



SAVONIA



■ LUONNONVARA-ALA

MAIDOSTA MAALEIKSI JA VAATTEIKSI - KATSAUS MAIDONTUOTANNON SIVUVIR- TOJEN MAHDOLLISUUKSIIN EI-SYÖTÄVISSÄ TUOTTEISSA

MAITAINNOVAATIOT-HANKKEEN SELVITYS

TOIMITTANEET **Mikaela Mughal ja Eeva-Kaisa Pulkka**

MAIDOSTA MAALEIKSI JA VAATTEIKSI

**– KATSAUS MAIDONTUOTANNON
SIVUVIRTOJEN MAHDOLLISUUKSIIN
EI-SYÖTÄVISSÄ TUOTTEISSA**

Maitoinnovaatiot –hankkeen selvitys

Mikaela Mughal ja Eeva-Kaisa Pulkka

Savonia-ammattikorkeakoulu
Julkaisutoiminta
PL 6
70201 KUOPIO
julkaisut@savonia.fi

Copyright © 2019 Savonia-ammattikorkeakoulu ja tekijät

1. painos

Tämän teoksen kopioiminen on tekijänoikeuslain (404/61) ja tekijänoikeusasetuksen (574/95) mukaisesti kielletty lukuun ottamatta Suomen valtion ja Kopiosto ry:n tekemässä sopimuksessa tarkemmin määriteltyä osittaista kopiointia opetustarkoituksiin. Teoksen muunlainen kopiointi tai tallentaminen digitaaliseen muotoon on ehdottomasti kielletty. Teoksen tai sen osan digitaalinen kopioiminen tai muuntelu on ehdottomasti kielletty.

ISBN 978-952-203-265-2 (PDF)
ISSN 2343-5496

Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja 6/2019

Kustantaja: Savonia-ammattikorkeakoulu, Maitoinnovaatiot-hanke
Taitto ja ulkoasu: Tapio Aalto

Sisällys

Alkusanat	4
1. Maito materiaalina	6
1.1 Maidon koostumus ja ominaisuudet	6
1.2 Maidon hävikki ja sivuvirrat	8
2. Sovellukset	11
2.1 Lääketiede	11
2.2 Kosmetiikka	12
2.3 Maalit, puun käsittely ja muu rakentaminen	13
2.4 Kuitu ja tekstiilit	15
2.5 Pakkausmateriaalit	16
3. Maito materiaalina – haasteet	19
3.1 Käytännölliset haasteet	19
3.2 Eettiset kysymykset	20
4. Maitoinnovaatiot-hanke	22
5. Johtopäätökset	24
Lähteet	25

Alkusanat

Maidon monipuolisuus raaka-aineena näkyy tänä päivänä siinä hämmästyttävässä määrässä uusia maitoon perustuvia elintarvikkeita, joita joka vuosi tulee markkinoille. Maidon käsittely elintarvikkeena tuottaa yhä uusia innovaatioita; esimerkkeinä näistä viime vuosilta ovat proteiinipitoiset urheilujuomat, heran maitosuolan hyödyntäminen tuotteiden maustamisessa ja pohjaan palamaton maito. Myös maidon hyödyntämisellä ei-syötävissä tuotteissa on pitkä historia. Maitoliima, maitomaali ja maito ihonhoitoaineena on tunnettu jo vuosituhansien ajan ja maitomuovikin on yli sata vuotta vanha keksintö.

Suomessa maitotilat kamppailevat kannattavuuden kanssa eikä maailmalla tuotetun maidon määrä näytä lähiaikoina olevan vähenemässä. Maa- ja metsätalousministeriön tutkimuspoliittisessa linjauksessa todettiinkin jo vuonna 1995, että maitosektorin kilpailukyvyyn säilyttämiseksi on tarvetta uusille innovaatioille ja non-food-tyyppisille tuotteille (Korhonen & Rantamäki 1999). Suomessa ei silti tänäkään päivänä juuri valmisteta ei-syötäviä maitotuotteita.

Savonia-ammattikorkeakoulun Maitoinnovaatiot-hanke perustui juuri tälle tarpeelle kehittää maidosta uusia biotalouden periaatteisiin sopivia innovaatioita, tuoda esiin perinteisiä käyttömuotoja, ja samalla nostaa maidon arvostusta raaka-aineena. Maidon tai ylipäätään maatalouden tuotteiden käyttöön muuten kuin elintarvikkeina suhtaudutaan usein melko jyrkästi. Biomassojen – sekä syötäväksi kelpaavien, että erilaisten sivuvirtojen – käyttö on kuitenkin viime vuosina monipuolistunut uuden tutkimustiedon ja innovaatioiden myötä. Puun käyttö raaka-aineena erilaisille tuotteille vaatteista pesualtaisiin on hyvä esimerkki kehityskulusta, joka on muuttanut ihmisten käsityksen tuosta perinteisesti lähinnä rakentamisen ja paperin raaka-aineena pidetystä materiaalista.

Edellisen hallituksen tavoite oli nostaa Suomi kiertotalouden globaaliksi kärkimaaksi. Sitra esittää laatimassaan kiertotalouden tiekartassa (Sitra 2016) kiertotalouteen siirtymisen edellytykseksi muun muassa kestäväen ruokajärjestelmän luomisen ja teollisuuden materiaalitehokkuuden. Kiertotalouden ytimessä on myös jätteen, niin teollisen kuin kotitalouksienkin tuottaman, määrän vähentäminen tai se poistaminen kokonaan. Elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen sopii näihin teemoihin erinomaisesti. Maidontuotannon sivuvirtojen jalostaminen korkean lisäarvon tuotteiksi on siis järkevää kiertotalouden näkökulmasta, erityisesti jos sen avulla voidaan päästä askel kauemmas öljyn perustuvasta taloudesta.

Maitoinnovaatiot-hankkeessa havaittiin, että maitopohjaisia ei-syötäviä tuotteita ei juuri tunneta, ja tietämys maidon osa-aineiden laajasta käyttökohderepertuaarista on vähäistä. Maitoon liitetään myös ei-syötävien tuotteiden yhteydessä erilaisia terveystieteellisiä väitteitä, kuten antibakteerisuus tai ihoystävällisyys. Noille väitteille oli tilausta saada varmistus faktoilla, ja toisaalta enemmän huomiota, mikäli mainoslauseita todella voidaan tukea tutkimustuloksilla.

Tämä selvitys on tarkoitettu yleistajuiseksi katsaukseksi niistä monista mahdollisuuksista, joita maito tarjoaa ruokateollisuuden ulkopuolella. Markkinoilla olevien kaupallisten sovellusten ja mediahuomiota saaneiden innovaatioiden esittelyn lisäksi on käyty läpi alan tieteellistä kirjallisuutta, joskaan ei tyhjentävästi. Pohjana toimivat myös Maitoinnovaatiot-hankkeen aikana käydyt keskustelut maitoketjun eri toimijoiden, tutkijoiden

sekä kohderyhmänä olleiden yritysten kanssa. Selvityksen on tarkoitus toimia inspiraation lähteenä kaikille, jotka ovat kiinnostuneita maitoon perustuvista innovaatioista. Tässä raportissa keskitytään pääosin lehmänmaitoon. Monia tässä esiteltyjä innovaatioita voi olla mahdollista toteuttaa myös muiden tuotantoeläinten maidosta, mutta Suomessa niiden tuotantomäärät ovat hyvin pieniä, joten teollisen mittakaavan prosessien saaminen kannattavaksi yksin niillä ei ehkä onnistu. Toisaalta eri eläinlajien maidoissa on koostumuseroja, joten suoria yleistyksiä ei myöskään kannata tehdä.

Maitoinnovaatiot-hanke sai EU:n maaseuturahaston Leader-rahoitusta Ylä-Savon Veturilta. Kiitokset hankkeen tuloksista ja tästä koosteesta kuuluvat rahoittajalle sekä Ylä-Savossa toimiville yrityksille, jotka ovat tarjonneet arvokasta tietoa ja näkemyksiä maidon käyttömahdollisuuksista ei-syötävissä tuotteissa.

1. Maito materiaalina

1.1 Maidon koostumus ja ominaisuudet

Lehmänmaito on kemialliselta koostumukseltaan monipuolinen seos, jonka komponenttien pitoisuudet voivat hieman vaihdella lehmän iän, tuotosvaiheen, rodun ja ruokinnan mukaan. Keskimääräinen koostumus on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Lehmänmaidon komponentit ja niiden osuus seoksesta. Lähde Majjala 2000.

Komponentti	%
Vettä (sis. vesiliukoiset vitamiinit)	86,8
Rasvaa (sis. Rasvaliukoiset vitamiinit)	4,4
Proteiinia	3,3
Hiilihydraatteja	4,8
Kivennäisaineita	0,7

Lisäksi mm hivenaineita ja kaasuja



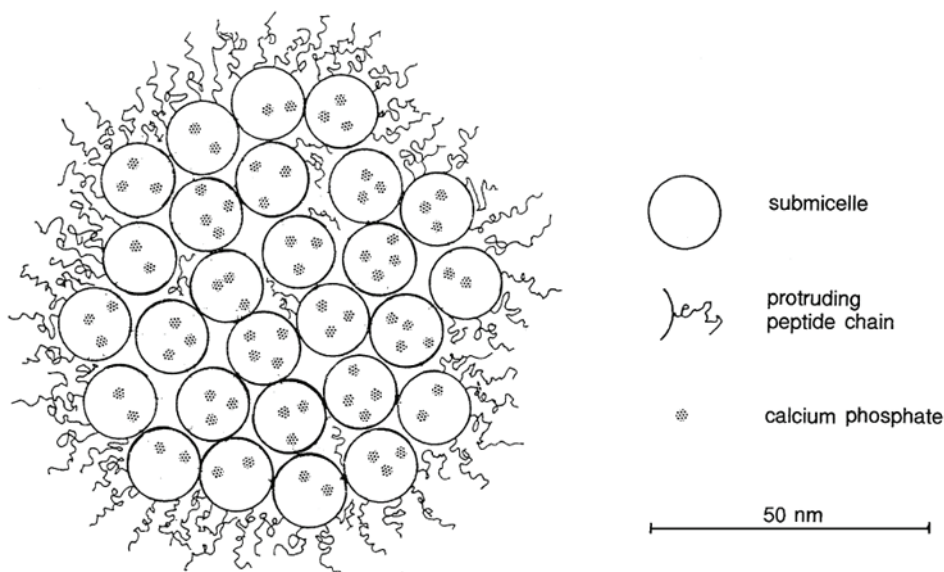
Kuva 1. Kotioloissa etikan ja lämmittämisen avulla saostettua kaseiinimassaa. Kuva Janne Parkkila.

Maidolla on monia eri ominaisuuksia, joista osa on vain maidolle tyyppisiä (Milkworks 2019). Maito on kolloidinen emulsio, jossa rasva on emulgoituneena rasvapallosina. Maidon rasva koostuu lähes täysin erilaisista triglyserideistä, joista tyydyttyneiden rasvahappojen osuus on suuri. Maitorasvan rasvahappokoostumukseen ja siten esimerkiksi rasvan kovuuteen voidaan vaikuttaa lehmän ruokinnalla.

Maidon proteiinista suurin osa, noin 80 prosenttia, on kaseiinia. Loput proteiinit ovat monimuotoinen joukko vesiliukoisia heraproteiineja sekä entsyymejä. Kaseiini on kalsiumia, fosforia ja rikkiä sisältävä suurimolekyylinen proteiini. Maidon kaseiinit jaetaan alfa-, beeta ja kappakaseiineihin. Näistä muodostuu kalsiumfosfaattisidosten avulla pyöreitä molekyylikomplekseja eli kaseiinimisellejä (Aho & Hildèn 2007). Misellit ovat kooltaan 0,4 mikronia ja koostuvat noin 400-500 pienemmästä submisellistä.

Kaseiinit muodostavat maidossa ryhmän, joka verkkomaisena sulkee sisäänsä rasvan. Maidon valkoinen väri on peräisin tästä rakenteesta. Sienimäisenä aineena kaseiini myös sitoo itseensä hyvin vettä. Kaseiini liukenee emäksiin ja vahvoihin happoihin. Kaseiinia esiintyy luonnossa vain maidossa.

Kaseiinin hinta USA:ssa oli syyskuussa 2019 hieman yli 6 euroa kilolta (Clal 2019). Kysyntä on kasvanut viime vuosina, ja sen odotetaan yhä kasvavan kuluttajien terveystietoisuuden ja lisääntyneen proteiinien kulutuksen myötä. Kaseiinia käytetään elintarviketeollisuudessa paitsi proteiinilisänä myös lisäaineena rasvan emulgointiin sekä sideaineena. Markkinoiden kasvua jarruttavat eniten maidon tuotannon kallistuminen ja maitovolyymien heilahtelu (Imarc-group 2019).



Kuva 2. Kaseiinimisellin rakenne. Lähde: Walstra 1999.

Heraproteiinit ovat pallomaisia, vesiliukoisia eivätkä ne juoksetu. Lehmän maidon heraproteiineja ovat muun muassa alfalaktalbumiini, beetalaktoglobuliini, immunoglobuliinit, albumiini, laktoferrini ja glykomakropeptidit (Sundel et al 2011). Heraproteiini voidaan saostaa karboksimeytylliselluloosan avulla tai kuumentamalla maito +70 – 80 asteeseen.

Biokemiallisissa reaktioissa katalyyttinä toimivia entsyymejä maidosta on löydetty noin 50, jotka ovat joko maidon luontaisia entsyymejä tai bakteeriperäisiä. Entsyymit vaikuttavat maidon hajuun, makuun ja säilyvyyteen. Pastöroinnilla voidaan tehokkaasti eliminoida osa maitoa pilaavista entsyymeistä. Maidon tärkeimmät luontaiset entsyymit ovat peroksidaasi, katalaasi, fosfataasi, lipaasi ja proteinaasi.

Myös maidon pääasiallista hiilihydraattia, laktoosia eli maitosokeria, on vain maidossa (Aho & Hildén 2007). Se on galaktoosista ja glukooosista muodostunut disakkaridi. Laktoosia pilkkovan laktaasientsyymin vähyys tai puute elimistössä aiheuttaa laktoosin imeytymishäiriön, joka ilmenee yleensä vatsavaivoina (Ruokatieto 2019). Maitotuotteista laktoosi voidaan poistaa joko suodattamalla tai hajottamalla se entsyymien avulla galaktoosiksi ja glukooosiksi.

Maito sisältää paljon A-vitamiinia ja sen esiastetta beetakaroteenia ja jonkin verran B-ryhmän vitamiineja, mutta C-,D-,E- ja K vitamiinin pitoisuudet ovat pieniä. Maito sisältää kalsiumia (n. 120 mg/100g) ja lisäksi magnesiumia, fosforia, natriumia, kaliumia, klooria ja rikkiä.

1.2 Maidon hävikki ja sivuvirrat

Maidon tuottaminen, jalostaminen ja kuluttaminen aiheuttavat erilaisia maitoperäisiä sivuvirtoja ja hukkakajeita. FAO:n arvion (2011) mukaan Euroopassa hukataan koko maitoketjussa alkutuotannosta kulutukseen noin 30 miljoonaa tonnia maitoa joka vuosi.

Maitotiloilla pieni osa lehmien tuottamasta maidosta ei ole elintarvikekelpoista eikä sitä siksi lähetetä meijeriin. Elintarvikekäytön estävät maidon lääkeainepitoisuus, korkea somaattisten solujen määrä maidossa ja maidon väri-, haju- tai makuvirheet. Yleisimmin meijeriin lähettämisen estää lehmän lääkitseminen antibiooteilla. Itse lääkekuurin lisäksi lehmän maito tulee lypsää ja ohjata erilleen tilatankista myös kuurin jälkeen varoaikana (muutamia päiviä). Varoajalla pyritään paitsi estämään lääkejäämien kulkeutuminen kulluttajalle, myös suojaamaan meijerin juuston ja hapanmaitotuotteiden valmistuksessa käyttämiä mikrobikantoja, joiden toimintaa maidon sisältämät mikrobilääkkeet häiritsevät (Aho & Hildén 2007).

Somaattisten solujen määrää seurataan sekä karja- että lehmätasolla ja se kertoo yleensä utaretulehduksesta. Solumäärän ollessa korkea maito ei ole elintarvikekelpoista. Poikimisen jälkeen lehmä lypsää muutaman päivän ternimaitoa, joka on laadultaan tavallisesta maidosta poikkeavaa. Yleensä ternimaito pyritään käyttämään syntyneen vasikan ravinnoksi. Maidossa voi olla aistinvaraisia laatuvirheitä lypsykauden viimeisinä päivinä, kun lehmän tuottama maitomäärä pienenee, poikimisen jälkeisinä päivinä sekä esimerkiksi ruokinnassa tapahtuneiden virheiden takia.

Suomessa maitotiloilla tuotetusta maidosta noin 98 prosenttia päätyy meijeriin (Ruokatieto 2019). Tiloille jäävästä noin 43 miljoonasta litrasta osa käytetään vasikoiden ravintona, etenkin ternimaito ja lääkkeiden varoajalla lypsetty maito. Vasikoillekin käyttökelvoton maito päätyy yleensä lannan mukana lietesäiliöön. Pieniä määriä maitoa huuhtoutuu lypsylaitteiston ja tilasäiliön pesuvesien mukana, jotka johdetaan myös lietesäiliöön. Lietteen mukana käsiteltynä maidon sisältämät ravinteet (erityisesti typpi ja fosfori) päätyvät lannoitteeksi rehuntuotantoon, tai energiaksi niillä tiloilla joilla liete ohjataan biokaasulaitokseen.



Kuva 3. Maitotiloilla osa meijeriin kelpaamattomasta maidosta, kuten lehmän antibioottikuurin varoajan aikana lypsetty maito, juotetaan vasikoille. Kuva maaseutuverkosto, Martina Motzbäuchel.

Meijeriin lähetettävästä maidosta löytyy joskus laatuvirheitä, lähinnä jäämiä antibiootteista tai pesuaineesta, jotka vaativat koko tankkiauton lastin hävittämistä (Aho & Hildén 2007). Meijerien mukaan tämä on kuitenkin hyvin harvinaista, joten tällä tavalla meijeriin kulkeutuvan hukkamaidon määrä on pieni ja tapaukset satunnaisia.

Meijereiden käsittelyprosesseissa maito kulkee hygienisoinnin kautta erilaisten suodattimien ja erotusprosessien läpi, ja siitä erotellaan jakeita eri tuotteiden valmistusta varten. Suurin osa meijereiden sivuvirrasta syntyy juuston valmistuksessa. Juuston valmistuksessa kaseiini saostuu ja tuotteesta poistuu heraa. Juustolaadusta riippuen 9 – 13 kilosta maitoa syntyy kilo juustoa, loppu on heraa. Saostuminen saadaan aikaiseksi yleensä juoksutteella, uutteella, joka sisältää kaseiinin saostavaan entsyymiä (Maito ja Terveys ry 2019). Toisin kuin vähälaktoosisissa tuotteissa joissa laktoosi hajotetaan entsyymaattisesti, täysin laktoosittomia tuotteita varten maidosta erotetaan sokeri pois kromatografisin menetelmin, jolloin laktoosi voidaan ottaa talteen jatkokäyttöä varten.

Näiden jakeiden lisäksi myös meijereillä pesuvesissä on maidon komponentteja mukana. Valmiita tuotteita vedetään joskus takaisin joko laatuvirheen tai esimerkiksi virheellisen pakkauksen takia. Meijerin sivuvirrat päätyvät joko jätteiden keräilyyn, biokaasun tuotantoon tai eläinrehuksi. Erityisesti heraa ja siitä erotettua laktoosia on käytetty yksimaisten tuotantoeläinten ruokintaan. Heralle on kuitenkin kehitetty useita uusia käyttökohteita elintarvikkeissa, kuten erilaiset heraproteiinivalmisteet ja maitosuolan valmistus (Valio 2016). Tanskalaiset tutkijat ovat puolestaan kehittäneet menetelmän, jolla herasta voidaan valmistaa alkoholia (Alcowhey 2019). Heran laktoosia voidaan lisäksi käyttää esimerkiksi bioetanolin tuotannossa (Guimarães et al 2010). Euroopan heratuoteyhdistyk-

sen mukaan kuitenkin vain 40% Euroopassa tuotetusta nestemäisestä herasta käytettiin hyödyksi vuonna 2014 (EWPA 2014).

Valmiiden maitotuotteiden hävikkiä ketjun seuraavissa osissa on vaikea tarkkaan arvioida. FAO:n arvion mukaan (2011) mukaan Euroopassa hukataan kaupassa maitotuotteiden kokonaistuotannosta noin 0,5% ja kulutuksessa 7%. Suomessa kaupan kokonaisruokahävikin suuruus on noin 12-14 kiloa kansalaista kohti (Päivittäistavarakauppa ry 2019). Kotitalouksissa heitetään pois noin 20-25 kiloa ruokaa vuodessa henkeä kohti. Maitotuotteiden kokonaiskulutus on noin 184 kg vuodessa henkeä kohti (Luke 2019). Kotitalouksien vuosittain pois heittämiä maidon ja maitotuotteiden määräksi on Iso-Britanniassa arvioitu noin 290 miljoonaa kiloa eli noin 4,5 kiloa asukasta kohden (Wrap 2019). Vastaavaa lukua ei lukua ei olla julkaistu Suomesta.

Maidon sivuvirrat ja hävikki elintarviketieteen eri vaiheissa

Alkutuotanto: ternimaito, solumaito, antibioottimaito ja laatuvirheellinen maito, (pesuvesien mukana menevä maito)

Meijeri: erotusjakeet (hera ja laktoosi), (säiliöihin kertyvä sakka, pesuvedet), taikaisin vedetyt tuotteet

Kauppa: viimeisen myyntipäivän ylittäneet tuotteet

Kuluttaja: pilaantuvat tuotteet



Kuva 4. Maitotuotteiden osuudesta kaupan ruokahävikissä ei ole tarkkaa arviota. Kuva Maaseutuverkosto, Conatum O.

2. Sovellukset

Maidolle, kaseiinille ja heralle löytyy todella paljon erilaisia käyttökohteita elintarvike-teollisuuden ulkopuolelta. Kaseiini on maidon komponenteista käytetyin, koska sillä on misellejä muodostavana ja polymeroituvana proteiinina monia hyödyllisiä ominaisuuksia. Tässä luvussa on esitetty yleiskatsaus historiallisista, tällä hetkellä käytössä olevista ja lupaavista uusista käyttökohteista. Maidon osia käytetään laajasti myös elintarviketeol-lisuudessa koostumuksen parantajina ja muina lisäaineina, mutta syötävät tuotteet on jätetty tämän katsauksen ulkopuolelle, samoin energiakäyttö.

2.1 Lääketiede

Maidon komponentteja voidaan käyttää useissa lääketieteellisissä sovelluksissa. Maidolla on pitkään väitetty olevan ihmisen terveyttä edistäviä ja myös ulkoisesti käytettävissä tuotteissa bakteerien kasvua tai lisääntymistä estäviä ominaisuuksia.

Lehmänmaidon kaseiiniproteiinista onkin löydetty useampia lyhyitä peptidiketjuja, joilla on antibakteerinen funktio (mm Recio & Visser 1999, McCann et al 2006). Maidon proteiineista peräisin olevat peptidit osallistuvat luontaisesti vasikan immuuniteetin kehittymiseen, joten maitotuotteet voivat vaikuttaa myös ihmisen immuunijärjestelmään (Gill et al 2000). Maitotuotteilla on muun muassa antioksidatiivisia elimistöä suojaavia ominaisuuksia, jotka perustuvat useiden maidon komponenttien toimintaan (Khan et al 2019).

Kaseiinin antibakteerisia ominaisuuksia on hyödynnetty suun terveydenhoidossa. Kaseiini suojaa kiillettä imeytymällä siihen ja ylläpitämällä sen kalsium- ja fosfaattipitoisuutta. Maitoproteiinista hampaan pinnalla muodostuvat bioaktiiviset peptidit torjuvat hampaan mineraaleja kuluttavan happohyökkäyksen vaikutuksia (mm Kanekanian et al 2008). Kaseiinijohdannaisien tehoa onkin tieteellisesti testattu erilaisissa hammastuotteissa, eritoten purukumissa (Prestes et al 2014). Myös kaupallisia hampaita hoitavia kaseiinituotteita on markkinoilla (esimerkiksi GC Tooth Mousse).

Kaseiiniproteiinia on tutkittu jopa hermovaurioiden korjaamiseen tarkoitettujen ohjausputkien materiaalina (Hsiang et al 2011). Ristisilloitettu kaseiiniputki tuotti nopean ja tehokkaan hermon korjautumisen koe-eläimillä. Hermon kasvua edistävänä materiaali vaikuttaa olevan ominaisuuksiltaan jopa parempi kuin aiemmin yleisesti käytetyt PLA-muovi, kitosaani tai ristisilloitettu gelatiini.

Nanolääketieteessä tutkitaan kaseiinimisellejä lupaavana uutena lääkeaineiden (ja myös esimerkiksi kosmetiikan vaikuttavien aineiden) kantajina (Rehan et al 2019). Kantajana toimimista edesauttavat misellien itseänsä kokoava rakenne ja jakautuminen vesihakui-seen kuoreen ja vesipakoiseen sisäosaan, mikä voisi helpottaa huonosti veteen liukenevien lääkkeiden toimittamista oikeaan kohteeseen elimistössä. Kaseiinin muodostamat emulsiot ovat toinen mahdollinen kantaja lääkeaineille (Chen & Zhang 2019).

Laktoosi on yleinen lääketablettien ainesosa. Siitä voidaan tehdä myös laktuloosia, joka toimii laksatiivina (Illanen 2011). Pitkälle viedyistä sovelluksista esimerkkinä toimii laktoosin avulla muokattu kitosaani, jota voidaan käyttää luuimplantin antibakteerisena pinnoitteena (Marsch et al 2013).



Kuva 5. Monet tablettimuotoiset lääkkeet sisältävät laktoosia. Kuva pexels.com.

2.2 Kosmetiikka

Kotieläinten kuten hevosen, vuohen ja lehmän maidon käyttö kauneudenhoitoon on vuosisatoja vanha tapa. Legendojen mukaan Kleopatra ja Rooman keisarinna Poppaea ottivat aasinmaitokylpyjä saadakseen pehmeämmän ihon. Maitoa käytettiin kasvojen, käsien ja vartalon ihon pehmentämiseen ja vaalentamiseen. Tee-se-itse ohjeita maitotuotteiden (maidon, jogurtin tai piimän) käytöstä ihonhoitotuotteena löytyy tänäkin päivänä runsaasti. Pääosin naistenlehtien sivuilta löytyvät vinkit korostavat erityisesti maidon kuorivia ja pehmentäviä vaikutuksia. Kosmetiikkaan liittyvää tieteellistä kirjallisuutta on tarjolla vähemmän.

Kaupallisissa maitopohjaisissa tuotteissa on melko laaja valikoima. Maito sisältää luonnaisesti maitohappoa, alfahydroksihappo AHA :ta, jota käytetään ihonhoidossa kuorivana raaka-aineena poistamaan vanhoja ihosoluja, stimuloimaan solujen uudistumista, tasoittamaan juonteita ja ryppyjä, sekä lisäämään ihon kosteuspitoisuutta. Tuloksena ihon uloin kerros ohenee ja ihosta tulee pehmeämpi ja ravinteet imeytyvät paremmin. Maitohappo sitoo ihoon kosteutta ja sillä on myös antibakteerisia ominaisuuksia (Skin-city 2019). Maitohappo on luonnossa tavallinen aine ja sitä muodostuu myös ihmisen aineenvaihdunnan tuloksena. Sitä valmistetaan maitohappobakteerien avulla hiilihydraateista tai kemiallisesti (Ruokavirasto 2019).

Herapohjaisia kosmetiikka- ja ihonhoitotuotesarjoja markkinoivat muun muassa saksalainen *Whey Organic Cosmetics* ja italialainen *Unteregger*. Hera toimii yritysten mukaan ihon, hiusten ja kynsien ikääntymisen estäjänä. Perusteena ovat maitohapon, antioksidanttien, proteiinien ja kalsiumin suotuisat vaikutukset (Whey Organic Cosmetics 2019).

Luonnonkosmetiikkana myytävissä tuotteissa maito on yleensä käytetty kokomaitona ja lehmän maidon lisäksi tuotteita valmistetaan esimerkiksi vuohen ja tamman maidosta (tuotemerkit *Vuohelma* ja *Mellis Hummeli*). Maailmalta löytyy myös esimerkiksi peuran maidosta valmistettua kosmetiikkaa (Kotia 2019).

Tuotteet ovat yleensä erilaisia voiteita ja ihon puhdistusaineita. Suuremmilla yrityksillä on pitkälle tuotteistettuja kosmetiikka- ja ihonhoitosarjoja, joissa maito tai sen jaloste on yksi raaka-aineista. Näitä ovat muun muassa *Kotia* ja *Korres*. Pienyrityksillä tuotevalikoima on suppeampi, yleisin tuote on maitosaippua tai vastaava ihonpuhdistusaine. Maitoa käytetään myös hiustenhoitoon (esimerkiksi *Nivean Hairmilk* ja *Finn-Colin Kleopatra*-tuotemerkit). Kaseiinin kykyä muodostaa vesi-öljyemulsioita on hyödynnetty elintarviketeollisuudessa, mutta siitä voisi olla hyötyä myös voidemaisissa kauneudenhoitotuotteissa.



Kuva 6. Maitosaippua on yleisimpiä maidosta tehdyistä ihonhoitotuotteista. Kuva pexels.com.

2.3 Maalit, puun käsittely ja muu rakentaminen

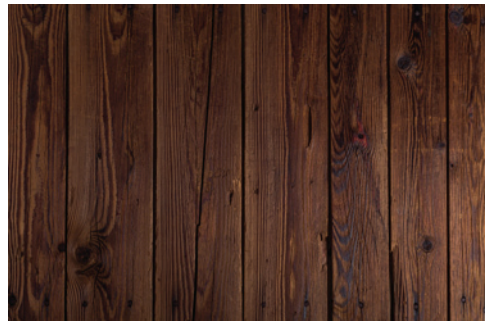
Ennen teollisten maalien aikakautta maitoa, kurria eli rasvatonta maitoa sekä piimää käytettiin yleisesti maalien sideaineina. Maitomaalin käytöstä on löydetty merkkejä 16 000 vuotta vanhoista luolamaalauksista. Antiikin Rooman ajoilta 600 – 300 vuotta eaa on olemassa viitteitä temperamaalien käytöstä. Nämä olivat sekä muna- että maitotemperamaaleja. Temperat eli öljypohjaiset maalit ovat alun perin olleet taiteilijoiden ja ikonimaalareiden käytössä.

Rakennusten maalaamisessa käytössä on ollut sekä maito- että kaseiinimaalia. Maitomaalia voidaan valmistaa kotiloissa, mutta kaseiinimaali on yleisemmin teollisesti valmistettua (Hytönen 2011). Maitomaali käyttäytyy tällä hetkellä sisustajien suosiossa olevan kalkkimaalin tavoin, eikä siten kestä kulutusta ja kosteutta siinä määrin kuin raskaammin prosessoidut maalit. Maali kestää parhaiten puussa ja muussa huokoisessa pinnassa, mutta kiinnitysaineita lisäämällä voidaan maalata myös sileitä pintoja kuten muovia tai metallia. Maitomaali jättää hengittävän, mattamaisen pinnan ja on vesiliukoinen. Se sopii hyvin sisätiloihin, erityisesti kattoihin ja seiniin. Perinteinen maitomaali sisältää rasvatonta maitoa ja sammutettua kalkkia sekä väripigmenttejä. Maitomaali ei raaka-aineesta johtuen säily kovin pitkään, vaan se on käytettävä mielellään päivien sisällä valmistamisesta.

Myös kaseiinimaalia voi valmistaa itse kaupoista saatavien tuotepakettien avulla. Kotiloissa kaseiinimaali syntyy esimerkiksi rahkasta, sammutetusta kalkista ja täyteaineista kuten liitu, talkki tai valkoinen savi (Kotimaalarin käsikirja 2012). Maito- ja kaseiinimaaleja on saatavilla myös jauheina esimerkiksi perinnerakentamiseen ja -sisustamiseen erikois-

tuneissa kaupoissa. Tarjolla olevat tuotteet ovat ulkomaisia. Perinteiseen tapaan valmistettu maito- tai kaseiini-maali on suhteellisen luontoystävällinen tuote, sillä se ei sisällä liuottimia.

Rasvatonta maitoa ja piimää voi käyttää myös sellaisenaan puulattian tai muun puupinnan käsittelyyn. Maidon kaseiini muodostaa puuhun likaa hylkivän pinnan. Näkyvää kalvoa maito ei muodosta, vaan lattiasa säilyy puhtaan puun tuntu. Uuden puulattian käsittely ja peseminen maidolla säännöllisesti saa lattian säilymään vaaleana jopa vuosikymmeniä. Myös vanhan puupinnan voi käsitellä maidolla, mutta se voi tummua erilaisesta pH:sta johtuen. Parhaiten maitokäsittely sopii kuiviin oleskelutiloihin (Satakunnan museo 2019).



Kuva 7. Lattialaudat on entisaikaan usein käsitelty rasvattomalla maidolla, joka muodostaa puun pintaan likaa hylkivän pinnan. Kuva pexels.com.

Ensimmäisissä puukomposiiteissa, kuten vanereissa, käytettiin kaseiiniliimoja jotka toimivat hyvin mutta kuivuivat hitaasti. Kun valmistuksesta piti saada nopeampaa, siirryttiin käyttämään formaldehydipohjaisia liimoja. Niiden käyttöä on viime vuosikymmeninä säännelty, mikä on saanut puukomposiitteja valmistavat yritykset käyttämään muita synteettisiä liimoja, kuten MDI (metyleeni-difenyli-diisosyanaatti) sekä tutkimaan biopohjaisten liimojen käyttömahdollisuuksia (Ormondroyd 2015).

Maidon kaseiinin käyttö palonestoaineena kiinnostaa, sillä se on tutkimusten perusteella toimivaa ja perinteisiin palonestoaineisiin verrattuna ekologisempi vaihtoehto. Puuvillan käsittely kaseiinilla jarruttaa kankaan leimahtamista liekkiin ja hidastaa palamista (Alongi et al 2014). Myös polyesterin ja polyesteri-puuvillasekoitteen palamisnopeus hidastui merkittävästi kaseinikäsittelyn ansiosta. Kaseiinin palonesto-ominaisuudet perustuvat sen fosforipitoisuuteen. Korkea lämpötila katkoo kaseiinin kemiallisia sidoksia vapauttaen fosforihappoa, joka kiihdyttää selluloosan ja polyesterin hiiltymistä. Hiiltynyt muoto on näissä lämpötiloissa vakaa ja estää siten loppua tekstiiliä palamasta.

Paloneston kannalta paras tulos saavutetaan kaseiinisuspensiolla 30 w/v% (massaprosentti tilavuutta kohden), mutta alle 20 w/v% antaa riittävän palonesto-ominaisuuden materiaalin mekaanisten ominaisuuksien tai käytön miellyttävyyden kärsimättä (Faheem et al 2019). Kaseiinin ja booraksin seoksesta puun palonestoaineena on saatu hyviä tuloksia. Se tuottaa runsaasti hiiltä ja boorioksidia (B₂O₃), jotka suojelevat puuta palamasta. Boori voi tuottaa myös synergisiä vaikutuksia muodostamalla yhdistelmiä kaseiinin tyyppien ja rikin kanssa. Pinnote kasvatti leimahtamisen kuluva aikaa yli 900 prosenttia ja vähensi palon kuumuutta 67 prosenttia. Myös savun muodostus väheni (Uddin et al 2017).

Kaseiinin suojaavia ja sitovia ominaisuuksia on käytetty hyödyksi myös muutamissa muissa rakentamiseen liittyvissä sovelluksissa. Maidon kaseiinia voidaan hyödyntää maanrakennuksessa, sillä kaseiinin sekoittaminen maahan lisää sen vahvuutta kosteissa oloissa. Maa-kaseiiniseoksia voisi siten hyödyntää tilanteissa tai paikoissa, joissa maalta vaaditaan vettä hylkiviä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi suojavallit tulvia vastaan (Ilhan et al 2018). Kaseiinilla on myös korroosiota ehkäisevä vaikutus, joka perustuu kaseiinin teräksen sähkövarausta muuttaviin ominaisuuksiin (Rabizadeh & Asl 2019). Vaikutuksen suuruus riippuu siitä, kuinka paljon kaseiinia suoja-aine sisältää.

Kaseiinia on käytetty seinä- ja lattiatasoiteissa, mutta kosteudelle altistuminen aiheuttaa näissä tasooiteissa runsaan mikrobitoiminnan, mikä tuottaa myrkyllisiä kaasuja kuten ammoniakkia, aldehydejä, amiineja ja rikkiyhdisteitä. Tämän vuoksi kaseiinin käyttö tasooiteissa on kielletty vuonna 1993 (Topsan Oy 2012, Hengitysliitto 2019).



Kuva 8. Maitomaalia voi valmistaa myös kotikeittiössä. Kuva Janne Parkkila.

2.4 Kuitu ja tekstiilit

Nykyisin eksoottiselta kuulostavaa maitolankaa valmistettiin paljon 1930- ja 1940-luvuilla, kun vaihtoehtoisille tekstiilikuiduille oli kova kysyntä. Langan raaka-aineena toimii kaseiiniproteiini. Valmistus keskittyi aluksi Italiaan ja Yhdysvaltoihin (Allen 2018). Maitolankaa on markkinoitu muun muassa kauppanimillä *Fibroline*, *Aralac*, *Lanatil* ja *Merinova*. Muiden synteettisten kuitujen, kuten nailonin ja akryylin, tultua markkinoille maitolangan käyttö väheni 1950-luvulla.

Tekstiilien valmistuksessa maidosta poistetaan ensin rasva. Kaseiini eristetään sen jälkeen hapattamalla ja yhdistetään emäkseen, jolloin siitä saadaan venyttämällä muodostumaan kuituja, jotka edelleen kehrätään langaksi. Alkuperäisessä valmistusprosessissa käsittely on samantapainen kuin varhaisimman synteettisen kuidun, rayonin tuotannossa. Kuidun vahvistamisessa käytettiin aiemmin formaldehydiä ja muita haitallisia kemikaaleja. Nykyisin käytössä on useimmin myös akryylilangan valmistuksessa käytettävä akryylinitriili (Allen 2018), joka on myös sellaisenaan haitallista luonnolle ja ihmisen terveydelle.

Valmiit langat ja tekstiilit ovat joko puhtaasti kaseiinista valmistettuja tai sekoitekuitua. Tuntumaltaan maitolanka on pehmeää, sileää ja hieman kiiltävää, kuten silkki tai kašmirvilla. Kuitu on hyvin värjäytyvää.

Maitokangas siirtää kosteutta iholta, mikä lisää siitä tehtyjen vaatteiden miellyttävää tuntumaa. Maitokankaasta on valmistettu jopa hääpukuja (Shrestha 2016). Maitolankaa tai maitokuidusta valmistettuja tekstiilejä ei juurikaan tällä hetkellä ole saatavilla suomalaisissa alan liikkeissä, mutta kansainvälisissä nettikaupoissa niitä on tarjolla jonkin verran. Kuidun valmistus on melko kallista, joten sen hinta on polyesteriin nähden noin 20-kertainen. Maitokuitu on kuitenkin esimerkiksi silkkiä halvempaa (Allen 2018).

Saksalaisyritys *Qmilk* on joitakin vuosia markkinoinut maitokuitutuotteita, jotka yrityksen perustajan **Anke Domasken** mukaan on valmistettu uudella, ympäristöystävällisemmällä menetelmällä (Qmilk 2019). Kuitua syntyy noin 3 kiloa sataa kiloa maitoa kohti, eli suurin piirtein saman verran kuin maito sisältää kaseiinia. Tästä kuitumäärästä syntyy esimerkiksi noin kuusi T-paitaa (Allen 2018). Tuotteiden ympäristöystävällisyyttä lisää se, että kuidun valmistukseen voidaan käyttää niin sanotusti likaista proteiinia, eli maitotuotteita jotka ei voi käyttää ihmisravintona.



Kuva 9. Maidon kaseiinista valmistetaan jo nyt lankaa ja vaatteita. Kuva Savonia-amk.

2.5 Muovi ja pakkausmateriaalit

Perinteistä öljypohjaisia muoveja korvaavia ratkaisuja etsitään nyt kuumeisesti. Tapamme käyttää ja suhtautua muoviin tulevaisuudessa ohjaa muun muassa Euroopan unionin muovistrategia (2018), johon sisältyy esimerkiksi uusien muovipakkausten uudelleenkäytettävyyden ja kierrätettävyyden varmistaminen vuoteen 2030 mennessä. Biomassoihin perustuvat ja biohajoavat muovien käyttö ja niihin liittyvä tutkimus ovat lisääntyneet voimakkaasti viime vuosina. Suomen muovitiekartta (Ympäristöministeriö 2018) listaa biohajoavien ja biopohjaisten muovien käytön lisäämisen yhtenä tärkeänä toimenpiteenä öljypohjaisen muovin haittojen vähentämiseksi.

Jotta öljypohjaiset muovit voidaan korvata mahdollisimman pitkälti ympäristölle vähemmän haitallisilla biopohjaisilla, tarvitaan todennäköisesti useita eri raaka-aineita ja muovityyppejä. Biomassoista valmistettuja muoveja onkin kehitetty jo useita erilaisia. Raaka-aineena voidaan käyttää vaikkapa sitruksen, kananmunan tai äyriäisten kuorien kaltaisia ruokajätteitä.



Kuva 10. Muoviongelman selättämiseksi tarvitaan tehokkaampaa kierrätystä ja jätteiden käsittelyä, mutta myös ympäristöystävällisistä materiaaleista tehtyjä biomuoveja. Kuva pexels.com

Vaikka nykyisin yleisimmin käytetyistä muovi-laaduista mikään ei ole maidosta valmistettu, ovat maitoon ja erityisesti kaseiiniproteiiniin perustuvat muovit kuitenkin vanha keksintö. Alun perin muovinkaltaiset polymeerit tehtiin erilaisista luonnontuotteista, joista maito oli yksi. Saksalaisten 1910-luvulla kehittämä maidon kaseiiniproteiinista tehty polymeeri oli ensimmäisiä muovilaatuja, joita pystyttiin värjäämään, mikä lisäsi materiaalin suosiota. Kaseiinimuovi muistutti ulkonäöltään norsunluuta, ja siitä valmistetut tuotteet olivat aikanaan hyvin arvostettuja. Muun muassa *Coco Chanelin* jakkujen napit tehtiin maitomuovista, samoin luksustuotteena pidetyt *Parkerin* kuulakärkikynät.

Suomen ensimmäinen muovia valmistava yritys *Sarvis Oy* aloitti tuotantonsa 20-luvulla galaliitiksi tai ivoriiniksi nimetyllä kaseiinimuovilla, ja vei muoviraaka-ainetta myös ulkomaille (Koivuniemi 2004). Varhaisten muovien raaka-aineena toimivat monet muutkin orgaaniset aineet, mutta halpa öljy syrjäytti ne lähes kokonaan muutamassa vuosikymmenessä. Galaliitti sisälsi haitallista formaldehydiä, joten sen valmistus tai itse lopputuote eivät olleet erityisen ympäristöystävällisiä. Varhainen maitomuovi oli termosetti, eli valamisen jälkeen sitä ei voinut uudelleen muokata kuten termoplastisia muoveja.

Kaseiinin käyttöä biomuovien raaka-aineena ja erityisesti elintarvikepakkauksiin suunnatuissa termoplastisissa kalvoratkaisuissa on tutkittu viime vuosikymmenen aikana paljon. Proteiinien monimuotoisuus ja muokattavissa oleva kolmiulotteinen makrorakenne ylipäätään tekevät niistä houkuttelevia polymeerien raaka-aineena, sillä erilaisilla lisäaineilla ja kemiallisilla ja fysikaalisilla käsittelyillä voidaan saada aikaan hyvin monenlaisia ominaisuuksia (Belyamani et al 2014).

Kaseiinikalvoihin on käytetty niin kalsiumkaseinaattia kuin natriumkaseinaattiakin, ja eri kaseiinimuodoilla on omat ominaisuutensa (Chevalier et al 2018). Kaseiinikalvojen heikkous on niiden alhainen lasisiirtymän lämpötila-alue, mikä tekee niiden rakenteesta hauraan ja vähemmän elastisen alhaisessa lämpötilassa. Kaseiini on myös vesihakuisena molekyylinä herkkä kosteudelle. Hyvä puoli taas on voimakkaana happibarrierina toimiminen, mikä on erityisesti elintarvikkeiden pakkaamisessa tärkeää. Kirjallisuudessa on esitetty kaseiinipohjaisia muoveja myös biolääketieteen sovelluksiin (Vaz et al 2003).

Kalvojen ominaisuuksia on mahdollista säädellä muokkausprosessia muuntelemalla ja plastisoijan eli elastisuutta lisäävän aineen valinnalla (Bonnaillie et al 2014). Kaseiinikalvojen plastisoimisaineena on käytetty muun muassa pektiiniä, glyserolia tai gelatiinia yhdistelmänä saven kanssa. Kaseiinikalvoihin olisi mahdollista sitoa säilymistä edistäviä

aineita, esimerkiksi antibakteerisia tuotteita (esim. Boelter & Brandelli 2016). Myös muun tyyppisiä muoveja, kuten vaahtomuovia, voidaan valmistaa kaseiinista käyttämällä eri li-säaineita (American Chemical Society 2010). Yksi vaihtoehto on käyttää kaseiinipolymeeriä suihkutettavana pinnoitteena, joka suojaa tuotetta, kuten pahvipakkausta, kosteudelta (American Chemical Society 2016).

PLA eli polylaktidi on yleinen biopohjainen muovi (Mäntyranta 2016). Nimestään huolimatta polylaktidia ei enimmäkseen valmisteta maidosta. Polylaktidi muodostetaan maitohaposta, jota maitohappobakteerit tuottavat fermentointiprosessissa hiilihydraateista, kuten tärkkelyksestä tai muusta biomassojen sokereista. Maissitärkkelys on lähtöaineista käytetyin, mutta maitohappoa voidaan valmistaa myös herasta, jos prosessista saadaan kustannustehokas. Suurin investointi heran käyttöön maitohapon tuotossa liittyy heran konsentroimiseen, jatkuvista kuluista merkittävin on fermentointi (González et al 2006). PLA:n valmistuksessa maitohappomolekyylit yhdistetään seuraavaksi polymeeriksi. Kaseiinin palonesto-ominaisuutta voidaan hyödyntää PLA-muovin muokkaamiseen, mutta muovin mekaaniset ominaisuudet voivat hieman kärsiä käsittelyn seurauksena (Zhang et al 2018).

Herasta voidaan valmistaa tiettyjen bakteerikantojen avulla polyhydroksialkonaattia eli PHA-tyyppisiä muoveja (Koller et al 2012). Eri alojen tutkijoiden yhteistyötä kuitenkin tarvitaan, että prosessi voitaisiin viedä laboratoriotasolta teollisuuteen. Koller et al (2012) esittävät, että ollakseen kannattavaa herapohjaisen PHA-tuotannon tulisi tapahtua suoraan materiaalin syntypaikassa eli meijerissä. Suoraan heran proteiineista voidaan myös valmistaa muovikalvoja, joiden ominaisuuksia saadaan säädettyä esimerkiksi pektiinilisän avulla (Silva et al 2018). Heraproteiineista valmistetuille pakkauskalvon osalle on haettu patenttia EU-rahoitteen projektin tulosten perusteella (Cordis 2014).

Kaseiinipohjainen muovi on kaupallistettu Ranskassa ja sitä markkinoidaan muun muassa pesuaineiden, agrokemikaalien ja elintarvikkeiden pakkaamiseen (Lactips 2019). *Lactips*-yrityksen innovaatio on kompostoitava, tarvittaessa veteen liukeneva ja syötävä termoplastinen kaseiinipelletti, josta voidaan muokata esimerkiksi pakkauskalvoja.

Biohajoavuuden ohella toinen muovien käyttöön liittyvä trendi on 3D-tulostaminen, jolla voidaan tuottaa yksittäiskappaleita esimerkiksi muotteja tai kustomoituja mallituotteita varten. Jotkin näistä käyttötarkoituksista vaativat vain lyhyen käyttöiän, jolloin materiaalina olisi järkevää käyttää biohajoavaa tai helposti kierrätettävää muovia. Toisaalta myös ruuan 3D-tulostuksella voidaan ehkä tulevaisuudessa tuottaa prototyyppisiä uusien tuotteiden muotoilusta tai rakenteesta (Lille et al 2018). Useita elintarvikkeita, kuten suklaata ja sokeria on 3D-tulostettu erilaisilla menetelmillä. Myös maitojauhetta on onnistuneesti 3D-tulostettu suulakepuristusmenetelmää käyttämällä (Lille et al 2018).

3. Maito materiaalina – haasteet

3.1 Käytännön haasteet

Maidon materiaalikäyttöön ei-syötävissä tuotteissa liittyy monia haasteita, joista osa koskee nimenomaan maidon ja maitoketjun ominaisuuksia, toiset taas yleisesti uusia innovaatioita. Esimerkiksi lääketeollisuuden sovelluksissa vastaan tulevat usein pitkät testaus- ja lupaprosessit. Voimassa oleva lainsäädäntö saattaa muodostua esteeksi, kun kehitetään täysin uudenlaisia tuotteita tai sovelletaan tuttuja raaka-aineita aiemmasta poikkeavaan käyttöön.

Elintarvikesivuvirtojen käsittelyä säätelevät muun muassa Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveysnäköistä ja Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveysnäköistä, sekä kansallisella tasolla elintarvike-, rehu- ja sivutuotelait.

Nämä lait ja asetukset määräävät muun muassa, että elintarvikeperäisiä sivutuotteita käsittelevien ja varastovien laitosten on rekisteröidyttävä tai haettava toimintaan lupaa. Tarvittavat toimenpiteet riippuvat sivutuotteen laadusta. Esimerkiksi meijerin sivutuotteet ovat useimmiten alhaisimman riskitason eli 3-luokan sivutuotteita, jotka on poistettu elintarvikekäytöstä kaupallisista syistä, pakkauksessa esiintyneiden ongelmien tai muiden vikojen vuoksi, jotka eivät aiheuta vaaraa ihmisille tai eläimille. Toisaalta mahdollisesti antibioottijäämiä sisältävä tai sairastuneiden eläinten maito kuuluu korkeamman riskin sivutuotteiden 2-luokkaan.

Erityisesti maitotiloilla ja kuluttajien päässä maitoketjua syntyvien sivuvirtojen ja hävikin kohdalla haasteeksi nousee materiaalin säilyttäminen ja kuljetus hajallaan olevista kohteista prosessointipaikkaan. Logistiikkaa voi jonkin verran helpottaa tilakokoon kasvu, jonka myötä yhdelläkin tilalla syntyvän hävikin määrä voi olla merkittävä ja mahdollisuus pieniin varastointiin liittyviin investointeihin voisi tulla kysymykseen, jos tuotteesta myös saisi sopivan korvauksen. Helpoimmin kuljetus kuitenkin todennäköisesti hoituisi elintarvikekelpoisen maidon keräämisen yhteydessä, jolloin tilojen ei välttämättä tarvitsisi varautua materiaalin pitkäaikaiseen säilytykseen.

Meijereiden osalta sivuvirran täsmälliset määrät eivät ole tiedossa yhtiöiden ulkopuolelle, mikä hankaloittaa osaltaan materiaalivolyymien ja sitä kautta erilaisten sovellusten kannattavuuden arviointia. Myös sivujakeiden laadun vaihtelu sekä niiden säilytys ja hygienisointi meijereissä tulisi ratkaista.

Erilaisten sivujakeiden ominaisuudet (bakteerit, antibioottijäämät, elintarvikkeiden lisäaineet yms.) täytyy ottaa huomioon, kun suunnitellaan maidon materiaalikäyttöä esimerkiksi ihoa vasten oleviin tai elintarvikkeiden kanssa kosketuksissa oleviin tuotteisiin kuten pakkauksiin. Mikäli tuotteen käyttö ei aiheuta riskiä tai puhdistus tapahtuu osana tuotteen tuotantoprosessia, eivät nämä ominaisuudet muodostu ongelmaksi. Yksi yleinen huolenaihe ei-syötäviin maitotuotteisiin liittyy yliherkkyyksiin, eli laktoosi-intoleranssiin ja maitoallergiaan. Laktoosi ei aiheuta ongelmia, mikäli tuotetta ei syödä. Sen sijaan

allergisuus maidon proteiineille tulee huomioida esimerkiksi elintarvikepakkauksissa ja lääketieteen sovelluksissa.

Jotta noudatettaisiin todella kiertotalouden periaatteita, pitää maitopohjaisille biomuoveille ja muillekin tuotteille suunnitella elinkaari loppuun saakka. Mikäli samaa tuotetta ei voida käyttää uudelleen ikuisesti, paras tilanne olisi se, että tuotteet voidaan kierrättää täysin ja materiaali käyttää uudelleen samaan tai toiseen tuotteeseen. Erilaisten biopohjaisten materiaalien lisääntyminen on tuonut haasteita esimerkiksi muovien kierrätykseen, sillä erilaisten uusien muovilaatujen, erityisesti monikerrospakkauksissa, erottelu jätelaitoksissa on toistaiseksi haastavaa.

Niin kuljetuksen, säilytyksen kuin erotus- ja puhdistusprosessienkin kohdalla joudutaan myös miettimään tuotteen kokonaiskustannuksia. Jos itse tuotantoprosessin lisäksi myös raaka-aineen riittävän laadun ja määrän takaaminen tuottaa paljon kustannuksia, pitäisi lopputuotteesta saatavan hinnan olla korkea. Tuotannon kustannuksia laskisi merkittävästi, jos maitotuotteen valmistukseen ei tarvita uudenlaisia koneita tai linjastoja, vaan pystyttäisiin hyödyntämään jo olemassa olevaa infrastruktuuria.

3.2 Eettiset kysymykset

Elintarvikkeeksi tarkoitetun proteiinipitoisen eläintuotteen käyttäminen johonkin muuhun tarkoitukseen herättää luonnollisesti huolen toiminnan ympäristöystävällisyydestä.

Ei-syötävien maitotuotteiden todellinen ympäristöystävällisyys riippunee kuitenkin varsinaisesta käyttötarkoituksesta. Moni epätavallisiin maitotuotteisiin liittyvä epäily kumpuaa totutuista asenteista ja tavoista. Esimerkiksi maitovaatteet herättävät ihmetystä, vaikka muita eläinperäisiä vaatetusmateriaaleja (villaa, nahkaa, turkiksia, höyheniä) pidetään luonnollisina ja ympäristöystävällisinä vaihtoehtoina ja vaikka monien synteettisten ja kasviperäisten kuitujen valmistukseen ja käyttöön liittyy paljon ympäristöhaittoja ja kysymyksiä työolojen inhimillisyydestä.

Monet eläintuotteiden ei-syöväksi käyttämisen eettiset kysymykset ovat samoja kuin ne jotka liittyvät eläintuotteiden hyödyntämiseen ylipäätään. Eläinten käyttäminen ihmisen tarkoitukseen ruuan tuottamiseksi on erillinen kysymys johon ei tässä paneuduta, mutta ainakin ympäristönäkökulmasta voidaan todeta, että kotimaisen maidontuotannon perustuessa monivuotiseen nurmituotantoon sen vaikutukset ilmastokehitykseen ovat kohtuullisia (Rytönen 2019).

Meijerit pyrkivät jatkuvasti tehostamaan tuotantoaan ja minimoimaan sivuvirtansa, mikä ansiosta elintarvikekäytön ulkopuolelle jäävä biomateriaalin osuus laitoksen käsittelemästä maidosta on yleensä pieni. Koska kokonaisuutena jalostetun maidon määrä on suuri, ovat sivuvirratkin silti volyymiltään merkittäviä. Myös ravintoloiden, kauppojen ja kuluttajien ruokahävikin vähentämiseksi tehdään työtä, mutta täysin hävikittömään kuluutukseen tuskin päästään lähivuosikymmeninä. Maitoketju tuottaa siis väistämättä jonkin verran materiaalia, jota ei voida käyttää ihmisravinnoksi – ainakin tällä hetkellä. Suomessa hävikin määrä on todennäköisesti globaaliin tasoon verrattuna alhainen (FAO 2011), mutta myös muiden maidontuotantomaiden hävikille tarvitaan (paitsi vähennystä) myös järkevä käyttökohte.

Osa sivuvirroista pystytään hyödyntämään toisten eläinten – lähinnä vasikoiden ja sikojen – rehuna, ja osa energiantuotantoon biokaasutuksen kautta. Eläintuotteen käyttö energiaksi ei ole erityisen tehokasta, sillä mikäli eläimen ruokkimiseen käytetty kasvimassa olisi käytetty suoraan energiaksi, työläitä, resursseja ja energiaa kuluttavia välivaiheita olisi huomattavasti vähemmän (rehujen valmistus, tuotantotilojen lämmitys ja jäädytys, lypsy, eläinten lääkintä, maidon kuljetus ja niin edelleen). Lisäksi energiantuotannossa voidaan hyödyntää ainoastaan raaka-aineeseen sitoutunutta kemiallista energiaa, mutta ei sen muita ainutlaatuisia ominaisuuksia, joista saatava hyöty voisi olla paljon suurempi. Energiakäytössä tuote poistuu kierrosta kokonaan, mutta esimerkiksi ruokapakkauksena materiaali voidaan ehkä kierrättää useita kertoja ennen kuin siitä tehdään joko ravinteita kasvintuotantoon tai energiaa.

Fossiilisten luonnonvarojen ehtyessä sekä muovin käytön ja sitä myöten ympäristölle aiheutuvien haittojen lisääntyessä eritoten öljypohjaisia tuotteita korvaaville biomateriaaleihin perustuvilla ratkaisuilla on tällä hetkellä kova kysyntä. Esimerkiksi ruuan pakkaamisessa, joka sinänsä vähentää ruokahävikkiä ja siten ruuan hiilijalanjälkeä, kontrolloidusti ja ympäristöä vahingoittamatta hajoavat biopohjaiset ”muovit” ovat toimiva vaihtoehto öljypohjaisille materiaaleille.

Elintarvikkeeksi kelpaamattoman maidon käyttö ei-syötävissä tuotteissa voisi siis olla ympäristöteko. Toisaalta jos puhtaasta maidosta olisi mahdollista valmistaa esimerkiksi jotain, joka selkeästi edistää ihmisten terveyttä, olisi paikallaan käydä yhteiskunnallista keskustelua siitä, millainen osuus tuotetusta maidosta siihen olisi hyväksyttävää varata.

Maidon materiaalikäytön haasteet:

- Asenteet ja eettiset kysymykset
- Lainsäädännön rajoitukset
- Logistiikka sivuvirtojen keräilyssä
- Käytettävissä olevan raaka-aineen volyymi
- Tuotteiden elinkaari
- Kannattavuus
- Yliherkkyydet

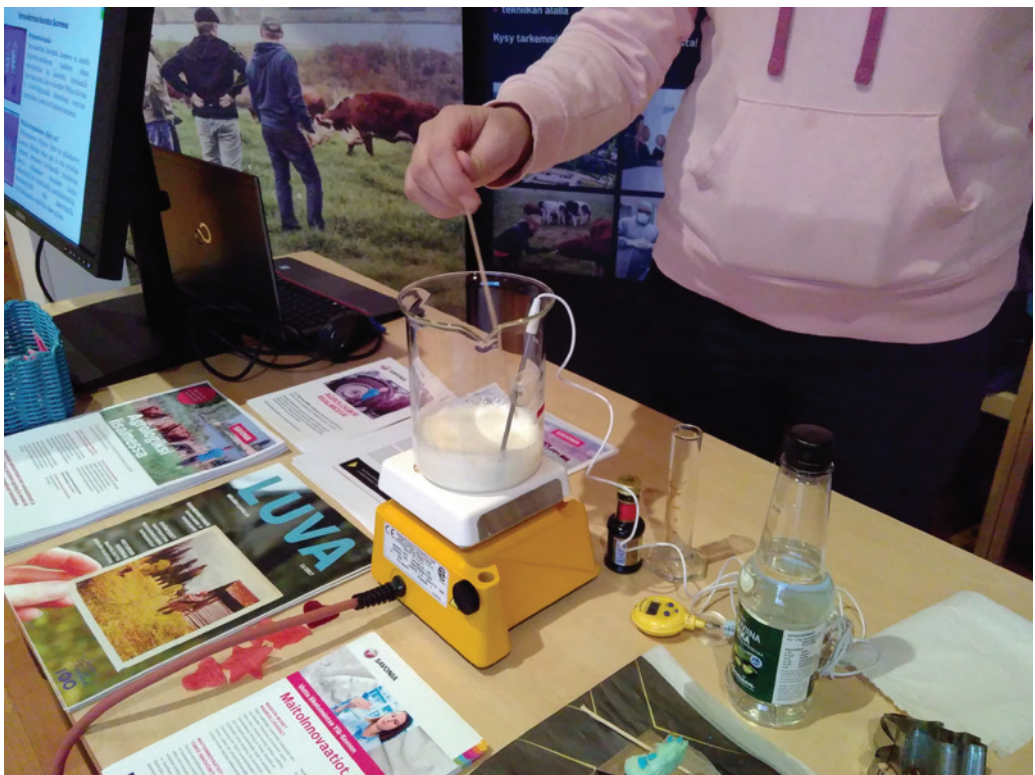


Kuva 11. Ruuan pakkaaminen vähentää ruokahävikkiä mutta ei kokonaan poista sitä. Pilaantuneelle ruualle olisi tarpeen löytää jatkopolku arvokkaana tuotteena. Kuva Maaseutuverkosto.

4. Maitoinnovaatiot-hanke

Savonia-ammattikorkeakoulun Maitoinnovaatiot –hanke toteutettiin 3.9.2018-30.9.2019 ja sitä rahoitti Ylä-Savon Veturi EU:n maaseuturahaston Leader-rahoituksella. Esiselvityksenä toimivan hankkeen tavoitteena oli tukea yläsavolaisten innovaatioiden syntymistä maidon hyödyntämiseksi raaka-aineena muussa kuin elintarviketuotannossa. Hankkeessa pyrittiin etsimään paikallisia yrityksiä, jotka olisivat kiinnostuneita maidon mahdollisuuksista raaka-aineena. Tavoitteena oli myös koota tarvittavaa tietoa maidon ominaisuuksista ja soveltuvuudesta raaka-aineeksi erilaisissa prosesseissa.

Hankkeen aikana kontaktoitiin ja tavattiin monia alueen yrityksiä. Sopivan valmista tuotekonseptia, johon yritykset olisivat voineet suoraan tarttua, ei kuitenkaan löytynyt. Asian uutuus epäilytti suurinta osaa kontaktoiduista, ja vaikka tarve maidon sivuvirtojen hyödyntämiseen ja maidon monipuolisuus raaka-aineena tunnistettiin, varsinaista innostusta ei-syötävien maitotuotteiden kehittämiseen yritysten omalla rahallisella ja ajallisella satsauksella ei syntynyt.



Kuva 12. Maitoinnovaatiot-hanketta esiteltiin Maaseutugaalassa Iisalmessa lokakuussa 2018. Kuva Mikaela Mughal.

Maidon tarjoamista monipuolisista mahdollisuuksista tiedotettiin sekä kohdennetusti että laajalle yleisölle. Toukokuussa 2019 järjestettiin hankkeen innostusseminaari, ja siihen osallistui eri biotalouden alojen asiantuntijoita, kiertotaloudesta kiinnostuneita sekä maidontuotanto- ja jalostusketjun eri linkkien edustajia. Osallistujien ja puhujien yhteinen johtopäätös oli, että ei-syötävälle maitotuotteille voi hyvinkin olla tulevaisuu-

dessa kysyntää, mutta konkreettisesta toiminnasta eli alan valmistavasta teollisuudesta Suomessa ollaan vielä melko kaukana. Ennen kaikkea tarvitaan käytäntöön tähtäävää tutkimustyötä, ja tukea yrityksille kehitys- ja innovaatiotyössä. Niin maidon tuottajat kuin jalostajatkin ovat kuitenkin varovaisen kiinnostuneita ei-syötävistä maitotuotteista.

Parhaiten hankkeessa onnistuttiin keskustelun herättämisessä ja maidon käsittelyn ja teollisen käytön sekä biotalouden uusien ratkaisujen osaajaverkoston kokoamisessa. Media yleisradiota myöten oli kiinnostunut hankkeesta (mm Mattila 2019). Kontaktit niin Ylä-Savossa kuin valtakunnallisestikin on nyt luotu mahdollisia jatkohankkeita tai kehitysprosesseja varten.

5. Johtopäätökset

Maitoinnovaatioita koskevan selvityksen yhteenvedona voidaan todeta, että maidolla todella on suuri potentiaali elintarviketeollisuutta laajempialaisena raaka-aineena.

Materiaalikäyttöön potentiaalisin, mutta myös tutkituin maidon komponenteista on kaseiini. Sen materiaaleja suojaavat, antibakteeriset ja vettä sitovat ominaisuudet ja muokkautuvuus tulevat esiin valtavassa määrässä käyttökohteita. Maidon sivuvirroista suuri osa, varsinkin meijerien osuus, on kuitenkin usein herapohjaisia, kun taas kaseiini on maidon komponenteista halutuimpia. Joissain tapauksissa meijerit jopa ostavat kaseiinia ulkopuolelta. Toisaalta alkutuotannon ja kauppojen sekä kuluttajan päässä syntyvä hävikki on kokomaitoa tai tuotteita, joissa kaseiini on tallella.

Koska heraproteiineista tiedetään vähemmän, osa niiden potentiaalista voi olla vielä löytämättä. Myös kokonaisia proteiineja pienemmillä peptidiketjuilla voi olla yllättäviä käyttökohteita. Itse maidon komponenttien lisäksi tuottavat innovaatiot voivat löytyä vaikkapa niitä ravintonaan käyttävistä mikrobeista tai sivuvirtojen materiaalikäytön mahdollisuuksia parantavista puhdistus- ja erotusmenetelmistä. Maidon käyttöön liittyvää tutkimusta tarvitaan lisää, erityisesti proteiinien käsittelyn, muokkaamisen ja säilymisen saralla.

Maidon käyttö ei-syötävissä tuotteissa jättää vielä paljon avoimia kysymyksiä. Tärkeää olisi kerätä tarkemmat arviot siitä, kuinka paljon käyttökelpoisia sivuvirtoja maidosta tiloilla, meijereissä ja jakelun sekä kulutuksen osalta todella syntyy. Tällä hetkellä arviot ovat karkeita tai niitä ei ole julkisesti esitetty. Pienenkin hävikkiprosentin todellinen volyymi voi olla merkittävä, kun puhutaan korkealle jalostetuista tuotteista, joilla on suuri arvo. Myös Suomen rajojen ulkopuolella oleva potentiaali sekä raaka-aineen lähteenä, että tuotteiden ja osaamisen vientikohteena on hyvä muistaa.

Biotaloutta koskevan lainsäädännön, kuten sivutuotelain, pitäisi kehittyä samaan aikaan uusien tuotteiden kanssa, mutta kehitystyötä se ei välttämättä nykyiselläkään estä. Onnistunut esimerkki tästä kehityskulusta on vaikkapa hyönteisten käyttö ravintona.

Maidon käyttöön liittyy vielä arvokeskusteluja, jotka eivät ole toistaiseksi saaneet huomiota. Varsinkin kaseiini on uskomattoman monipuolinen proteiini, ja pelkästään tämän pitäisi jo lisätä maidon arvostusta raaka-aineena. Monipuolisuus myös tarkoittaa, että vaikka jotkin maidon jo löydetyistä käyttökohteista eivät olisi kannattavia esimerkiksi Suomen materiaalivirran määrän tai suuren tuotantokustannuksen takia, uusiakin maitoon liittyviä keksintöjä on yhä mahdollista tehdä.

Maitoon ja sen kaltaisiin biomateriaaleihin liittyvää osaamista löytyy Suomesta paljon, varsinkin kun omaa osaamista osataan soveltaa ennakkoluulottomasti. Tällä hetkellä teollisuuden yritykset ovat kuitenkin varovaisia elintarvikesivuvirtojen hyödyntämisen suhteen. Ulkomailta kerätyt näytöt onnistuneista kaupallisista sovelluksista ja teeman saama huomio mediassa voivat tulevaisuudessa tuoda uskoa kehittämisen tueksi.

Lähteet

Aho, J. & Hildèn, T. (toim) 2007: Maidon matkassa. Opetushallitus, Helsinki. 228 s.

Alcowhey 2019: From waste to value. Viitattu 18.9.2019. <https://alcowhey.com/>

Allen, M. 2018: Making clothes from milk. Verkkodokumentti. Julkaistu: 8.2.2018. Viitattu 17.9.2019. <http://www.youris.com/bioeconomy/biotechnology/making-clothes-from-milk.kl>

Alongi, J., Carletto, R., Bosco, F., Carosio, F., Di Blasio, A., Cuttica, F., Antonucci, V., Giordano, M. & Malucelli, G. 2014: Caseins and hydrophobins as novel green retardans for cotton fabrics. *Polymer Degradation and Stability*, 99: 111-117.

American Chemical Society 2010: Biodegradable foam plastic substitute made from milk protein and clay. Verkkodokumentti. Julkaistu 17.11.2010. Viitattu 17.9.2019. <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspac/2010/acs-presspac-november-17-2010/biodegradable-foam-plastic-substitute-made-from-milk-protein-and-cla.html>

American Chemical Society 2016: Edible food packaging made from milk proteins (video). Verkkodokumentti. Julkaistu 21.8.2016. Viitattu 19.9.2019. https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2016/august/edible-food-packaging-made-from-milk-proteins-video.html?_ga=2.94907359.2128847379.1542631492-1516587102.1540912503

Clal 2019. Casein prices for acid and rennet casein. Viitattu 18.9.2019. <https://www.clal.it/en/?section=caseine>

Belyamani, I., Prochazka, F. & Assezat G. 2014, Production and characterization of sodium caseinate edible films made by blown-film extrusion. *Journal of Food Engineering* 121: 39-47.

Boelter, J. & Brandelli, A. 2016: Innovative bionanocomposite films of edible proteins containing liposome-encapsulated nisin and halloysite nanoclay. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 145: 740-747.

Bonnaillie, L., Zhang, H., Akkurt, S., Yam, K. & Tomasula, P. 2014: Casein Films: The Effects of Formulation, Environmental Conditions and the Addition of Citric Pectin on the Structure and Mechanical Properties. *Polymers* 6: 2018-2036.

Chang, I., Imb, J., Chungc, M-K. & Chob, G-C. 2018. Bovine casein as a new soil strengthening binder from dairy wastes. *Construction and Building Materials*, 160: 1-9.

Chen, S. & Zhang, L-M. 2019: Casein nanogels as effective stabilizers for Pickering high internal phase emulsions. *Colloids and Surfaces A* 579: 123662.

Chevalier, E., Assezat G., Prochazka, F. & Oulahal, N. 2018: Development and characterization of a novel edible extruded sheet based on different casein sources and influence of the glycerol concentration. *Food Hydrocolloids* 75: 182-191.

Cordis (EU research results) 2014. Whey layer 2: Barrier biopolymers for sustainable packaging. Verkkodokumentti. Viitattu 23.9.2019. Saatavilla <https://cordis.europa.eu/project/rcn/104574/reporting/en>

EWPA (European whey products association) 2014: Whey in animal nutrition. A valuable ingredient. Veghel, Alankomaat. 20s. Saatavilla http://ewpa.euromilk.org/fileadmin/user_upload/Public_Documents/EWPA_Publications/Whey_in_Animal_Nutrition_-_A_Valuable_Ingredient__EWPA_B.pdf

Faheem, S. Baheti, V., Nahid, N., Tunak, M., Wiener, J., Militky, J. 2019: Flame Retardancy, Physiological Comfort and Durability of Casein Treated Cotton Fabrics. *Fibers Polym* (2019) 20: 1011.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2011: Global Food Losses and Food Waste - Extent, Causes and Prevention. Rome, Italy. 37 s.

Gill, H., Doull F., Rutherford K., Cross M. 2000: Immunoregulatory peptides in bovine milk. *British Journal of Nutrition* 84:111-117.

González, M., Álvarez, S., Riera, F. & Álvarez, R. 2006: Economic evaluation of an integrated process for lactic acid production from ultrafiltered whey. *Journal of Food Engineering* 80: 553-561.

Guimarães, P., Teixeira, J. & Domingues, L. 2010: Fermentation of lactose to bioethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology Advances* 28:375–384.

Hengitysliitto 2019: Ammoniakki. Viitattu 20.9.2019. www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautudet/ammoniakki

Hsiang, S.W., Tsai, C.C., Tsai, F.J., Ho, T.Y., Yao, C.H. & Chen, Y.S. 2011: Novel use of biodegradable casein conduits for guided peripheral nerve regeneration. *Journal of the Royal Society Interface* 8: 1622–1634.

Hytönen, K. 2011: Omavalmisteiset sisämaalit. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu, Restauroinnin koulutusohjelma. 92 s.

Illanes, A. 2011. Whey upgrading by enzyme biocatalysis, *Electronic Journal of Biotechnology* 14: 15.

Imarc-group 2019: Global Casein Market Catalysed by Growing Food and Non-Food Applications. Viitattu 18.9.2019. <https://www.imarcgroup.com/global-casein-market>

Kanekanian, A., Williams, R., Brownsell, V. & Andrews, A. 2008: Caseinophosphopeptides and dental protection: Concentration and pH studies. *Food Chemistry* 107: 1015-1021.

Khan, I., Nadeem, M., Imran, M., Ullah, R., Ajmal, M., & Jaspal, M. 2019: Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in health and disease*, 18: 41.

Koivuniemi, K. 2004: Sarvis – suomalaisen muoviteollisuuden uranuurtaja. Tekniikan vaiheita 4/04. Saatavilla <https://peda.net/kouvola/perusopetus/koulut/myllykoskenyhteiskoulu/oppiaineet/kemia/9-kemia/muovit/muoviteollisuus/ms/sarvista-oy:file/download/2f0026710cbdd25b41be91745574cec688fac2ba/muoviteollisuus.pdf>

Koller, M. Salerno, A., Muhr, A., Reiterer, A., Chiellini, E., Casella, S., Horvat, P. & Braunegg, G. 2012: Whey Lactose as a Raw Material for Microbial Production of Biodegradable Polyesters. Teoksessa Saleh, H. (toim) 2012: Polyester. IntechOpen. Saatavilla: <https://www.intechopen.com/books/polyester>

Korhonen, H. & Rantamäki, P. (toim.) 1999: Maidon uudet sovellukset. Tutkimusohjelman loppuraportti. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja Sarja A 55, Jokioinen. 126 s.

Kotia 2019: Deer milk. Viitattu 19.9.2019. www.kotia.co.nz/k%C5%8Dtia/deer-milk/?lang=en_NZ

Lactips 2019. Viitattu 19.9.2019. <http://lactips.com/en/home-lactips-en/>

Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S. & Sozer, N. 2018: Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering* 220: 20-27.

Luke 2019: Ravintotase 2018 ennakko ja 2017 lopulliset tiedot. Verkkodokumentti. Julkaistu 27.6.2019. Viitattu 19.9.2019. https://stat.luke.fi/ravintotase-2018-ennakko-ja-2017-lopulliset-tiedot_fi

Majjala, K. 2000: Cow milk and human development and well-being. *Livestock Production Science* 65: 1–18.

Maito ja Terveys ry 2019: Maito hapatetaan herkuksi - näin syntyvät juustot. Verkkodokumentti. Viitattu 18.9.2019. <https://www.maitojaterveys.fi/maitotietoa/tietoa-maitovalmisteista/nain-syntyvat-juustot.html>

Marsich E., Travan A., Donati, I., Turco, G., Kulkova, J., Moritz, N., Aro H.T., Crosera, M. & Paoletti S. 2013: Biological responses of silver-coated thermosets: An in vitro and in vivo study. *Acta Biomaterialia* 9:5088-5099.

Mattila, M. 2019. Ylijäämäaito menee suotta viemäriin – maidon proteiinista voi tehdä muovia. Yle verkkouutinen 14.6.2019 <https://yle.fi/uutiset/3-10820889>

McCanna, K., Shiell, B., Michalski, W., Leec, A., Wanc, J., Roginskia, H. & Coventry, M. 2006: Isolation and characterisation of a novel antibacterial peptide from bovine aS1-casein. *International Dairy Journal* 16: 316–323.

Milkworks 2019: Maidon kemiaa. Viitattu 13.9.2019. <https://www.milkworks.fi/maidon-kemiaa/>

Mäntyranta, K. 2016: Biopohjainen ja biohajoava PLA-muovi lisää suosiotaan. Teknologian info. Verkkodokumentti. Julkaistu 19.9.2016. Viitattu 23.9.2019. <https://www.teknologia-info.com/logistiikka/biopohjainen-ja-biohajoava-pla-muovi-lisaa-suosiotaan/>

Ormondroyd, G. 2015: Adhesives for wood composites. Teoksessa Ansell, M. (toim.): Wood composites. Woodhead Publishing s. 47-66.

Päivittäistavarakauppa ry 2019: Ruokahävikin vähentäminen kaupoissa. Viitattu 10.9.2019. <https://www.pty.fi/ruokahaevikki/>.

Qmilk 2019. Viitattu 17.9.2019. <https://www.qmilkfiber.eu/?lang=en>

Rabizadeh, T. & Asl, S. 2019. Casein as a natural protein to inhibit the corrosion of mild steel in HCl solution. *Journal of Molecular Liquids* 276: 694-704.

Recio, I. & Visser, S. 1999: Identification of two distinct antibacterial domains within the sequence of bovine κ 2-casein. *Biochimica et Biophysica Acta, General Subjects* 1428: 314-326.

Rehan, F., Ahemad, N., Gupta, M., 2019: Casein nanomicelle as an emerging biomaterial- A comprehensive review. *Colloids and Surfaces B Biointerfaces* 179: 280-292.

Ruokatieto 2019: Tietohaarukka. Tilastotietoa elintarvikealasta. 68s. Saatavilla <https://www.ruokatieto.fi/ruokafakta/tietohaarukka-kokoa-luvut-pelloilta-poytaan>

Ruokavirasto 2019: E270 Maitohappo. Viitattu 20.9.2019. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/elintarvikeparanteet/lisaaineet/e-koodit/e270/>

Rytkönen, A-P. 2019: Onko kotimaisesta naudanlihasta luopuminen paras tapa vaikuttaa ilmastonmuutokseen? "Ei" vastaa tutkija: "Pitäisi tehdä jotain isompaa". Yle verkkouutinen 8.9.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10954091>

Satakunnan museo 2019: Korjausneuvonta. Puulattiat. Verkkodokumentti. Viitattu 20.9.2019. www.pori.fi/satakunnan-museo/palvelut/korjausneuvonta/neuvoja-ja-ohjeita-vanhan-talon-kunnostajalle/puulattiat

Shrestha, S. 2016. Wedding dress made out of milk fibre. YouTube video, 1:20. Julkaistu 17.6.2016. <https://www.youtube.com/watch?v=FfWjdQKlgds>

Silva, K., Fonseca, T., Amado, L. & Mauro, M. 2018: Physicochemical and microstructural properties of whey protein isolate-based films with addition of pectin. *Food Packaging and Shelf Life* 16: 122-128.

Simi, P. & Tuomela, O. (toim.) 2012: Kotimaalarin käsikirja. Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 73. 114s.

Sitra 2016: Kierrolla kärkeen. Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. Sitran selvityksiä 117. 56 s.

Skincity 2019: Maitohappo. Viitattu 19.9.2019. <https://skincity.fi/fi/ihonhoito-opas/raaka-aineet/maitohappo>

Sundell, J., Hulmi, J. & Rossi, J. 2011: Heraproteiini ja kreatiini urheiluravintolisinä. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 127:700-705.

Topsan Oy 2012: Kompetenssialueet, kiinteistö- ja huoneistosaneeraukset taidolla ja pie-teetillä. Viitattu 20.9.2019. www.topsanoy.com/kompetenssialueet

Uddin, M., Lappalainen, R. & Haapala A. 2017: Improving fire retardancy of wood with selected protein and inorganic coatings. Saatavilla www.uef.fi/documents/1285125/1460883/Mezbah+Uddin_170425KareliaSymposium.pdf/24eefb5d-8640-410d-a5a1-4aac72d1a646

Valio 2016: Kuinka hera muuttui hylkiöstä halutuksi? Julkaistu 7.4.2016. Viitattu 19.9.2019. www.valio.fi/yritys/artikkelit/kuinka-hera-muuttui-hylkiosta-halutuksi

Vaz, C., Fossen, M., van Tuil, R., de Graaf, L., Reis, R. & Cunha, A. 2003: Casein and soybean protein-based thermoplastics and composites as alternative biodegradable polymers for biomedical applications. Journal of biomedical materials research. Part A 65: 60-70.

Walstra, P. 1999: Casein sub-micelles: do they exist? International Dairy Journal 9: 189-192

Whey Organic Cosmetics 2019: Viitattu 19.9.2019. www.wheyorganiccosmetics.com/

Wrap 2019. Dairy. The issues. Viitattu 19.9.2019. <http://www.wrap.org.uk/food-drink/business-food-waste/dairy>

Ympäristöministeriö 2018: Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa. Muovitiekartta Suomelle. 36s. Saatavilla: [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vahenna_valta_kierrata_ja_korvaa__muovit\(48210\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vahenna_valta_kierrata_ja_korvaa__muovit(48210))

Zhang, S. Jin, X. Gu, X. Chen, C., Li, H. Zhang, Z. & Sun, J. 2018: The preparation of fully bio-based flame retardant poly(lactic acid) composites containing casein. Journal of Applied Polymer Science 135: 46599.



SAVONIA

 Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahaisto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



**Ylä-Savon
Veturi**

ISBN: 978-952-203-265-2 (PDF) | ISSN: 2343-5496
SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA: 6/2019

