästä. Avidiinin irrotus pylvästä vaatii kuitenkin erittäin kovat olosuhteet, esimerkiksi ureaa. Menetelmä on lisäksi kallis ja tuotetta ei urean käytön vuoksi saa USA:n FDA:n direktiivien mukaan käyttää elintarvikesovelluksissa (Durance 1994).

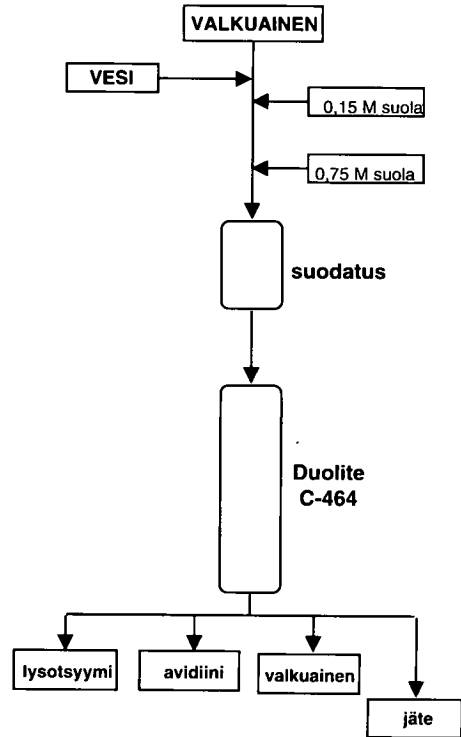
#### 4.1.2.2 Avidiinin jatkopuhdistus bioteknologisiin sovelluksiin

Koska esimerkiksi monet farmaseuttiset sovellukset vaativat huomattavan puhtauden avidiinia (puhtaus-% 80–92), joudutaan bulkkiavidiinia usein jatkopuhdistamaan. Tähän on käytetty useimmiten HPLC – pylväitä (Piskarev et al. 1990) tai kationinvaihtohartsia.

Avidiinin tuotantoa harjoittaa Euroopassa esimerkiksi belgialainen Belovo, jota pidetään eräänlaisena alan markkinajohtajana.

#### 4.1.2.3 Avidiini – streptavidiniini

Joskus munanvalkuaisen avidiinin käyttö on johtanut erittäin epäspesifiseen sitoutumiseen. Avidiinin keinotekoinen vastine, streptavidiniini, on näissä tapauksissa osoittautunut usein käyttökelpoiseksi. Streptavidiniini on noin 100 kertaa kalliimpaa kuin avidiini. Pitkälti tästä syystä avidiiniin on pyritty modifioimaan streptavidiinista haluttuja ominaisuuksia eli neutraalisuutta ja oligosakkaridirakennetta (Bayer & Wilcheck 1990, Bayer & Wilcheck 1994).



Kuva 11. Avidiini ja lysotsyymien erotus valkuaisesta.

#### 4.1.3 Avidiini-biotiini -teknologian käyttösovelluksia

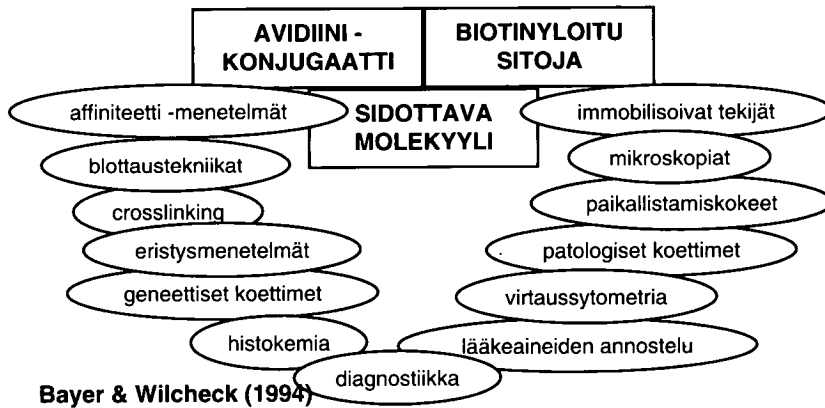
Kaupallisesti tärkeimmät avidiini-biotiini -systemien edut liittyvät sen monipuolisuuteen ja laajaan sovellettavuuteen. Erityisesti diagnostisissa menetelmissä tarvittava herkkyys ja stabiilisuus ovat tehneet avidiini-biotiini -systemistä suosittua. Kompleksin vahvuus sallii avidiinin suuren muokattavuuden, jolloin käyttö muodostuu erittäin laajaksi.

Kuvassa 12 on yhteenveto avidiini-biotiini -teknologian käyttösovelluksista.

Avidiinin puhdistus ja tuottaminen kaupallisiin tarkoituksiin on Euroopassa jo aloitettu, mutta markkinaosuudet eivät ainakaan vielä ole kovinkaan merkittäviä.

#### 4.1.4 Ovalbumiini

Suurin osa valkuaisen kuiva-aineesta on ovalbumiini, jota onnistuttiin ensimmäi-



Kuva 12. Avidiini-biotiinitekniikan käyttösovelluksia.

sen kerran eristämään kiteyttämällä 1800-luvun lopussa. Jo lähes vuosisadan ajan ovalbumiinia on puhtautensa ja helpon saatavuutensa takia käytetty eräänlaisena malliyhdisteenä erilaisissa proteiinitutkimuksissa.

Kanamunia säilytettäessä osa ovalbumiinista muuttuu stabiilimmaksi S-ovalbumiiniksi. Tuoreessa munassa S-muotoa on arvioitu olevan noin 5 %, kun sitä puoli vuotta kylmässä (4 °C) säilytetyissä munissa havaittiin olevan yli 80 %. Tästä syystä erikäiset tai eri tavalla säilytetyt munat käytäytyvät esimerkiksi keitetäessä eri tavoin (Nguyen & Smith 1984). Lisäksi ovalbumiinista on erotettu kolme fosforipitoisuuden suhteen eroavaa fraktiota.

#### 4.1.4.1 Ovalbumiinin erotus

Ovalbumiinin erotus valkuaisesta on (suuremmissa mittakaavassa) helpoin suorittaa ylikylläisellä ammoniumsulfaattisaostuksella. Menetelmä koostuu useasta perättäisestä kiteyttämisen-, suolanpoiston- ja pakkaskuivausvaiheesta (Caslavská et al. 1991). Mikäli mahdollista, käytetään valkuaismassaa josta lysosyyymi ja avidiini on poistettu ioninvaihtokolonilla (Li-Chan et al. 1986). Eristetty ovalbumiini on kiteinen valkoinen jauhe, joka säilyy yleensä pitkiäkin aikoja muuttumattomana.

Muita ovalbumiinin eristykseen (laboratoriomittakaavassa) käytettyjä menetel-

miä ovat geelisuodatus, ioninvaihtokromatografia (yleensä DEAE-selluloosa) ja/tai elektroforeettiset menetelmät. Näistä anionista ioninvaihtokromatografiaa pidetään soveltuvimpana menetelmänä prosessitason systeemiksi (Awade 1996).

Ainakin vielä vuonna 1994 esitettiin arvio, että ovalbumiinia ei Euroopassa eristettäisi kaupallisiin tarkoituksiin (Mulder et al. 1994). Ovalbumiinia pidetään kuitenkin mahdollisena lääketieteellisuuden kiinnostuksen kohteena, jossa sitä voitaisiin käyttää puristuksen apuaineena. Ovalbumiinipelletin avulla uskotaan voitavan kontrolloidusti vapauttaa lääkkeiden tehoaine ovalbumiinin sulassa ruuansulatuselimistössä (Verrinder Gibbins & Brazolot 1994).

Toinen ovalbumiinin käyttömahdollisuus saattaa liittyä jo mainittuun syötävien päällysteiden valmistukseen (Gennadios et al. 1996).

#### 4.1.5 Konalbumiini (ovotransferriini) – potentiaalia on, sovelluksia ei

Valkuaisen toiseksi runsain yksittäinen proteiini on konalbumiini. Nimensä mukaisesti se kuuluu rautaa sitoviin proteiineihin, joita on runsaasti veressä, maksassa ja munankeltuaisessa. Nämä proteiinit huolehtivat raudan kuljetuksesta ja ovat siten osa elintoimintoja ylläpitävää mekanismia.

Luonnollisessa valkuaisessa oleva konalbumiini ei normaalisti sisällä rautaa. Yhtenä konalbumiinin tehtävänä kananmunassa mainitaankin matalan rautapitoisuuden ylläpitäminen, jolloin erilaisten mikro-organismien raudansaanti estyy. Samaan ominaisuuteen perustuu konalbumiinin käyttö bakteeri-inhibiittorina.

Lisäksi on todennäköisestä, että konalbumiini osallistuu raudankuljetukseen kananalkion kehityksen aikana (Burley & Vadehra 1989).

#### **4.1.5.1 Konalbumiinin erotus valkuaisesta**

Monien tutkijoiden mielestä puhtaan konalbumiiniproteiinin erottaminen valkuaisesta on eräs kaikkein vaikeimmista kananmunan fraktiointiprosesseista. Konalbumiinia ”saadaan” helposti epäpuhtautena mukaan esimerkiksi ovalbumiinin saostuksen yhteydessä. Suhteellisen puhdasta tuotetta saadaan yhdistelemällä ammoniumsulfatissaostuksia, sentrifugointeja sekä suodatuksia. Menetelmän suurimpana haittapuolena voidaan pitää sen kertaluonnetta ja pitkää kestoa (n. 2 vrk) (Azari & Baugh 1967).

Vuonna 1993 julkaistiin panosmenetelmä, jossa konalbumiini ja lysotsyymi erotettiin samanaikaisesti monoliittisellä, ristisidoksella selluloosaioninvaihtokolonnilla (CM-HVFM). Matriisi on hyvin huokoista ja avointa, lähes tunnelimaista. Prosessi on suhteellisen nopea ja erotettu konalbumiini varsin puhdasta (Ming et al. 1993).

#### **4.1.5.2 Olisiko konalbumiinille käyttöä?**

Myöskään konalbumiinia ei todennäköisesti eroteta kaupallisiin tarpeisiin. Sen luonnolliset käyttösovellukset voisivat liittyä mikrobien kasvun estoon sekä raudan sidontaan. Kuten aiemmin todettiin (osa II, 2.3.3), konalbumiini saattaa jopa estää ravinnon muun raudan imeytymistä elimistöön (Burley & Vadehra 1989).

#### **4.1.6 Ovomukoidi – inhibiittori**

Ovomukoidi on yhdiste, jota esiintyy lähes kaikkien lintulajien munissa. Se toimii proteiineja pilkkovien entsyymien toiminnan inhibiittorina ja munissa sen uskotaan rajoittavan erityisesti seriiniproteaasien määrää.

Ovomukoidia on kananmunan valkuaisessa suhteellisen runsaasti (11 %). Ovomukoidi on glykoproteiini, jossa hiilihydraatin osuus on noin 20 % (heksooseja 5,1 %, heksosamiineja 13,6 % ja sialiinihappoa 0,4 %) (Rhodes et al. 1960). Hiilihydraatin suuren määrän on arvioitu liittyvän liukoisuustasapainojen säätelyyn.

Puhdas ovomukoidi ei saostu lämmön tai happokäsittelyn vaikutuksesta. Sen sijaan vuorovaikutuksessa lysotsyymin kanssa sen havaittiin muodostavan rakenteen, jota ylläpitävät elektrostaattiset vuorovaikutukset (Matsuda et al. 1982).

Ovomukoidi voidaan erottaa valkuaisesta ainakin saostamalla ja ioninvaihtokromatografialla. Sen käyttömahdollisuudet saattaisivat liittyä hiilihydraattiosien hyödyntämiseen.

#### **4.1.7 Ovomusiini – erinomaisen epämukava erotettava**

Ovomusiini on suurikokoinen glykoproteiini, joka ylläpitää valkuaisen kiinteyttä tuoreessa munassa. Lisäksi sillä on havaittu olevan tiettyjä, virusten kasvua estäviä ominaisuuksia.

Ovomusiini on glykoproteiinikompleksi, jossa hiilihydraatin osuus vaihtelee alayksikköittäin. Se jaettiin aluksi kahteen alayksikköön, liukoiseen  $\alpha$ - ja vaikealiukoiseen  $\beta$ -ovomusiiniin. Nytkin -ovomusiinin on havaittu koostuvan ainakin kolmesta, todennäköisesti hiilihydraattikoostumukseltaan erilaisesta rakenteesta.

##### **4.1.7.1 Ovomusiinin fraktiointi ja fraktioiden käyttö**

Ovomusiinin erotus valkuaisesta perustuu isoelektrisen saostuksen ja geelisuodatuk-

sen yhdistelmään. Saostettu raakaovomusiini pakkaskuivataan ja tasa-aineistetaan (homogenisoidaan). Saostuksen yhteydessä saostuu yleensä aina myös lysotsyymiä sekä pieniä määriä ovalbumiinia ja konalbumiinia. Lysotsyymien suurehko määrä viittaa sen olennaiseen rooliin ovomusiinikompleksin rakenteessa.

Ovomusiinikompleksi on erittäin vaikealiukoinen; todennäköisesti varsinkin  $\beta$ -ovomusiini liukenee vain hyvin alhaisina konsentraatioina ja vaatii detergenttien käyttöä. Ovomusiinikompleksi voidaan pelkistää alayksiköikseen ja alayksiköt edelleen erottaa geelisuodatuksella. SDS-PAGE -tekniikalla voidaan arvioida varsin hyvin puhdistusmenetelmän tehokkuutta (Hiidenhovi 1996). Alayksiköistä voidaan edelleen entsyymaattisesti vapauttaa hiilihydraattiosat ( $\beta$ -ovomusiinissa n. 60 %), joita voitaneen hyödyntää esimerkiksi antibioottien valmistuksessa. Myös ovomusiinin glykopeptidien hyödyntämistä lääketieteellisiin tarkoituksiin on pidetty potentiaalisena kananmunan non food -käyttömahdollisuutena (Guérin-Dubiard et al. 1993). Sopivan eristysmenetelmän puute lienee ollut suurin este ovomusiinin laajemmalle hyötykäytölle.

#### 4.1.8 Muut valkuaisen proteiinit

Valkuaisesta on identifioitu yhteensä noin 20 erilaista proteiinikomponenttia. Analyysitekniikan kehittyessä pystytään havaitsemaan yhä pienempiä proteiinipitoisuuksia, joten uusia valkuaisfraktioita löydetään lisää lähitulevaisuudessa (Hiidenhovi et al. 1995).

Useimmiten valkuaisen fraktioinnin yhteydessä tuijotetaan yhden tietyn eristetyn proteiinin ominaisuuksiin. Hyvin mielenkiintoinen tutkimusala saattaisi olla erilaisten, kananmunan valkuaisesta eristettyjen proteiinifraktioiden ”uusyhdistäminen”. Asiasta on raportoitu varsin suppeasti (Matsuda et al. 1982), joten aihetta koskeva tutkimus saattaisi paljastaa mielenkiintoisia asioita erilaisten proteiinikombinaatioiden käyttäytymisestä.

#### 4.1.9 Valkuaiskierre (chalazae)

Valkuaiskierteen tehtävänä on keskittää keltuainen munan keskelle. Se on köysiäistä, gelatinoitunutta rakennetta, joka muodostaa alle 0,5 % koko munan painosta (kuva 4). Proteiinirakenteeltaan valkuaiskierre muistuttaa sakeaa valkuaista: se sisältää lysotsyymiä ja ovomusiinin kaltaista proteiinia (Burley & Vadehra 1989).

Todennäköisesti valkuaiskierteen glykoproteiinien hiilihydraattiosat eroavat valkuaisen vastaavien proteiinien sokereista (Kato et al. 1982). Tämä saattaa tarjota mahdollisuuden hyödyntää näitä sokereita spesifisesti esimerkiksi kliinisessä diagnostiikassa (mm. sialiniihappo; reseptorit, immunologiset menetelmät jne.) (Tsukada et al. 1990). Koska valkuaiskierre yleensä on munanjalostusteollisuuden ”jätettä”, voidaan sitä käsitellä esimerkiksi yhdessä keltuaisen kalvojen kanssa. Noin 800 kilosta tällaista massaa on pystytty tuottamaan 300 g sialiniihappoa ja sen johdannaisia (Juneja et al. 1994a).

#### 4.2 Keltuaisen non food -käyttö – fosfolipidit vai joku muu fraktio?

”Keskiarvokananmuna” sisältää noin 6 g rasvaa. Käytännössä koko lipidifraktio sijaitsee munankeltuaisessa, jonka kuiva-ainesta rasva muodostaa lähes 65 %. Muna saattaisi siis olla potentiaalinen lähde erilaisille öljyille, joita keltuaisesta erilaisilla menetelmillä voidaan erottaa. Keltuaisöljyn käyttöä on tutkittu muun muassa äidinmaidonvastikkeissa, koska se rasvahapokoostumukseltaan muistuttaa huomattavasti äidinmaitoa (Sim 1994).

Fosfolipidit (lähinnä lesitiini) ovat elintarvikekäytön (emulgointi) ohella olleet kosmetiikka- ja lääketieteellisuuden mielenkiinnon kohteena (Kiesvaara 1996). Lesitiini on välttämätön ainesosa esimerkiksi liposomirakenteissa, joita hyödynnetään lääkkeiden annostelun apuaineina (Hatta et al. 1988). Keltuaisen fosfatidylkoliini ja

sfingomyeliini ovat koliinin esiasteita. Koliineja pidetään tärkeinä aivotoiminnan tehostajina, maksan toiminnan säätelijöinä sekä mahdollisina syövän estäjinä (Juneja 1997). Lisäksi, mikäli keltuainen on esimerkiksi rasvapitoisuutensa takia korvattu jossain valmistusprosessissa muulla tuotteella, voidaan lopputuotteen aistittavaa laatua parantaa lisäämällä siihen keltuaisesta erotettuja, vähärasvaisia fraktioita (Bringe & Cheng 1995).

Keltuaisen korkea fosfolipidipitoisuus tarjoaa hyvän lähtökohdan erilaisten fosfolipiden erottamiselle, puhdistamiselle ja hyötykäytölle. Lisäksi, edellä mainittujen fosfolipidien (lesitiinin, fosfatidylkoliinin ja sfingomyeliinin) ohella keltuaisen proteiineista fosfittiini- sekä  $\alpha$ ,  $\beta$ - ja  $\gamma$ -livetii-nifraktiot ovat mahdollisia lähteitä erilaisille bioaktiivisille peptideille.

#### 4.2.1 Fosfolipidien erotusmenetelmiä

Perinteinen rasvauutto perustuu orgaanisiin liuottimiin. Keltuaisen fraktiointiin käytetään usein asetonia, jonka avulla voidaan ensin poistaa vesi ja tämän jälkeen triasyyliglyserolit. Asetoniin liukenemattomat fosfolipidit ja proteiinit jäävät tällöin uutoliuokseen, josta fosfolipidit voidaan uutata alkoholilla. Perinteisellä asetoni-etanolii -uutolla saadaan 500 kilosta keltuaista talteen noin 37,5 kg fosfolipidejä. Menetelmän haittapuolena on erityisesti herkissä biologisissa materiaaleissa denaturoituminen: usein kaikki muut paitsi haluttu fraktio ”menetetään”. Lisäksi erotuksen valikoiuus ei ole kovinkaan hyvä ja menetelmät ovat hankalasti sovellettavissa suurempaan mittakaavaan (Juneja et al. 1994b).

Ylikriittinen uutto on tehokas menetelmä keltuaisen rasvan erotukseen. Sen taloudellisuus raakalesitiinin tuotannossa on kuitenkin kyseenalainen korkeiden laite- ja materiaalikulujen takia (Froning et al. 1990), mutta lääketeollisuuden tarvitseman puhtaamman lesitiinin tuotannossa sitä voitaneen hyödyntää.

Kolmas käyttökelpoinen menetelmä perustuu vedellä laimennetun keltuaisen

käsittelyyn natriumalgiinaateilla ja suolalla. Syntynyt saostuma sentrifugoidaan ja sakasta voidaan etanolilla uutata fosfolipidit proteiinien jäädessä supernatanttiin (Hatta et al. 1988).

#### 4.2.2 Yksittäisten fosfolipidien jatkopuhdistus

Fosfolipidit sisältävästä fraktiosta voidaan erottaa erilaiset fosfolipidit (mm. fosfatidylkoliini, fosfatidyletanolamiini, fosfatidylseriini, fosfatidylglyseroli, lysofosfatidylkoliini, sfingomyeliini) kromatografisesti joko geelisuodatuksella (silikageelipylväs) tai ioninvaihtokromatografialla (Juneja et al. 1994b).

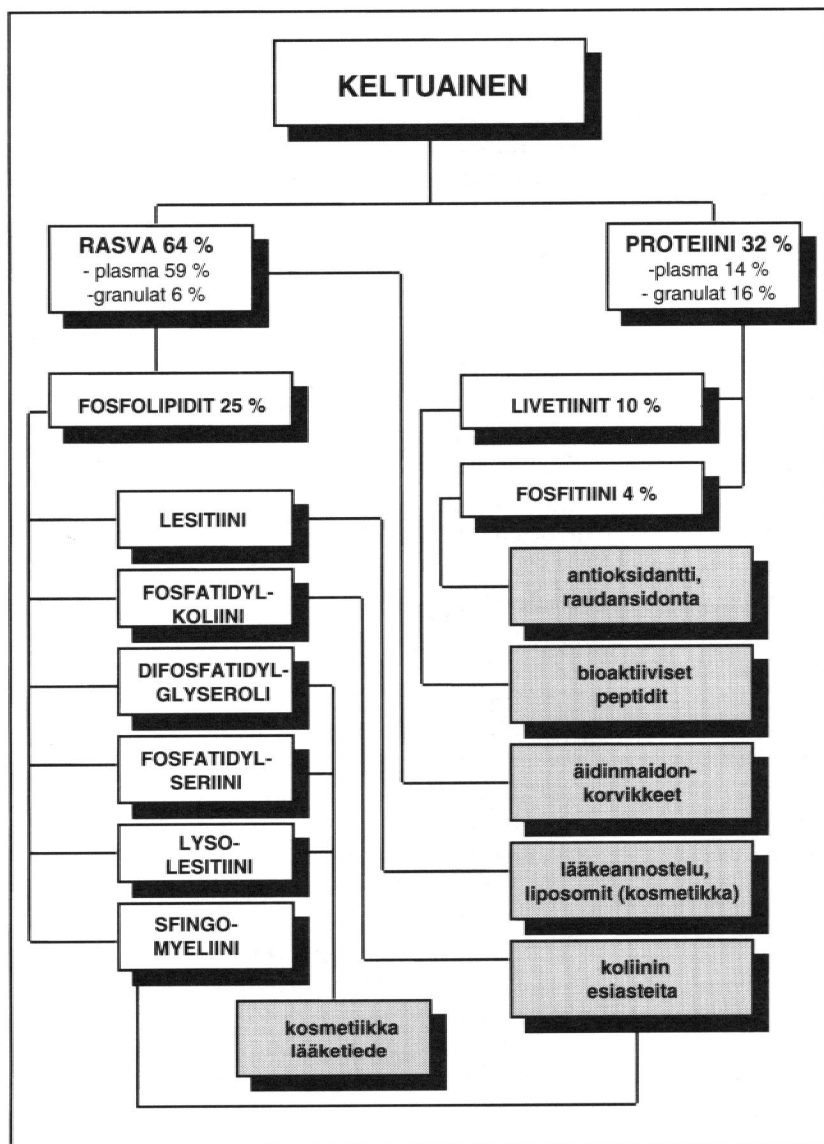
#### 4.2.3 Plasman proteiinit – fosfittiinin erotus

Lähes kaikki kananmunan sisältämä metalli on sitoutunut yhteen keltuaisen proteiiniin, fosfittiiniin. Fosfittiini on tunnetuista proteiineista kaikkein fosforyloitunein ja sen raudansidontakyky ylittää jopa transferrinien vastaavan kyvyn (vrt. osa III, 4.1.5.) (Taborsky 1980).

Fosfittiinin erotukseen kehitetty menetelmä perustuu muiden keltuaisen vesiliukoisten proteiinien erottamiseen happamissa olosuhteissa. Jäljelle jäävä, fosfittiinin sisältämä, rasvafraktio uutetaan heksaani-etanolilla, saostuma kuivataan, uutetaan 1,74 M natriumkloridilla, suodatetaan ja suodokseen jäänyt fosfittiini dialysoidaan ja kuivataan. Menetelmällä saadaan talteen noin 100 mg fosfittiinia per muna (Losso & Nakai 1994).

### 4.3 Keltuaisuotteiden käyttö - yhteenveto

Kuvassa 13 on yhteenveto keltuaisen erilaisten fraktioiden käytöstä non food -raaka-aineena.



Kuva 13. Keltuainen non-food-tuotannon raaka-aineena.

## 5 Munijakanat – kävelevää bioteknologiaa?

Jos munijakanoja harkitusti immunisoidaan tietyillä antigeeneillä, munien keltuaiseen alkaa keräytyä eristettäviä määriä

vasta-aineita. Yksi keltuainen voi sisältää jopa 100 mg nisäkkäiden IgG:tä muistutavaa immunoglobuliinia, joka tunnetaan nimellä IgY (Making pharmaceutical 1995).

Nisäkkäiden IgG ja keltuaisen IgY eroavat molekyylikokonsa, isoelektrisen pisteensä ja proteolyysialttiutensa suhteen toisistaan. IgY:n kaltaisia spesifisiä vasta-aineita on sovellettu esimerkiksi virusdiagnos-



tiikkaan, molekyylien havainnointiin, karakterisointiin ja rakenteen arviointiin sekä elintarvikeanalytiikkaan. Lisäksi niiden terapeuttisia vaikutuksia hammasmätään sekä erilaisiin tulehdustiloihin on selvitelty runsaasti. IgY:n korkea lämmönsietokyky ja happamuus antavat aiheen olettaa niiden sopivan ruuansulatuselimistön tulehdustilojen (rotavirukset) estoon erityisesti vastasyntyneillä, ikääntyneillä sekä sellaisilla henkilöillä, joiden aktiivisen immuunivasteen taso on jostain syystä alentunut (Fichtali 1993).

Mielenkiintoinen sovellusalue voisi liittyä koti- ja hyötyeläinten passiiviseen immunoterapiaan. Jo nyt IgY:tä on sovellettu menetyksellisesti muun muassa kalasairauksien estossa (Hatta et al. 1997).

Geneettisesti kananmuna on lähes ihanteellinen ympäristö erilaisten uusien, biologisesti aktiivisten proteiinirakenteiden tuottamiseen ja säilyttämiseen. Koska kanasukupolven kiertoaika on lisäksi suhteellisen lyhyt ja jälkeläisten määrä suuri, voidaan geneettistä tutkimus- ja tuotekehitystyötä tehdä kanojen avulla nisäkkäitä nopeammin (Verrinder Gibbins & Brazolot 1994).

## 5.1 IgY:n erotus- ja puhdistusmenetelmät

Seerumin vasta-aineet keräytyvät munan-keltuaisen -livetiinifraktioon. Jotta IgY:hyn päästäisiin käsiin, on keltuaisen plasmas- ta ensin erotettava vesiliukoinen proteiinifraktio. Tämä fraktio sisältää  $\gamma$ -livetiinini lisäksi myös  $\alpha$ - ja  $\beta$ -livetieinejä, joista on päästävä eroon.

IgY:n eristykseen on kokeiltu lukuisia erilaisia saostusmenetelmiä: 2-propanolia, polyetyleeniglykolia, dekstraanisulfaattia, natriumalginaattia sekä  $\lambda$ -karrageenia ja ksantaanikumeja. Lopulliseen puhdistukseen on käytetty myös monia erilaisia kromatografisia menetelmiä: metallikelaattivuorovaikutusta, DEAE-selluloosaa, geelisuodatusta sekä kationinvaihtokromatografiaa. Ultrasuodatuskokeet suoraan vesiliu-

koisesta proteiinifraktiosta ovat päättyneet membraanien tukkeutumiseen musiinisilla lipoproteiineilla. Ammoniumsulfaattisaostetuista proteiinifraktioista on onnistuttu puhdistamaan IgY:tä ultrasuodattamalla.

Todennäköisesti tehokkain esitetty menetelmä on niin sanottu sarjasuodatussysteemi (Serial Filtration System). Keltuainen laimennetaan vedellä, pH pudotetaan arvoon 5,0 ja liuos jäädytetään. Keltuaisliuos suodatetaan 4-6 °C:ssa, jolloin suodos sisältää halutut vesiliukoiset proteiinit. Suodos suodatetaan uudelleen rasvojen poistamiseksi hydrofobisen membraanin läpi. Näin saatu suodos (pH säädetään arvoon 9, lisätään suolaa) ultrasuodatetaan 4-6 °C:ssa, jolloin saadaan elektroforeettisesti puhdasta IgY noin 92 % saannolla. Prosessi on mahdollista muokata jatkuvatoimiseksi, mikä luonnollisesti on suuri etu teollisessa tuotannossa (Kim & Nakai 1996).

### 5.1.1 Millaisiin elintarvikkeisiin IgY:tä voitaisiin lisätä?

Vasta-aineen aktiivisuuden säilyttäminen erilaisissa valmistusprosesseissa ratkaisee osaltaan sen, onko tuote käyttökelpoinen elintarviketeollisuuden tarpeisiin.

Puhtaan IgY:n on havaittu menettävän merkittävän osan aktiivisuudestaan kuumissa ( $T > 75$  °C) tai happamissa ( $\text{pH} < 3$ ) olosuhteissa (Shimizu et al. 1988). Lisäämällä IgY-liuokseen 30–50 tilavuusprosenttia sakkaroosia tai inverttiä sokeria vasta-aineiden denaturoituminen 75–80 °C:n lämpötiloissa väheni merkittävästi. Vastaava suojaava ominaisuus havaittiin myös happamille oloille ( $\text{pH} < 3$ ) tai korkealle paineelle (5000 kg/cm<sup>2</sup>) altistetussa IgY-liuoksessa. Näin ollen pelkästään korkea sokeirikonsentraatio saattaa riittää suojaamaan vasta-aineaktiivisuutta erilaisissa prosesseissa (Shimizu et al. 1994). Tältä pohjalta IgY:n lisäys hyvinkin erilaisiin elintarvikkeisiin sen tehon heikkenemättä olisi mahdollista. Kenties, ajatellen jo markkinoilla olevia niin sanottuja funktionaalisia elintarvikkeita, äidinmaidonkorvikkeet, maito-

tuotteet, kasviöljy sekä mehut ja makeiset olisivat (tässäkin tapauksessa!) käyttökelpoisimmat ryhmät (Hatta et al. 1993, Korhonen 1996).

### 5.1.2 IgY ruuansulatuskanavassa

Myös ihmisen ruuansulatuskanavan happamat olosuhteet sekä erilaiset entsyymit (pepsiini) inaktivoivat ja hajottavat ravinnon mukana nautittua vasta-ainetta.

IgY:n tehon säilyttämiseksi on kehitetty erilaisia kapselointimenetelmiä, joilla vasta-aine pyritään suojaamaan vatsalaukun hajotusmekanismeja vastaan. Laboratoriomittakaavassa IgY:tä on onnistuneesti kapseloitu liposomien avulla. Menetelmällä onnistuttiin estämään vatsahappojen denaturoivat ja pepsiinin pilkkovat vaikutukset, mutta se ei luonteensa takia sovellu esimerkiksi elintarviketeollisuuden tarpeisiin (Shimizu et al. 1993).

Monikerrosemulsiot on kehitetty suojaamaan elintarvikkeissa, lääkkeissä ja ympäristötekniikassa käytettäviä herkkiä yhdisteitä. Sovelluksia on lukuisia, esimerkiksi elintarvikkeissa kivennäisaineet, vitamiinit ja aromit voidaan suojata tällä menetelmällä. Kaupallinen, rasvapitoisuudeltaan pienempi kahvikerma perustuu veden kapselointiin monikerrosemulsiolla, jolloin kerman ”kermamaisuus” ei kärsi rasvan vähentämisestä. Myös IgY:n suojaamiseksi on kehitetty monikerrosemulsiotekniikkaa, mutta kokeet eivät toistaiseksi ole olleet kovinkaan menestyksekkäitä (Shimizu & Nagane 1995).

## 5.2 Geneettisesti modifioidut kanat – herääkö epäily?

Parin viime vuoden aikana geenimanipulaation avulla on onnistuttu tuottamaan lukuisia niin sanottuja siirtogeenisiä eläimiä. Hiiret, kanit ja kuuluisa Huomenvasikka ovat uuden tekniikan merkkipaluja.

Geeniteknologian huima kehitys avaa mahdollisuuden vaikuttaa myös erilaisten lintujen perimään. Kokeiluasteella olevia

menetelmiä ovat muun muassa DNA:n istutukseen sijoittaminen äskettäin hedelmöitettyyn alkioon *ex vivo*, erilaisten geneettisesti modifioitujen ”alkusolujen” käyttö alkioissa sekä RNA/DNA -tekniikka.

Geenimanipulaation vaikutukset siirtogeenisen kanan munimaan munaan ovat moninaiset: munan normaalien komponenttien määrän muutokset (esim. kolesteroli) tai muutokset munan komponenttien funktionaalisissa ominaisuuksissa, erilaisten ihmiselle terapeuttisten proteiinien tuottaminen, ”paikanvaihdokset” (ovalbumiini keltuaiseen?!) jne. Lisäksi pidetään mahdollisena modifioida perimää jopa siten, että modifioitu geeni pidetään muuten heterotsygoottisena ja homotsygoottiset muutokset ohjataan ainoastaan siihen sukupolveen, jonka halutaan tuottavan manipulaatiomunia (Verrinder Gibbins & Brazolot 1994).

Geenitekniikkaa pystytään siis hyödyntämään myös kananmunien jalostusarvon nostamisessa. Se, otetaanko kyseinen tekniikka käyttöön myös muussa kuin laboratoriomittakaavassa vaatii aivan ensimmäiseksi pitkähkön eettisen vuoropuhelun erilaisten ”asianomistajaryhmien” välillä.

## 6 Sekalaiset sovellukset

Edellä on pyritty tarkastelemaan suhteellisen järjestelmällisesti erilaisia kananmunan non food -käyttöön liittyviä tekniikoita ja tuotteita. Lisäksi on olemassa hyvin sekalainen joukko erilaisia sovelluksia, joiden sijoittaminen edellä oleviin kategorioihin on hankalaa. Näitä sovelluksia on kerätty seuraavaan yhteenvetoon.

Keltuaista käytetään naudan sperman pakastesäilönnässä. Kokonaisvaltainen selvitys mekanismin toiminnasta puuttuu, mutta todennäköisesti keltuainen yhtäältä suojaa spermaa kylmäshokilta (fosfolipidit ja lipoproteiinit) ja toisaalta helpottaa siitän toipumista (lipoproteiinit).

Kananmunan keltuainen tarjoaa erinomaisten kasvualustan monille erilaisille mikrobeille. Erityisesti virukset ”viihtyvät” keltuaisalustassa. Lisäksi hedelmöitettyjä munia on käytetty erilaisten rokotteiden kasvuympäristönä. Munat ovat tähän tarkoitukseen riittävän halpoja, eivätkä saatu helposti muiden organismien vaikutuksesta.

Kananalkioita voidaan hyödyntää myrkyllisyydestauksissa sekä kudosisvilyssä.

Munan membraaneilla uskotaan lisäksi voitavan korvata osa kosmetiikkaan liittyvistä eläinkokeista (Burley & Vadehra 1989).

Kananmunakapselit stimuloivat sukupuolielämää: Ruotsissa on testattu tuote, jonka aktiivisuuden väitetään johtuvan ”tarkalleen 9 päivää munan hedelmöitymisen jälkeen” uutetusta ainesosasta. Optimiannos on 2500 mg, joka nautitaan viitenä-kuutena noin 425 mg:n pillerinä (Hen pills perk up desire 1996).

Kananmunanvalkuainen on havaittu sopivaksi väliaineeksi hedelmöitymättömyystutkimuksiin liittyvässä siemennesteen liikkuvuusanalytiikassa (Eggert-Kruse et al. 1990).

## 7 Yhteenveto

Pääosalle suomalaisista kananmunan elintarvikekäyttö on edelleen yhtä kuin kuorikanamuna. Tämä käsitys ei juurikaan poikkea muun Euroopan kulutustottumuksista. Selvityksen aikana läpikäydyssä kirjallisuudessa esiintyy jo 1980-luvun alkupuolelta alkaen arvio munatuotteiden ja jalosteiden määrän huomattavasta kasvusta kuorimunan kustannuksella. Miksei näin sitten kuitenkaan ole käytännössä tapahtunut?

Suomessa ilmeisin syy on yksinkertaisesti taloudellinen. Kuorimunista saatu kate on tyydyttänyt sekä tuottajia että pakkaamoita, jolloin muuta varsinaista jatkojalostusta ei ole tarvittu. Eurooppalaisessa mit-

takaavassa syyt lienevät muualla. Muut peruselintarvikkeiden jalosteet (liha, kala, maito) ovat saaneet pitkän etumatkan kananmunaan verrattuna. Lisäksi osa munankulutuksesta on jo nyt korvattu muilla tuotteilla (esim. aamiaismurot) ja arviot kananmunan ja munajalosteiden negatiivisista terveysvaikutuksista eivät ole voineet olla vaikuttamatta terveystietoisten kuluttajien kananmunan kulutustottumuksiin.

Näyttäisi kuitenkin siltä, että monet (eurooppalaisista) kuluttajista olisivat valmiita käyttämään ”helpompia” kananmunia ruuanvalmistuksessaan: esimerkiksi 3–5 viittä munaa (tai valkuaista ja keltuaista erikseen) vastaavat pakkaukset kelppaisivat ”munakotiruokien” valmistajille. Hintatason määräytymistä ei kirjallisuudessa ole arvioitu, mutta jonkinlaisen arvion voisi tehdä seuraavalla ajatusleikillä. Kuorikanamunien hintatasoa ei ennen Suomen EU-jäsenyyttäkään pidetty korkeana. Hintojen laskettua ”EU-tasolle”, kananmunista tuli vähittäiskauppojen sisäänheittotuotteita (4 mk/kg tms.). Jos jalosteen kuluttajahinta vastaisi suurin piirtein ennen EU-jäsenyyttä ollutta kuorikanamunan hintatasoa, ei hinta todennäköisesti olisi este tuotteen markkinoinnille.

Kanamunien valmistuotteita (mikrovalmiita pakkauksia) järjestelmällisesti tutkivaa laitosta tai yritystä ei ainakaan Euroopasta löytynyt. Amerikkalaisessa Cornellin yliopistossa jo 1960-luvulla tehtyihin munajalosteita koskeviin tutkimuksiin viitataan edelleen monissa uudemmissakin julkaisuissa.

Kanamunien elintarvikekäyttöön liittyvät patentoidut menetelmät keskittyvät pääsääntöisesti kahteen asiakokonaisuuteen: funktionaalisten ominaisuuksien parantamiseen sekä massaus- ja kuivausteknologiaan. Uusimmat, 1980–90 -luvuilla haetut patentit koskevat myös valkuaisen proteiinien erotusmenetelmiä (lysotsyymi, avidiini), keltuaisen fosfolipidien erotusta sekä kolesterolin poistoa. Aivan viimeisimmistä pääosa käsittelee vasta-ainetuotantoon liittyvää tekniikkaa. Kuorten käyttö jää erittäin vähälle huomiolle.

Lääketeollisuus tarvitsee lääkevalmistuksen apuaineina sekä valkuaisen proteiinin että keltuaisen fosfolipidien kaltaisia aineita (Ruotsissa Pharmacia käytti kyseisiä tuotteita, kunnes kananmunien laatuun liittyvät ongelmat keskeyttivät toiminnan). Näiden fraktioiden erotukseen kehitetyt menetelmät tuottavat pääsääntöisesti erittäin puhdasta tuotetta. Todennäköisesti kanojen ruokintaan liittyvillä menettelyta-voilla voitaisiin prosessia edelleen tehostaa. Tässä suhteessa yhteistyö kananmunanjalostuksen ja lääketeollisuuden välillä (Suomenkin mittakaavassa) tuntuisi suorastaan loogiselta (?).

Ruokinnalla on saavutettu hyviä tuloksia munan rasvahapposäällön muokkaami-

nessa (ns. omegamunat). Vastaavasti voidaan vaikuttaa myös esimerkiksi vitamiinisisältöön. Jatkojalostus voisi tuottaa esimerkiksi urheilujuomien tyyppisiä muna-pohjaisia tuotteita, joiden markkinointi perustuisi ravintosisällön ja terveysvaikutusten tarkkaan dokumentointiin.

Aasia on edelläkävijäaluetta munien modifiointiin liittyvissä kysymyksissä.

Tieteellisesti ja tutkimuksellisesti mielenkiintoisin alue liittyy kanamunien avulla tuotettaviin vasta-aineisiin. Asiasta on jo nyt julkaistu mittava määrä tutkimustuloksia ja menetelmien kehitys teollisuusmit-takaavaan siirtymiseksi on parhaillaan menossa.

## Kirjallisuus

**Ahvenainen, R., Heikonen, M., Kreula, M., Linko, M. & Linko, P.** 1980. Separation of lysozyme from egg white. *Food Processing and Engineering* 2: 301–310.

**Alderton, G. & Fevold, H. L.** 1964. Direct crystallization of lysozyme from egg white and some crystalline salts of lysozyme. *Journal of the Biological Chemistry* 164: 1–5.

Feed costs, exchange rates and the world egg market – an interim report 1996. *Poultry International* 35(6): 74–80.

**Antila, V.** 1989. Selostus Yhdysvaltoihin tehdystä virkamatkasta 5. – 20.10 1989. Jokioinen. MTT / Elintarvikkeiden tutkimuslaitos, elintarvitek-nologian laboratorio. 11 p.

**Anton, M. & Gandemer, G.** 1995. Composition, solubility and emulsifying properties of granules fractionated from hen egg yolk. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products*, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 277–286. ISBN 84-605-3926-1.

**Awade, A.C.** 1996. On hen egg fractionation: applications of liquid chromatography to the isolation and purification of hen egg white and egg

yolk proteins. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 202(1): 1–14.

**Azari, P.R. & Baugh, R.F.** 1967. A simple procedure for separation of large quantities of pure ovotransferries. *Archives in Biochemistry and Biophysics* 118: 138–144.

**Bailey, C.A. & Chen, B.H.** 1989. Chromatographic analysis of xanthophylls in egg yolks from laying hens fed Turf Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) meal. *Journal of the Food Science* 54(3): 584–586.

**Baker, R. C.** 1994. Innovative Egg Products and Future Trends. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 11–23. ISBN 0-85198-866-0.

**Baldwin, R.E.** 1986. Functional properties of eggs in food. In: Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J. (eds.). *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company. p. 345–384. ISBN 0-333-42886-2.

**Ball, H.R. & Gardner, F.A.** 1968. Physical and functional properties of gamma irradiated liquid egg. *Poultry Science* 47: 1481–1487.

**Bayer, E.A. & Wilcheck, M.** 1990. Application of avidin-biotin technology to affinity-based separations. *Journal of Chromatography* 510: 3–12.

- Bayer, E.A. & Wilcheck, M.** 1994. Modified avidins for application in avidin-biotin technology: an improvement on nature. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 158–176. ISBN 0-85198-866-0.
- Belitz, H.-D. & Grosch, W.** 1986. *Food Chemistry*. Translator Hadziyev, D. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin. 774 p. ISBN 0-387-15043-9.
- Bergqvist, D.H.** 1986. Egg Dehydration. In: Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J. (eds.). *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company. p. 285–324. ISBN 0-333-42886-2.
- Bringe, N.A. & Cheng, J.** 1995. Low-fat, low-cholesterol egg yolk in food applications. *Food Technology* 49(4): 94–106.
- Bringe, N.A., Howard, D.B. & Clark, D.R.** 1996. Emulsifying properties of low-fat, low-cholesterol egg yolk prepared by supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Journal of the Food Science* 61(1): 19–23.
- Burley, R.W. & Vadehra, D.V.** 1989. *The Avian Egg*. New York: John Wiley & Sons. 471 p. ISBN 0-471-84995-2.
- Caslavska, J., Gebauer, P. & Thormann, W.** 1991. Purification of ovalbumin and lysozyme from a commercial product by recycling isotachopheresis. *Journal of Chromatography* 585: 145–152.
- Codoney, R., Barroeta, A. & Grobas, S.** 1995. Fatty acids and cholesterol: recent improvements in egg nutritional value. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality*. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 361–374. ISBN 84-605-3926-1.
- Cotterill, O.W.** 1986. Egg Breaking. In: Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J. (eds.). *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company. p. 193–216. ISBN 0-333-42886-2.
- Cotterill, O.W., Marion, W.W. & Naber, E.C.** 1977. A nutrient re-evaluation of shell eggs. *Poultry Science* 56: 1927–1934.
- Cunningham, F.E.** 1986. Egg-product pasteurization. In: Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J. (eds.). *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company. p. 243–272. ISBN 0-333-42886-2.
- Cunningham, F.E., Proctor, V.A. & Goetsch, S.J.** 1991. Egg-white lysozyme as a food preservative: an overview. *World's Poultry Science Journal* 47(2): 141–163.
- Dancing eggs 1995. *World Poultry – Misset* 11(1): 10–13.
- Denton, C.A., Kellogg, W.L., Sizemore, J.R. & Lillie, R.J.** 1954. Effect of injection and feeding vitamin B<sub>12</sub> to hens on content of the vitamin in the egg and blood. *Journal of Nutrition* 54: 571–577.
- Durance, T.D.** 1994. Separation, purification, and thermal stability of lysozyme and avidin from chicken egg white. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 77–93. ISBN 0-85198-866-0.
- Dziedzic, J.D.** 1988. Microencapsulation and encapsulated ingredients. Use of microencapsulation can improve ingredient functionality. *Food Technology* 42(4): 136–151.
- Egelandsdal, B.** 1980. Heat-induced gelling in solutions of ovalbumin. *Journal of the Food Science* 45: 570–573.
- Eggert-Kruse, W., Gerhard, I., Tilgen, W. & Runnebaum, B.** 1990. The use of hens' egg white as a substitute for human cervival mucus in assessing human infertility. *International Journal of Andrology* 13: 258–266.
- Eggstending potential 1996. *Food Manufacture* 71(6): 25–26.
- Elintarviketiето 1995. Kananmunamarkkinakatsaus 22.09.95. Espoo. 12 p.
- Fairhurst, G.** 1994. The egg industry in the year 2000. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 1–10. ISBN 0-85198-866-0.
- Farrell, D.J.** 1995. The problems and practicalities of producing an Omega (n)-3 fortified egg. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality*. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 351–360. ISBN 84-605-3926-1.
- Ferrier, L.K., Leeson, B.J., Holub, B.J., Caston, L. & Squires, E.J.** 1994. High linolenic acid eggs and their influence on blood lipids in humans. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 362–373. ISBN 0-85198-866-0.

- Fichtali, J., Charter, E.A., Lo, K.V. & Nakai, S.** 1993. Purification of antibodies from industrially separated egg yolk. *Journal of the Food Science* 58(6): 1282–1285.
- Froning, G.W., Wehling, R.L., Cuppett, S.L., Pierce, M.M., Niemann, L. & Siekman, D.K.** 1990. Extraction of cholesterol and other lipids from dried egg yolk using supercritical carbon dioxide. *Journal of the Food Science* 55(1): 95–98.
- Galyean, R.D. & Cotterill, O.W.** 1986. Nonfood uses of eggs. In: Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J. (eds.). *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company. p. 399–412. ISBN 0-333-42886-2.
- Gardner, F.A., Beck, M.L. & Denton, J.H.** 1982. Functional quality comparison of whole egg and selected egg substitute products. *Poultry Science* 61(1): 75–78.
- Gennadios, A., Weller, C.L., Hanna, M.A. & Froning, G.W.** 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *Journal of the Food Science* 61(3): 585–589.
- Gould, G.W.** 1996. Industry perspectives on the use of natural antimicrobials and inhibitors for food applications. *Journal of the Food Protection* supplement. 82–86.
- Grunden, L.P., Vadehra, D.V. & Baker R.C.** 1974. Effects of proteolytic enzymes on the functionality of chicken egg albumen. *Journal of the Food Science* 39: 841–843.
- Guérin-Dubiard, C., Brulé, G. & Awade, A.C.** 1993. Egg white fractionation. In: Nys, Y. (ed.). *Proceedings of the 5<sup>th</sup> European symposium on the quality of eggs and egg products*, Tours, France, 4.–8.8.1993. Tours: World Poultry Science Association, Branche Francaise. p. 227–236. ISBN 2-9507884-0-8.
- Hannuksela, M.** 1987. Diagnosis of dermatologic food allergy. *Annals of Allergy* 59: 153–156.
- Harismaa, H.** 1996. Suullinen tiedonanto. Kesäkuu 1996. Scanegg Suomi. Piispanristi, Kaarina.
- Hatta, H., Ozeki, M. & Tsuda, K.** 1997. Egg yolk antibody IgY and its application. In: Yamamoto, T. et al. (eds.). *Hen Eggs*. Boca Raton, USA: CRC Press. p. 151–178. ISBN 0-8493-4005-5.
- Hatta, H., Sim, J.S. & Nakai, S.** 1988. Separation of phospholipids from egg yolk and recovery of water-soluble proteins. *Journal of the Food Science* 53(2): 425–427.
- Hatta, H., Tsuda, K., Akachi, S., Kim, M., Yamamoto, T. & Ebina, T.** 1993. Oral passive immunization effect of anti-human rotavirus IgY and its behavior against proteolytic enzymes. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 57(7): 1077–1081.
- Haugh, R.R.** 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *U.S. Egg Poultry Magazine* 43: 552–555.
- Hegg, P.-O. & Löfqvist, B.** 1974. The protective effect of small amounts of anionic detergents on the thermal aggregation of crude ovalbumin. *Journal of the Food Science* 39: 1231–1236.
- Heikkilä, P.** 1994. Brittiläinen kananmunantuotanto osa yhteismarkkinoita. *Suomen Siipikarja* 76( 4–5): 14 – 20.
- Hen pills perk up desire 1996. *World Poultry – Misset*. 12(2): 7.
- Hiidenhovi, J.** 1996. Suullinen tiedonanto. Kesäkuu 1996. MTT/Elintarvikkeiden tutkimuslaitos, elintarviketeknologian laboratorio. Jokioinen.
- Hiidenhovi, J., Aro, H.S., Huopalahti, R., Suominen, I. & Kankare, V.** 1995. Studies of egg white proteins by capillary gel electrophoresis. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products*, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 319–326. ISBN 84-605-3926-1.
- Hiidenhovi, J., Aro, H.S. & Kankare, V.** 1995. Kananmunan vetistymisen kemiallinen tausta. In: *Agro-Food '95*. Agro-Food '95, Tampere, 13.–15.11.1995. Helsinki: Agro-Food ry. p. B48.
- Hill, F.W., Scott, M. L., Norris, L.C. & Heuser, G.F.** 1961. Reinvestigation of the vitamin A requirements of laying and breeding hens and their progeny. *Poultry Science* 40: 1245–1254.
- Hirn, J., Nurmi, E. & Nuotio, L.** 1995. The Finnish salmonella control programme. In: Briz, R.C. (ed.). *Poultry Products Microbiology European Regulations and Quality Assurance Systems. Proceedings of the XII European Symposium on the Poultry Meat and the VI symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products*, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 11–20. ISBN 84-605-3928-8.
- Hunton, P.** 1993. Why consumers are really healthy people? *Poultry International* 32(7): 48–50.

**Hunton, P.** 1995. The future for shell egg marketing. *Poultry International* 34(10): 42–44.

**Huyghebaert, G.** 1993. The biological effectiveness of canthaxanthin and citraxanthin in yellow corn-alfalfa based diets for egg yolk pigmentation. In: Nys, Y. (ed.). *Proceedings of the 5<sup>th</sup> European symposium on the quality of eggs and egg products*, Tours, France, 4.–8.8.1993. Tours: World Poultry Science Association, Branche Francaise. p. 348–356. ISBN 2-9507884-0-8.

**Jiang, Z. & Sim, J.S.** 1994. Enriching eggs with  $\omega$ -3 PUFA. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 362–373. ISBN 0-85198-866-0.

**Johnson, T.M. & Zabik, M.E.** 1981a. Ultrastructural examination of egg albumen protein foams. *Journal of the Food Science* 46: 1237–1240.

**Johnson, T.M. & Zabik, M.E.** 1981b. Response surface methodology for analysis of protein interactions in angel food cakes. *Journal of Food Science* 46: 1226–1230.

**Johnson, T.M. & Zabik, M.E.** 1981c. Gelation properties of albumen proteins, singly and in combination. *Poultry Science* 60: 2071–2083.

**Juneja, L.R.** 1997. Egg Yolk Lipids. In: Yamamoto, T. et al. (eds.). *Hen Eggs*. Boca Raton, USA: CRC Press. p. 73–98. ISBN 0-8493-4005-5.

**Juneja, L.R. & Kim, M.** 1997. Egg Yolk Proteins. In: Yamamoto, T. et al. (eds.). *Hen Eggs*. Boca Raton, USA: CRC Press. p. 57 – 71. ISBN 0-8493-4005-5.

**Juneja, L.R., Koketsu, M., Kawanami, H., Sasaki, K., Kim, M. & Yamamoto, T.** 1994a. Large-scale preparation of sialic acid and its derivatives from dhalaza and delipidated egg yolk. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (ed.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 192–206. ISBN 0-85198-866-0.

**Juneja, L.R., Sugino, H., Fujiki, M., Kim, M. & Yamamoto, T.** 1994b. Preparation of pure phospholipids from egg yolk. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 139–149. ISBN 0-85198-866-0.

**Kaarilahti, M.** 1996. *Suullinen tiedonanto 18.3.96*. Turku.

Kananmunan jatkojalostus elintarviketeollisuuden erityistarpeisiin -projektin raportti 1993. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Elintarvikkeiden tutkimuslaitos. 8 p.

**Kato, A., Ibrahim, H.R., Nakamura, S. & Kobayashi, K.** 1994. New methods for improving the functionality of egg white proteins. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 250–268. ISBN 0-85198-866-0.

**Kato, A., Minaki, K. & Kobayashi, K.** 1993. Improvement of emulsifying properties of egg white proteins by the attachment of polysaccharides through the Maillard reaction in a dry state. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* 41: 540–543.

**Kato, A., Miyoshi, M., Suga, M. & Kobayashi, K.** 1982. Separation and characterisation of sulfated glycopeptides from ovomucin during egg white thinning. *Agricultural and Biological Chemistry* 46: 1285–1290.

**Kato, A., Tsutsui, N., Matsudomi, N., Kobayashi, K. & Nakai, S.** 1981. Effects of partial denaturation on surface properties of ovalbumin and lysozyme. *Agricultural and Biological Chemistry* 45(12): 2755–2760.

**Kato, Y., Watanabe, K. & Sato, Y.** 1978. Thermally produced volatile basic components of egg white and ovalbumin. *Lebensmittel, Wissenschaft und Technologie* 11: 128–130.

**Kiesvaara, J.** 1996. *Suullinen tiedonanto. Orion Farnos*. Turku.

**Kiiskinen, T., Toivonen, V., Hiidenhovi, J., Kankare, V. & Häkkinen, U.** 1996. Rehurasva vaikuttaa keltuaisen rasvahappokoostumukseen. *Suomen Siipikarja* 78(2): 30–33.

**Kim, H. & Nakai, S.** 1996. Immunoglobulin separation from egg yolk: A serial filtration system. *Journal of the Food Science* 61(3): 510–512.

**Kitabatake, N., Indo, K. & Doi, E.** 1989. Changes in interfacial properties of hen egg ovalbumin caused by freeze-drying and spray-drying. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* 37: 905–910.

**Kojima, E. & Nakamura, R.** 1985. Heat gelling properties of hen's egg yolk low density lipoprotein (LDL) in the presence of other protein. *Journal of the Food Science* 50: 63–66.

**Koketsu, M.** 1997. Glycochemistry of hen eggs. In: Yamamoto, T. et al. (eds.). *Hen Eggs*. Boca Raton, USA: CRC Press. p. 99 – 115. ISBN 0-8493-4005-5.

**Korhonen, H.** 1996. Terveysvaikutukset ohjaavat yhä voimakkaammin elintarvikkeiden kehitystä. *Kehittyvä Elintarvike* 7(1): 8–9.

**Kuhne, D. & Ristic, M.** 1984. Food Science and Technology Abstracts 16(9): 189 (Q126).

**Latshaw, J.D. & Osman, M.** 1975. Distribution of selenium in egg white and yolk after feeding natural and synthetic compounds. Poultry Science 54: 1244–1252.

**Lefebvre, A.-C.** 1993. Effect of technological preservation treatment on the functional and application properties of egg products in meat products and dressings. In: Nys, Y. (ed.). Proceedings of the 5<sup>th</sup> European symposium on the quality of eggs and egg products. Tours, France, 4.–8.8.1993. Tours: World Poultry Science Association, Branche Francaise. p. 227–236. ISBN 2-9507884-0-8.

Levnedsmiddelstyrelse 1989. (Ref. Munatuotekäsikirja 1996.)

**Li-Chan, E., Nakai, S., Sim, J., Bragg, D.B. & Lo, K.V.** 1986. Lysozyme separation from egg white by cation exchange column chromatography. Journal of the Food Science 51: 1032–1036.

**Losso, J.N. & Nakai, S.** 1994. A simple procedure for the isolation of phosvitin from chicken egg yolk. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). Egg Uses and Processing technologies. Wallingford: Cab Int. p. 150–157. ISBN 0-85198-866-0.

**Ma, C.-Y. & Holme, J.** 1982. Effect of chemical modifications on some physicochemical properties and heat coagulation of egg albumen. Journal of Food Science 47: 1454–1459.

**MacDonnell, L.R., Feeney, R.E., Ganson, R.R., Campbell, H.L. & Sugihara, T.F.** 1955. The functional properties of egg white proteins. Food Technology 9: 49–53.

**MacLeod, A.J. & Cave, S.J.** 1976. Variations in the volatile components of eggs. Journal of the Science of Food and Agriculture 27: 799–806.

**Maga, J.A.** 1982. Egg and egg product flavor. Journal of the Agriculture and Food Chemistry 30: 9–14.

Making pharmaceutical from egg yolk 1995. World Poultry – Misset 11(4): 31.

**Makkar, H.P.S. & Sharma, O.P.** 1983. Egg shell as a carrier for enzyme immobilization. Biotechnology and Bioengineering 25: 595–597.

**Martinez, J.B., Maurer, A.J. & Lindsay, R.C.** 1976. Flavored whole-egg emulsions. Food Technology 34(7): 47–60.

**Matsuda, T., Watanabe, K. & Sato, Y.** 1982. Interaction between ovomucoid and lysozyme. Journal of the Food Science 47: 637–641.

**Matsudomi, N., Ishimura, Y. & Kato, A.** 1991. Improvement of gelling properties of ovalbumin by heating in dry state. Agricultural and Biological Chemistry 55(3): 879–881.

**Maurer, A.J. & Wisniewski, G.D.** 1981. Effect of breakout temperature and the other factors on residual albumen in the shell and on the yolk. Poultry Science 60: 1254–1258.

**McCready, S.T. & Roland, D.A.** 1973. Protein composition of egg yolk, albumen and vitelline membranes from hens fed a calcium deficient diet. Poultry Science 53: 1545 – 1551.

**McMullen, M.P. & MacNeil, J.H.** 1995. Composition and functional properties of vacuum concentrated individually quick frozen (IQF) liquid whole egg pellets. In: Briz, R.C. (ed.). Egg and Egg Products Quality. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products. Zaragoza (Spain) 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 311–318. ISBN 84-605-3926-1.

**Mehl, K.** 1990. Kananmunan jatkojalostus elintarviketeollisuuden erityistarpeisiin -projektin raportti. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Elintarvikkeiden tutkimuslaitos, elintarviketeknologian laboratorio. 12 p.

**Mine, Y., Noutomi, T. & Haga, N.** 1991. Emulsifying and structural properties of ovalbumin. Journal of the Agricultural and Food Chemistry 39: 443–446.

**Ming, F., Howell, J., Acosta, F. & Hubble, J.** 1993. Study on separation of conalbumin and lysozyme from high concentration fresh egg white at high flow rates by a novel ion-exchanger. Biotechnology and Bioengineering 42: 1086–1090.

**Mizutani, R. & Nakamura, R.** 1984. The contribution of polypeptide moiety on the emulsifying properties of egg yolk low density protein. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 18: 60–63.

**Mizutani, R. & Nakamura, R.** 1985. Physical state of the dispersed phases of emulsions prepared with egg yolk low density lipoprotein and bovine serum albumin. Journal of the Food Science 50: 1621–1623.

MMM 1995. Maa- ja metsätalousministeriön päätös nro 11/EEO/95. Munavalmisteille ja nii-



den valmistukselle asetettavat hygieniavaatimukset. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 17p.

**Morris, C.E., Hoerning, E.F. & St. Angelo, A.J.** 1989. Uracil as a useful indicator of spoilage in egg products. *Journal of the Food Science* 54(3): 581–583.

**Moudgal, R.P., Panda, J.N. & Jagmohan** 1990. Catecholamines are present in hen's egg yolk in fairly stable form: elevated adrenaline indicates stress. *Current Science*, vol. 59(19): 937–939.

**Mulder, R.W.A.W., Kan, C.A. & Leeuwen, A.F.P.** 1994. Innovative egg products and future trends in Europe. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 24–33. ISBN 0-85198-866-0.

Multifect Lysozyme 1996. Genencor International B.V., Hollanti. Kaupallinen mainos.

Munatuotekäsikirja 1996. Scanegg Suomi Oy, Kaarina. 72 p.

**Mäkelä, T.** 1995. Mäkelä Oy, avokalanalann esittelytilaisuus 11.09.95. Vilppula.

**Naber, E.C.** 1979. The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Science* 58: 518–528.

**Nakamura, R., Fukano, T. & Taniguchi, M.** 1982. Heat-induced gelation of hen's egg yolk low-density lipoprotein (LDL) dispersion. *Journal of the Food Science* 47: 1449–1453.

**Neviani, E.** 1990. IDF Bulletins 216 ja 251. Lisälehti "The use of lysozyme in cheese production".

**Nguyen, L.T.H. & Smith, M.B.** 1984. S-ovalbumin in eggs - a review. *CSIRO Food Research Quarterly* 44(2): 44–48.

**Oakenful, D. & Sidhu, G.S.** 1992. Low-cholesterol egg and dairy products. *Outlook on Agriculture* 21(3): 203–208.

**Piskarev, V.E., Shuster, A.M., Gabikov, A.G. & Babinkov, A.G.** 1990. A novel preparative method for the isolation of avidin and riboflavin binding glycoprotein from chicken egg-white by use of high performance liquid chromatography. *Biochemical Journal* 265: 301–304.

**Ponce, E., Pla, R., Capellas, M., Sendra, E. & Mor-Mur, M.** 1995. Effect of high hydrostatic pressure treatments on egg's functional proper-

ties. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products*. Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 295–302. ISBN 84-605-3926-1.

Ravitsemuskertomus 1995. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B1/1996. Helsinki: Hakapaino Oy. 95 p. ISBN 951-740-019-5.

**Regenmortel, M.H.V. van** 1993. Egg as protein and antibody factories. In: Nys, Y. (ed.). *Proceedings of the 5<sup>th</sup> European symposium on the quality of eggs and egg products*. Tours, France, 4.–8.8.1993. Tours: World Poultry Science Association, Branche Francaise. p. 257–263. ISBN 2-9507884-0-8.

**Rhodes, M.B., Azari, P.R. & Feeney, R.E.** 1958. Analysis, fractionation and purification of egg white proteins with cellulose cation exchanger. *Journal of the Biological Chemistry* 230: 399–408.

**Rhodes, M.B., Bennett, N. & Feeney, R.E.** 1960. The trypsin and chymotrypsin inhibitors from avian egg whites. *Journal of the Biological Chemistry* 235: 1686–1693.

**Richardsson, S.** 1993. Shell egg consumption down – egg products uptake rise. *Poultry International* 32(1): 88–89.

**Safarik, I. & Safarikova, M.** 1993. Batch isolation of hen egg white lysozyme with magnetic chitin. *Journal of the Biochemical and Biophysical Methods* 27: 327–330.

**Sato, Y. & Nakamura, R.** 1977. Functional properties of acetylated and succinylated egg white. *Agricultural and Biological Chemistry* 41(11): 2163–2168.

**Sauveur, B., Zybko, A. & Colas, B.** 1979. Protéines alimentaires et qualité de l'oeuf. I. – Effet de quelques protéines sur la qualité interne de l'oeuf et les propriétés fonctionnelles. *Annales de Zootechnie* 28(3): 271–295.

**Shimizu, M., Fizzsimmons, R.C. & Nakai, S.** 1988. Anti-*E. coli* immunoglobulin Y isolated from egg yolk of immunized chickens as a potential food ingredient. *Journal of the Food Science* 53: 1360–1366.

**Shimizu, M., Miwa, Y., Hashimoto, K. & Goto, A.** 1993. Encapsulation of chicken egg yolk immunoglobulin (IgY) by liposomes. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 57(9): 1445–1449.

**Shimizu, M. & Nagane, Y.** 1995. Encapsulati-

on of biologically active proteins in a multiple emulsions. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 59(3): 492–496.

**Shimizu, M., Nagashima, H., Hashimoto, K. & Suzuki, T.** 1994. Egg yolk antibody (IgY) stability in aqueous solution with high sugar concentrations. *Journal of the Food Science* 59: 763–765.

**Sim, J.S.** 1994. New extraction and fractionation method for lecithin and neutral oil from egg yolk. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 128–138. ISBN 0-85198-866-0.

**Sluis, W. van der** 1995. Brown slowly but surely gained up on white but white still holds on lead. *World Poultry – Misset* 11(6): 66 – 69.

**Stadelman, W.J.** 1986. Quality identification of dhell rrgs. In: Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J. (eds.). *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company, p. 37–62. ISBN 0-333-42886-2.

**Stadelman, W.J. & Cotterill, W.J.** 1986. *Egg Science and Technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Connecticut: The Avi Publishing Company. 449 p. ISBN 0-333-42886-2.

**Stadelman, W.J. & Pratt, D.E.** 1989. Factors influencing composition of the hen's egg. *World Poultry Science Journal* 45: 247 – 266.

**Surai, P., Ionov, I., Buzhin, A. & Buzhina, N.** 1995. Vitamin E and egg quality. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality*. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products. Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 387–394. ISBN 84-605-3926-1.

**Taborsky, G.** 1980. Iron binding by phosvitin and its conformational consequences. *Journal of the Biological Chemistry* 255: 2976–2985.

**Talpila, S.-J. & Isoaari, H.** 1996. Kananmunamarkkinoiden toiminta Suomessa ja muualla EU:ssa. PTT:n raportteja ja artikkeleita N:o 139. Helsinki: Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos. 41p. ISBN 951-8950-54-7.

**Talvela, V.-P.** 1996. Suullinen tiedonanto, Paatisten talo 18.4.1996. Paattinen.

**Tani, F., Murata, M., Higasa, T., Goto, M., Kitabatake, N. & Doi, E.** 1993. Heat-induced transparent gel from hen egg lysozyme by a two-step heating method. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 57(2): 209 – 214.

**Tengvall, H.** 1996. Kanalatyyppin vaikutus munivien kanojen terveyteen ja käyttäytymiseen, katsaus. *Suomen Eläinlääkärilehti* 102(6): 349–354.

**Ternes, W.** 1995. Distribution of vitamin A, tocopherols (vitamin E), vitamins D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, vitamins K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> and carotenoids (lutein and zeaxanthin) in the lipids of lipoproteins from granule and plasma of egg yolk in dependence of the feed. In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality*. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 375–386. ISBN 84-605-3926-1.

Tietovakka 1996. Maatalousalan tiedotuskeskus. Tikkurila, Suomi. 25 p.

**Tsukada, Y., Ohta, Y. & Sugimori, T.** 1990. Microbial production of sialic acid and related enzymes and their application for the development of clinical diagnostics. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 64(9): 1437–1444.

**Washburn, K.W.** 1979. Genetic variation in the chemical composition of eggs. *Poultry Science* 58: 529–535.

**Weaver, G.L., Kroger, M. & Katz, F.** 1977. Deaminated chitin affinity chromatography: a method for the isolation, purification, and concentration of lysozyme. *Journal of the Food Science* 42: 1084–1087.

**Webb, K.J.** 1987. Egg quality – in production, marketing and consumption. In: Wells, R.G. & Belayavin, C.G. (eds.). *Egg Quality – Current Problems and Recent Advances*. Bodmin, Cornwall: Butterworth & Co. p. 3–11. ISBN 0-407-00470-X.

**Wellstead, D.T.** 1995. Housewives are more interested in egg quality than method of production. *World Poultry – Misset* 11(6): 71.

**Wellstead, D. T.** 1996. ISE turned to omega 3 eggs. *World Poultry – Misset* 12(1): 50–51.

**Verrinder Gibbins, A.M. & Brazolot, C.L.** 1994. Novel products from genetic engineering of eggs. *World Poultry – Misset* 10(1/2): 62–65.

**Wester, I.** 1996. Raison Yhtymä, Raisio Margariini. Puhelinkeskustelu Wester/Aro, huhtikuu 1996.

**Wilkinson, B.R. & Dorrington, R.E.** 1975. Lysozyme (muramidase) from waste egg white. *Process Biochemistry* p. 24–25.

**Wong, Y.C., Herald, T.J. & Hachmeister, K.A.** 1996. Comparison between irradiated and thermally pasteurized liquid egg white on functional, physical, and microbiological properties. *Poultry Science* 75: 803–808.

**Yang, S.C.** 1994. Innovative egg products and future trends in China. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 46–62. ISBN 0-85198-866-0.

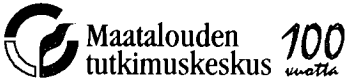
**Yoo, I.-J.** 1994. Innovative egg products and future trends in Korea. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 63–76. ISBN 0-85198-866-0.

**Zabik, M.E. & Lang, P.** 1978. Note on performance of low-cholesterol egg substitutes in layer cakes. *Cereal Chemistry* 55(4): 524–528.

**Zeidler, G., King, A., Pasin, G., O'Mahony, M.M., Mannaperuma, J. & Merson, L.R.** 1995. Removal of cholesterol from liquid egg yolk by employing high pressure homogenization (Abstract). In: Briz, R.C. (ed.). *Egg and Egg Products Quality*. Proceedings of the VI European Symposium on the Quality of the Eggs and Egg Products, Zaragoza, Spain, 25–29. September. Zaragoza: World Poultry Science Association, Spanish Branch. p. 347. ISBN 84-605-3926-1.

**Zeidler, G., Pasin, G. & King, A.** 1994. Removing cholesterol from liquid egg yolk by carbon dioxide-supercritical fluid extraction. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cab Int. p. 115–127. ISBN 0-85198-866-0.

Julkaisija



31600 JOKIOINEN

Julkaisujen sarja ja numero  
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.  
Sarja A35

Julkaisuaika (kk ja vuosi)  
Kesäkuu 1998

Tekijä(t)  
Heikki Aro

Tutkimushankkeen nimi

Toimeksiantaja(t)  
Agropolis Oy

Nimike

Kananmunan moninaiskäytön kehittäminen. Kirjallisuuskatsaus.

Tiivistelmä

Kananmuna on eräs kaikkein edullisimmista ihmisravinnoksi sopivista elintarvikkeista. Se sisältää runsaasti korkealaatuista proteiinia, arvokkaita kivennäis- ja hivenaineita sekä vitamiineja. Tästä syystä kananmunaa käytettiin pitkään ravitsemuksellisenä standardina, johon verrattiin muiden elintarvikkeiden ravintosisältöä. Munalla on monia elintarvikkeiden valmistuksen kannalta tärkeitä funktionaalisia ominaisuuksia (vaahtoutuvuus, emulgoituvuus, koaguloituvuus jne) ja sitä voidaan säilyttää pitkäkokoajakin aikoja sen ”oman pakkauksen” ja sisällön antimikrobisten yhdisteiden ansiosta.

Kuorikananmunan perinteisen elintarvikekäytön vähentyessä ovat tutkijat eripuolilla maailmaa ryhtyneet etsimään munalle vaihtoehtoisia käyttömuotoja. Tuotteistamisen mahdollisuuksia on monissa tutkimuslaboratorioissa selvitetty jo varsin pitkälle. Toistaiseksi kuitenkin vain muutama uusi sovellus on edennyt teollisen valmistuksen asteelle. Perimmäinen syy tähän lienee hyvin yksinkertainen: kananmunan tuotantoketjun eri osapuolet ovat kukin olleet tyytyväisiä kuorimunasta saamaansa katteeseen. Halua uusien innovaatioiden hyödyntämiseen ovat lisäksi vähentäneet huonot kokemukset aiemmista tuotteistamisyrityksistä: kananmunajalosteet eivät ole saavuttaneet suuren yleisön suosiota.

Mahdolliset uudet kananmunatuotteet eivät kuitenkaan enää rajoitu pelkkään elintarvikekäyttöön. Hyödyntäjiä voisivat olla elintarviketeollisuuden ohella ainakin lääketiede ja lääkeaineteollisuus, kosmetiikkateollisuus, ravitsemustiede, erityisravintovalmiste-teollisuus sekä muut bioteknologiaa hyödyntävät teollisuudenhaarat. Mikäli jotain osaa munaraaka-aineesta ei pystytä em. sovelluksissa hyödyntämään, voidaan se mahdollisesti ohjata rehuteollisuuden tarpeisiin. Suomen kansainvälisen kilpailukyvyyn säilyttäminen vaatii suomalaisen osaamisen täysimääräistä hyödyntämistä. Keskeinen rooli tämän tavoitteen saavuttamisessa on suomalaisella huipputeknologialla. Kotimainen kananmuna tarjoaa yhden potentiaalisen raaka-ainelähteen uusiin bioteknisiin sovelluksiin.

Avainsanat

Funktionaaliset ominaisuudet, kananmuna, kananmunatuotteet, keltuainen, non food, valkuainen

Toimintayksikkö

Agropolis Oy, 31600 Jokioinen

ISSN

1238-9935

ISBN

951-729-513-8



Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen  
Puh. (03) 4188 7502  
Telekopio (03) 4188 339

Sivuja  
66 s.

Hinta  
55,00mk + alv





Vammalan Kirjapaino Oy 1998  
ISBN 951-729-513-8  
ISSN 1238-9935