



Kirsi-Helena Liukkonen, Sanna Kauppinen,
Sirpa Karppinen, Leila Karhunen, Karin Autio,
& Liisa Lähteenmäki

Elintarvikkeet, kylläisyys ja painonhallinta

Kirjallisuuskatsaus



Elintarvikkeet, kylläisyys ja painonhallinta Kirjallisuuskatsaus

Kirsi-Helena Liukkonen, Sirpa Karppinen,
Karin Autio & Liisa Lähteenmäki

VTT Biotekniikka

Sanna Kauppinen & Leila Karhunen

Kuopion yliopisto, Elintarvikkeiden terveystvaikutusten tutkimuskeskus

ISBN 951-38-6218-6 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6219-4 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>)

Copyright © VTT 2004

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Biotekniikka, Tietotie 2, PL 1500, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 455 2103

VTT Bioteknik, Datavägen 2, PB 1501, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 455 2103

VTT Biotechnology, Tietotie 2, P.O.Box 1501, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 455 2103

Kuopion yliopisto, Elintarvikkeiden terveystutkimuskeskus, PL 1627, 70211 Kuopio
University of Kuopio, Food and Health Research Centre, PL 1627, 70211 Kuopio, Finland

Tekstin viimeistely Päivi Vahala

Otamedia Oy, Espoo 2004

Liukkonen Kirsi-Helena, Kauppinen Sanna, Karppinen Sirpa, Karhunen Leila, Autio Karin & Lähtenmäki Liisa. Elintarvikkeet, kylläisyys ja painonhallinta. Kirjallisuuskatsaus [Food, satiety and weight control]. Espoo 2004. VTT Tiedotteita – Research Notes 2234. 91 s.

Avainsanat bioactive compounds, energy balance, energy density, food, food structure, glycemic index, grelin, insulin, leptin, macronutrients, obesity, palatability, satiation, satiety, satiety index, visual analogue scale

Tiivistelmä

Lihavuudesta on tulossa maailmanlaajuisesti yhä merkittävämpi terveysongelma. Se lisää monien kroonisten sairauksien (mm. tyypin 2 diabetes, verenpainetauti) esiintyvyyttä ja siten myös terveydenhuollon kustannuksia. Kehon painoon vaikuttavat niin geneettiset, ympäristö- kuin psykososiaaliset tekijät. Viime kädessä lihominen johtuu liiallisesta energiansaannista verrattuna energiankulutukseen. Runsasenergisien ruoan helppo saatavuus ja vähäinen fyysinen aktiivisuus ovat merkittävimpiä lihavuuden syntyä edistäviä tekijöitä.

Ravinnonottoa ja energia–aineenvaihduntaa säädellään sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Lyhyen aikavälin säätely tarkoittaa aterian aikana ja ateriasta toiseen tapahtuvaa säätelyä. Pitkän aikavälin säätely puolestaan pyrkii säilyttämään elimistön energiatasapainon pitkällä tähtäimellä samana. Lyhyen ja pitkän aikavälin säätelymekanismit ovat vuorovaikutuksessa keskenään.

Syömisestä lyhytaikaisessa säätelyssä nälän ja kylläisyyden tuntemusten kehittymiseen vaikuttavat suun ja nielun alueen maku- ja tuntoaistimuksiin liittyvät viestit, mahalaukun täyttyminen, ruoan komponenttien tulo ohutsuoleen ja maksan aineenvaihdunnassa tapahtuvat muutokset. Myös ulkoiset tekijät vaikuttavat; muun muassa sosiaalinen tilanne, kognitiiviset tekijät ja syömiseen liittyvät ympäristön vihjeet voivat ohjata syödyn ruoan määrää.

Leptiiniä ja insuliinia pidetään elimistössä tärkeimpinä pitkäaikaisen ravinnonoton säätelijöinä. Niiden pitoisuus elimistössä on suorassa suhteessa rasvakudoksen määrään, ja ne vaikuttavat syömistä vähentävästi. Positiivisessa energiatasapainotilassa eli energiansaannin ollessa suurempaa kuin sen kulutus leptiinin ja insuliinin valmistus lisääntyy, minkä seurauksena keskushermostossa vaikuttavien, syömistä vähentävien peptidien valmistus lisääntyy ja syömistä lisäävien vastaavasti vähentyy. Negatiivisessa energiatasapainotilassa tilanne on päinvastainen.

Elintarvikkeen aikaansaamaa kylläisyyden tuntemusta arvioidaan yleensä kyselytutkimuksena ennen ja jälkeen testielintarvikkeen nauttimisen. Useimmiten käytetään jana-

asteikkoa, jonka päihin on kiinnitetty ääripääkuvaukset (esim. erittäin kylläinen – ei lainkaan kylläinen). Myös testielintarvikkeen jälkeen nautittua ruokamäärää (energian-saanti) käytetään elintarvikkeen aikaansaaman kylläisyyden arvioimiseen. Kylläisyyden tuntemuksen mittaamisessa käytettävät menetelmät vaativat vielä lisää tutkimusta. Kehitystyötä tarvitaan muun muassa mittausmenetelmien luotettavuuden, toistettavuuden ja herkkyyden varmentamiseksi.

Elintarvikkeen energiatihedellä, kJ (kcal)/g elintarviketta, on keskeinen merkitys energiansaannin säätelyssä. Lyhytaikaisissa tutkimuksissa alhaisen energiatihedden omaavan ruoan on osoitettu lisäävän kylläisyyttä, vähentävän näläntuntemusta ja pienentävän energiansaantia verrattuna korkean energiatihedden omaavaan ruokaan. Pitkäaikaisissa tutkimuksissa energiatihedeltään alhaisen ruoan on osoitettu edistävän painonpudotusta. Energiaravintoaineista rasvalla on kaksinkertainen energiatiheys hiilihydraatteihin tai proteiineihin verrattuna. Energiaravintoainekoostumuksen ohella energiatihedteen vaikuttavat veden, ilman, ravintokuidun ja makeutusaineiden määrät.

Energiaravintoaineista rasva pitää huonoiten kylläisyyttä, proteiini parhaiten hiilihydraattien sijoittuessa näiden kahden väliin. Kaikissa tutkimuksissa tätä järjestystä ei ole kuitenkaan pystytty osoittamaan. Myös elintarvikkeen matala glykeeminen indeksi (GI) on liitetty lisääntyneeseen kylläisyyteen ja hitaampaan nälän ilmaantumiseen. Tutkimustulokset eivät kuitenkaan ole täysin yksiselitteisiä GI:n merkityksestä kylläisyyden ja painon säätelyssä ja lisää tutkimuksia tarvitaan. Ravintokuidun määrän lisäämisen ruokavaliossa on useissa tutkimuksissa osoitettu laskevan energiansaantia ja painoa.

Energiaravintoaineiden lisäksi ruoka voi sisältää erilaisia bioaktiivisia yhdisteitä, joilla voi olla energiansaantia vähentävä ja kylläisyyttä ja/tai energiankulutusta lisäävä vaikutus. Tutkimuksissa mielenkiinnon kohteina ovat olleet mm. teen polyfenolit, kofeiini, kapsaisinoideja sisältävät tuliset mausteet, hydroksisitrunahappo, kalsium ja kromi. Näyttö näiden yhdisteiden merkityksestä painon ja kylläisyyden säätelyssä vaatii kuitenkin vielä lisää tutkimuksia.

Ruoan vaikutusta kylläisyyteen ja painonsäätelyyn arvioitaessa ei voida jättää huomiotta ruoan fysikaalisia ominaisuuksia. Rakenne vaikuttaa ruoan hajoamisasteeseen, mahalaukun tyhjenemisnopeuteen ja ravinnon imeytymiseen. Yleensä kiinteät, paljon solukorakennetta sisältävät elintarvikkeet (tuoreet kokonaiset hedelmät ja vihannekset, jyviä sisältävät leivät, kokolihatuotteet jne.) hajoavat ruoansulatuskanavassa hitaammin ja saavat aikaan pidempään kestävä kylläisyyden tuntemuksen kuin pitkälle homogoidut tuotteet (soseet, jauhoista valmistetut leivontatuotteet jne.) tai nesteet. Vastavasti nestemäisistä lähteistä saadun energian kompensoiminen on ilmeisesti vähäisempää kuin kiinteistä lähteistä saadun energian.

Ruoan maittavuudella on myös tärkeä merkitys kylläisyyden kehittymisessä. Kylläisyys voi kehittyä hitaammin ruokaan, josta pidetään. Ruokaa, josta pidetään, myös syödään enemmän kuin vähemmän pidettyä ruokaa. Kylläisyyden on todettu kehittyvän ruoan aistittaviin ominaisuuksiin kuten makuun tai rakenteeseen; tullaan kylläiseksi mausta tai rakenteesta, jota juuri on syöty, mutta jaksetaan syödä rakenteeltaan ja/tai maultaan erilaista ruokaa. Tällöin puhutaan sensorispesifisestä kylläisyydestä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tämän hetkisen käsityksen perusteella vähärasvainen (noin 30 % energiasta) ja runsaasti kompleksisia hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio antaa parhaan tuloksen painonhallinnassa. Elintarvikkeiden energiatihedysten ohella myös niiden rakenteella ja mahdollisesti sisältämällä bioaktiivisilla yhdisteillä voi olla merkitystä. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan. On lisäksi tärkeää huomioida, että painonhallinnan kannalta edullisen elintarvikkeen tulee olla myös hyväksyttävä; ruoan maku on sen valinnan kannalta keskeinen tekijä.

Alkusanat

Tämä kirjallisuuskatsaus on kirjoitettu projektin ”Elintarvikkeita painonhallintaan: rakenteen ja koostumuksen vaikutus kylläisyyteen ja painonsäätelyyn” puitteissa. Vuonna 2003 alkanut projekti kuuluu Tekesin ”Elintarvikkeet ja terveys” -teknologiaohjelmaan.

Projektin tavoitteena on koota uusinta tutkimustietoa ravinnon ominaisuuksien ja ravinnonoton säätelyn välisistä yhteyksistä, luoda osaamis pohjaa elintarvikkeiden aiheuttaman kylläisyyden ja energia-aineenvaihdunnan säätelyä elintarvike-tekniikan keinoin ja kehittää luotettava tuotteen kylläisyysarvoa kuvaava menetelmä eli kylläisyysindeksi, jolla voidaan arvioida yksittäisten tuotteiden aiheuttamaa kylläisyyden tunnetta.

Projekti toteutetaan VTT Biotekniikan ja Kuopion yliopiston Elintarvikkeiden terveysvaikutusten tutkimuskeskuksen (ETTK) yhteistyönä, ja siihen osallistuvat myös Atria Oy, Fazer Leipomot Oy, Ingman Foods Oy Ab, Lännen Tehtaat Oyj, Raisio Yhtymä Oyj, Oy Sinebrychoff Ab, Suomen Viljava Oy ja Valio Oy.

Espoossa maaliskuussa 2004

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	6
Termiluettelo.....	9
1. Johdanto.....	13
2. Lihavuus.....	14
2.1 Lihavuuden määritelmä.....	14
2.2 Lihavuuden yleisyys.....	15
2.3 Lihavuuteen liittyvät sairaudet.....	15
3. Lihavuuden syntyyn vaikuttavat tekijät.....	16
3.1 Biologiset tekijät.....	16
3.1.1 Perimä.....	16
3.1.2 Metaboliset tekijät.....	17
3.1.2.1 Perusaineenvaihdunta.....	17
3.1.2.2 Hengitysosamäärä.....	17
3.1.2.3 Spontaani fyysinen aktiivisuus.....	17
3.2 Ympäristötekijät.....	18
4. Ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätely.....	19
4.1 Ravinnonoton lyhytaikainen säätely.....	21
4.1.1 Syömisen aloittaminen.....	21
4.1.1.1 Greliini.....	21
4.1.2 Syömisen lopettaminen.....	22
4.2 Ravinnonoton pitkäaikainen säätely.....	24
4.2.1 Leptiini.....	24
4.2.1.1 Leptiinin tuotanto.....	24
4.2.1.2 Leptiinin vaikutus elimistössä.....	24
4.2.1.3 Leptiiniaineenvaihdunnan häiriöt.....	25
4.2.2 Insuliini.....	25
4.3 Keskushermoston välittäjäaineet ja peptidit.....	26
5. Kylläisyyden mittaaminen.....	29
5.1 Menetelmät.....	29
5.1.1 Kysymykset.....	30
5.1.2 Asteikot.....	30
5.1.2.1 Esimerkkejä käytetyistä asteikoista.....	33
5.1.3 Mittausajankohdat.....	37
5.1.4 Testiateriat.....	38
5.1.5 <i>Ad libitum</i> -ateria.....	38
5.2 Kylläisyysindeksi.....	44

5.3	Yhteenvedoa kylläisyyden mittaamisesta	44
6.	Annoskokoon, energian ja muiden ravintotekijöiden merkitys	46
6.1	Annoskoko	46
6.2	Energiatiheys	47
6.3	Energiaravintoainekoostumus	48
6.3.1	Rasvat	48
6.3.1.1	<i>Ravinnon rasvan vaikutus ravinnonottoon</i>	48
6.3.1.2	<i>Rasvatasapaino</i>	50
6.3.1.3	<i>Rasvan rakenteen vaikutus</i>	50
6.3.1.4	<i>Rasvan korvikkeet</i>	51
6.3.2	Proteiinit	53
6.3.2.1	<i>Ravinnon proteiinien vaikutus kylläisyyteen</i>	53
6.3.2.2	<i>Proteiinilähteen vaikutus</i>	53
6.3.2.3	<i>Aminohappojen vaikutus</i>	54
6.3.3	Hiilihydraatit	55
6.3.3.1	<i>Glykeeminen indeksi ja glykeeminen kuorma</i>	55
6.3.3.2	<i>Hiilihydraattilähteen vaikutus</i>	57
6.3.4	Alkoholi	62
6.4	Bioaktiiviset yhdisteet	62
6.4.1	Teen polyfenolit ja kofeiini	62
6.4.2	Kapsaisinoideja sisältävät tuliset mausteet	63
6.4.3	Hydroksisitraunahappo	64
6.4.4	Fytoestrogenit	64
6.4.5	Kalsium ja kromi	65
6.4.6	Muut	65
7.	Elintarvikkeen ominaisuudet	66
7.1	Makrorakenne ja reologiset ominaisuudet	66
7.1.1	Solukkorakenteita ja suuria partikkeleita sisältävät elintarvikkeet	66
7.1.1.1	<i>Vilja</i>	66
7.1.1.2	<i>Hedelmät</i>	67
7.1.1.3	<i>Vihannekset</i>	67
7.1.1.4	<i>Liha</i>	68
7.1.2	Huokoiset elintarvikkeet	69
7.1.3	Viskoosit nesteet ja kiinteät hyytelömäiset tuotteet	69
7.2	Maittavuus	70
	Lähdeluettelo	71

Termiluettelo

Ad libitum

Mielensä mukaan, mielin määrin

AGRP

Agouti-related peptidi; hypotalamuksessa valmistettava ravinnonottoa lisäävä peptidi

Energia-aineenvaihdunta

Energiaa tuottava soluaineenvaihdunnan osa, erityisesti adenosiinitrifosfaattia (ATP) tuottavat reaktiot

Energiaravintoaine

Ravintoaine, jonka pilkkoutuessa elimistössä vapautuu energiaa (hiilihydraatit, proteiinit, rasvat ja alkoholi)

Energiasisältö

Elimistölle käyttökelpoisen energian määrä ravintoaineessa

Energiantarve

Yksilön energiankulutukseensa tarvitseman energiaravinnon määrä

Energiatasapaino

Tila, jossa (elimistön) energian saanti on yhtä suuri kuin sen kulutus; *negatiivinen energiatasapaino* = tila, jossa energian saanti on pienempi kuin sen kulutus, *positiivinen energiatasapaino* = tila, jossa energian saanti on suurempi kuin sen kulutus

Energiatiheys

Elimistön aineenvaihdunnassa hyväksikäytettävän energian määrä elintarvikkeen painoa kohden (kJ tai kcal / g)

GIP

Gastric inhibitory (poly)peptide/glucose-dependent insulinotropic hormone; ruoansulatuskanavan alueelta erittyvä hormoni, jonka vaikutuksesta insuliinin ja glukagonin erityslisääntyy ja mahalaukun toiminnot estyvät, vähentää ruokahalua

GLP-1

Glukagonin kaltainen peptidi 1; ruoansulatuskanavan alueelta erittyvä hormoni, vähentää ruokahalua

Glukoosi

Verensokeri, rypälesokeri, dekstroosi; luonnossa sekä vapaana (mm. verensokerina) että hiilihydraattien osana yleinen kuusihiiliatominen yksinkertainen sokeri (monosakkaridi)

Greliini

Mahalaukusta erittyvä peptidihormoni, joka lisää ruokahalua ja näläntuntemusta, liittyy syömisen aloittamiseen

GRP

Gastriinia vapauttava peptidi; keskushermostossa valmistettava peptidi, vähentää ruokahalua

Hengitysosamäärä

(Respiratory Quotient, lyhenne RQ) luku, joka ilmaisee aineenvaihdunnassa syntyneen hiilidioksidin määrän suhteessa kulutetun hapen määrään, kuvastaa elimistön pilkkomien ravintoaineiden laatua

Hormoni

Umpirauhasten erittämä aine, joka leviää verenkierrossa ja vaikuttaa pieninä pitoisuuksina sellaisen solun (kohdesolun) toimintaan, jossa on tähän aineeseen sopiva vastaanottajamolekyylä (reseptori)

Hypoglykemia

Veren sokerin niukkuus, veren glukoosin tavallista pienempi määrä

Hypotalamus

Talamuksen alla sijaitseva väliaivojen alaosa (kolmannen aivokammion pohja ja sivuseinien alaosat)

Insuliini

Haiman Langerhansin saarekkeiden beetasolujen verenkiertoon erittämä, mm. hiilihydraattiaineenvaihduntaa (glukoosin soluun ottoa) säätelevä peptidihormoni

Insuliiniherkkyys

Insuliinin kyky alentaa veren glukoosipitoisuutta

Isoenerginen

Samanenerginen, yhtä paljon energiaa sisältävä

Keskushermosto

Aivot ja selkäydin

Kolekystokiniini

Ohutsuolen limakalvolta erittyvä peptidihormoni, joka lisää mm. haiman ruuansulatusentsyymien eritystä, lisää kylläisyyttä

Kylläisyys

Satiety; aterian jälkeen ilmenevä ja aterioiden välillä vallitseva kylläisyyden tuntemus, joka estää uuden aterian aloittamisen

Kylläntyminen

Satiation; aterian aikana kehittyvä kylläisyyden tuntemus, joka johtaa aterian lopettamiseen

Leptiini

Rasvasolujen tuottama peptidihormoni, jolla on tärkeä merkitys ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätelyssä, vaikutus syömistä vähentävä

Lipaasi

Rasva-aineita pilkkova entsyymi

Makroravintoaine

Ks. energiaravintoaine

 α -MSH

α -melanosyyttiä stimuloiva hormoni; hypothalamuksessa valmistettava ravinnonottoa vähentävä peptidi

Neuropeptidi

Hermosolun erittämä peptidi, esim. hormoni tai muu viestiaine (joita voi erittyä myös muista soluista)

NPY

Neuropeptidi Y; hypothalamuksessa valmistettava ravinnonottoa lisäävä peptidi

Painoindeksi

Body Mass Index (BMI); kehonpainon (lihavuuden, laihuuden) mittarina käytetty tunnusluku: paino (kilogrammaa) jaettuna pituuden (metriä) neliöllä (kg/m^2)

Parasympaattinen hermosto

Autonomisen hermoston toinen pääosa, jonka vaikutuksesta mm. ruuansulatuselinten toiminta kiihtyy ja verenkierron toiminta rauhoittuu (vrt. sympaattinen hermosto)

Perifeerinen (säätely)

Ääreis-, kaukana keskustasta sijaitseva, (keskushermoston ulkopuolinen)

Perusaineenvaihdunta

Elimistön aineenvaihdunnan nopeus lepotilassa

Pre load -ateria

Testiateria, jonka aikaansaamaa kylläisyysvastetta tarkastellaan sitä seuraavien subjektiivisten arviointien ja seuraavalla/seuraavilla aterioilla syödyn ruoan määrän avulla

Rasvan hapettuminen

Oksidaatio; rasvan hyväksikäyttö energiana, rasvan ”palaminen”

Lipolyysi

Rasvakudoksen rasvojen pilkkoutuminen (lipaasien vaikutuksesta)

Ravintokuitu

Joukko ravinnon orgaanisia yhdisteitä, joita selkärankaisten entsyymit eivät pysty pilkkomaan (mutta jotka voivat jossain määrin pilkkoutua ruuansulatuskanavan mikrobien entsyymien vaikutuksesta); mm. kasvien selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini

Termogeneettinen vaste

Ravintoaineiden pilkkomisen, imeytymisen, kuljetuksen ja varastoinnin aikaansaama energiankulutuksen lisääntyminen

Sensorispesifinen kylläisyys

Kylläisyyden tuntemus, joka kehittyy syödyn ruoan makua, rakennetta tai muuta aistittavaa ominaisuutta kohtaan

Sentraalinen (säätely)

Keskellä sijaitseva, keskeinen, keskus-, (keskushermostossa tapahtuva)

Sympaattinen hermosto

Autonomisen hermoston toinen pääosa, jonka vaikutuksesta mm. verenkierron toiminta kiihtyy ja ruuansulatuselinten toiminta rauhoittuu (vrt. parasympaattinen hermosto)

Vagushermo

10. aivohermo (kiertäjähermo), parasympaattisen autonomisen hermoston kautta säätelee sisäelinten toimintaa, mm. suolahapon erityis mahalaukussa ja suoliston peristaltiikka, sekä välittää ruuansulatuskanavan alueelta viestejä aivoihin

1. Johdanto

Lihavuus on yleistynyt terveysongelma useimmissa länsimaissa. Viime kädessä lihavuus johtuu pitkäaikaisesta positiivisesta energiatasapainosta. Ravinnonotto ja energia-aineenvaihdunta ovat monimutkaisen säätelyn alaista, eikä säätelyä tunneta vielä yksityiskohtaisesti. Ihmisellä ravinnonottoon vaikuttavat sekä fysiologiset, psykologiset että kulttuuriset tekijät. Ruoalla on keskeinen osa energiatasapainossa. Ruoan määrä ja energiatiheys ovat kylläisyyden kehittymisen ja painonsäätelyn kannalta tärkeitä tekijöitä. Ruoan fysikaaliset ominaisuudet, kuten rakenne ja partikkelikoko, vaikuttavat puolestaan ruoan imeytymisnopeuteen ja sitä kautta mahdollisesti kylläisyyden tuntemuksen kehittymiseen.

Yleinen kiinnostus hyvinvointiin on viime vuosina lisääntynyt, ja kuluttajat ovat yhä enemmän kiinnostuneita terveydestä. Toisaalta kuitenkin lihavuuden ja siihen liittyvien sairauksien yleisyys on kasvussa, mikä luo tarpeen kehittää uudentyyppisiä, painonhallintaa tukevia elintarvikkeita. Tämä edellyttää taitotietoa elintarvikkeen ominaisuuksien vaikutuksesta kylläisyyteen ja energia-aineenvaihduntaan sekä menetelmien kehittämistä tuotekohtaisen kylläisyyden mittaamiseksi luotettavasti ja toistettavasti.

Kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätelyä ja elintarvikkeen ominaisuuksien, määrän, koostumuksen ja fysikaalisten ominaisuuksien vaikutusta koettuun kylläisyyteen ja painon säätelyyn. Lisäksi katsauksessa esitetään yhteenveto kylläisyyden mittaamiseen käytetyistä menetelmistä.

2. Lihavuus

- Liikapainon eli lievän lihavuuden rajana pidetään painoindeksiä 25 kg/m². Varsinaisesta lihavuudesta puhutaan painoindeksin ylittäessä 30 kg/m².
- Yli puolet suomalaisista on vähintään lievästi lihavia. Lihavuus yleistyy erityisesti nuorissa ikäluokissa.
- Lihavuus lisää monien sairauksien (mm. tyypin 2 diabetes, verenpainetauti) esiintyvyyttä ja siten terveydenhuollon kustannuksia.

2.1 Lihavuuden määritelmä

Lihavuudella tarkoitetaan tilaa, jossa elimistön rasvakudoksen määrä on lisääntynyt. Käytetyin lihavuuden arviointimenetelmä on painoindeksi, joka ilmaisee kehon painon pituuteen suhteutettuna (kg/m²). Normaalipainon rajoina pidetään painoindeksiä 18,5–24,9 kg/m². Liikapainosta tai lievästä lihavuudesta puhutaan painoindeksin ollessa ≥ 25 kg/m² ja lihavuudesta painoindeksin ollessa ≥ 30 kg/m² (Taulukko 1). Normaalipainon ylärajaksi on määritelty se arvo, jonka ylittymiseen liittyy väestössä suurentunut sairastuvuus ja kuolleisuus. (Kopelman 2000, Suomen lihavuustutkijat ry:n asettama työryhmä 2002.)

Taulukko 1. Painoindeksin viitealueet.

Painoindeksi (kg/m²) Määritelmä
18,5–24,9 Normaalipaino
25–29,9 Lievä lihavuus (liikapaino)
30–34,9 Merkittävä lihavuus
35–39,9 Vaikea lihavuus
≥ 40 Sairaalloinen lihavuus

Lähde: Fogelholm ym. 1998

Painoindeksi ei kerro rasvakudoksen sijainnista elimistössä, vaan sen lisänä voidaan käyttää vyötärön ympärysmittaa. Vyötärön ympäryksen suureneminen kertoo vatsaonteloon kertyneestä rasvasta, jolloin puhutaan vyötärö- tai keskivartalolihavuudesta. Erityisesti keskivartalolle kerääntynyt rasva lisää lihavuuteen liittyvien sairauksien vaaraa. Jos vyötärön ympäryys ylittää miehillä 100 cm ja naisilla 90 cm, on sairauksien vaara huomattavasti lisääntynyt. (Kopelman 2000, Suomen lihavuustutkijat ry:n asettama työryhmä 2002)

2.2 Lihavuuden yleisyys

Lihavuudesta on tulossa maailmanlaajuisesti yhä merkittävämpi terveysongelma. Uusimpien tutkimusten mukaan 64,5 % amerikkalaisista aikuisista on liikapainoisia tai lihavia (BMI \geq 25 kg/m²) (Flegal ym. 2002). Myös Euroopassa yli puolet 35–60-vuotiaista aikuisista on liikapainoisia tai lihavia (Kopelman 2000).

Suomalaisten painosta ja sen kehityksestä on saatavilla luotettavaa tietoa 1960-luvulta lähtien (Fogelholm ym. 1998). Jo tuolloin suomalaisten lihavuus oli kansainvälisesti verraten yleistä ja on siitä saakka edelleen lisääntynyt erityisesti miehillä. Vuonna 1997 25–64-vuotiaista suomalaisista vähintään lievästi lihavia oli 52 % naisista ja 68 % miehistä (Suomen lihavuustutkijat ry:n asettama työryhmä 2002). Painoindeksin 30 kg/m² ylittäviä oli tuolloin 20 % miehistä ja 19 % naisista. Terveys 2000 -tutkimuksen (Reunanen ym. 2002) mukaan 30–64-vuotiaista miehistä 20,7 % ja naisista 21,6 % oli lihavia (BMI \geq 30 kg/m²). Lihavuus yleistyy edelleen. Erityisen huolestuttavaa on se, että lihavuus yleistyy myös nuoremmissa ikäluokissa (Kautiainen ym. 2002). Lihava lapsi on usein myös lihava aikuinen.

2.3 Lihavuuteen liittyvät sairaudet

Lihavuus lisää monien sairauksien vaaraa sekä suoraan että muiden sairauksien välityksellä. Sairauksien ilmenemisen vaara on yhteydessä lihavuuden määrään. Erityisesti vyötärölihavuus lisää vaaraa sairastua. Lihavuuden tiedetään lisäävän erityisesti tyypin 2 diabeteksen, kohonneen verenpaineen, sepelvaltimotaudin, eräiden syöpien, obstruktiivisen uniapnean, sappikivien ja nivelrikon esiintyvyyttä. Myös kihdin, rasvamaksan ja astman esiintyvyyden on havaittu olevan yhteydessä lihavuuteen. Lihavuus aiheuttaa usein myös sosiaalisia haittoja ja leimautumista sekä heikentää elämänlaatua. (Kopelman 2000, Friedman 2000, Suomen lihavuustutkijat ry:n asettama työryhmä 2002)

Lihavuuden hoito aiheuttaa huomattavia kustannuksia lihavuuteen liittyvien liitännäissairauksien kautta. Näiden hoidon on arvioitu muodostavan noin 2–7 prosenttia terveydenhuollon kokonaiskustannuksista (Pekurinen ym. 2000). Lisäkustannuksia aiheuttavat vielä työ- ja toimintakyvyn alenemisesta johtuvat epäsuorat menetykset.

3. Lihavuuden syntyyn vaikuttavat tekijät

- Lihavuuden syntyyn vaikuttavat monet geneettiset ja biologiset tekijät, jotka säätelevät mm. ruokahalua ja aineenvaihdunnan nopeutta.
- Lihavuus on seurausta liian suuresta energian saannista suhteessa sen kulutukseen.
- Runsasenergisien ruokien helppo saatavuus ja vähäinen fyysinen aktiivisuus ovat merkittävimpiä lihavuuden syntyä edistäviä tekijöitä.

Lihavuuden kehittyminen on usean tekijän summa. Kehon painoon vaikuttavat niin geneettiset, ympäristö- kuin psykososiaaliset tekijät, jotka säätelevät energian saantia ja kulutusta biologisten mekanismien välityksellä (Kopelman 2000). Perimällä on tärkeä osa lihavuuden synnyssä, sen osuus kehon painon määräytymisessä on samaa suuruusluokkaa kuin pituuden määräytymisessä (Friedman 2000). Koska lihavuuden yleistyminen on kuitenkin ollut viime vuosikymmenten kuluessa suhteellisen nopeaa, myös ympäristön ja käyttäytymisen muutoksilla täytyy olla merkittävä osa lihavuuden synnyssä (Uusitupa 1999, Hill ym. 2003).

3.1 Biologiset tekijät

3.1.1 Perimä

Lihavuus sinällään ei muutamia harvinaisia poikkeuksia lukuun ottamatta ole perinnöllistä, mutta alttius lihomiseen välittyy geneettisesti. Tämä tarkoittaa, että toiset lihovat toisia herkemmin samojen ympäristötekijöiden vaikutuksesta (Barsh ym. 2000).

Lihavuuden perinnöllisyyttä on selvitetty lukuisissa kaksos-, adoptio- ja perhetutkimuksissa. Näiden perusteella arviot geneettisten tekijöiden osuudesta lihavuuden selittäjänä vaihtelevat 30–70 prosentista jopa 90 prosenttiin (Allison ym. 1996, Maes ym. 1997, Pi-Suynen 2002). Identtisillä kaksosilla on havaittu, että tarjottaessa pitkiä aikoja suuria määriä ylimääräistä energiaa painon ja rasvakudoksen sijainnin vaihtelu on ollut huomattavasti samankaltaisempaa kaksosparien kesken kuin eri kaksosparien välillä (Pi-Suynen 2002). Tutkimuksissa adoptoitujen lasten painon on todettu olevan selvästi enemmän yhteydessä biologisten vanhempien painoindeksiin kuin adoptiovanhempien painoindeksiin.

Tiedetään lukuisia genejä, joiden yhteisvaikutuksesta lihavuus voi seurata. Nämä geenit ohjaavat muun muassa ruokahalun säätelyä sekä elimistön energiankulutusta ja lämmöntuotantoa. Yksittäisen geenin vaikutus lihavuuden syntyyn on useimmissa tapauksissa todennäköisesti melko vähäinen. On kuitenkin löydetty verrattain harvinaisia

lihavuuden muotoja, joissa lihavuuden aiheuttajana on yksittäinen geenivirhe. Häiriötä voi olla muun muassa rasvakudoksen erittämän leptiinin tuotannossa tai leptiinireseptorien toiminnassa, muiden ruokahalua ja energiatasapainoa säätelevien neuropeptidien tuotannossa tai reseptoreissa tai elimistön lämmöntuotantoa säätelevissä mekanismeissa. (Barsh ym. 2000, Kopelman 2000, Arner 2000)

3.1.2 Metaboliset tekijät

3.1.2.1 Perusaineenvaihdunta

Perusaineenvaihdunta eli lepoenergiankulutus muodostaa pääosan päivittäisestä energiankulutuksesta. Sen nopeudessa on yksilöiden välillä eroja, joista osa voidaan selittää sukupuolieroilla sekä eroilla iässä, kehon rasvattomassa painossa ja rasvakudoksen määrässä (Filozof ja Gonzalez 2000). Joissakin tutkimuksissa alhaisen perusaineenvaihdunnan tason on havaittu ennustavan painon nousua, mutta kaikissa tutkimuksissa tätä ei ole havaittu (Pi-Suyner 2002). Perusaineenvaihdunnan nopeuden on todettu ainakin jossain määrin välittyvän perinnöllisesti (Valve ym. 1998).

3.1.2.2 Hengitysosamäärä

Hengitysosamäärä (Respiratory Quotient, RQ) kuvaa ravintoaineiden polttamiseen käytetyn hapen määrää suhteessa tuotettuun hiilidioksidiin, ja sitä käytetään kuvaamaan elimistön energian lähteenä käyttämien energiavainoaineiden suhdetta. Alhainen hengitysosamäärä (0,7) kertoo, että henkilö käyttää energian lähteenä enemmän rasvaa kuin hiilihydraatteja, ja korkea hengitysosamäärä (1,0) puolestaan siitä, että hiilihydraatteja käytetään enemmän kuin rasvaa. Tutkimuksissa on havaittu, että ne henkilöt, joiden hengitysosamäärä on korkea, ovat suuremmassa vaarassa lihoa kuin ne, joiden hengitysosamäärä on alhaisempi. Kuten perusaineenvaihdunta, myös tämä ominaisuus näyttää ainakin osittain välittyvän perinnöllisesti. (Filozof ja Gonzalez 2000, Ravussin ja Bogardus 2000, Pi-Suyner 2002)

3.1.2.3 Spontaani fyysinen aktiivisuus

Spontaanilla fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan, erotukseksi varsinaisesta liikunnasta, tahatonta liikehdintää tai levottomuutta paikallaan oltaessa. Ihmisten välillä on eroa spontaanin fyysisen aktiivisuuden määrässä, ja aktiivisuuden vaihtelu näyttäisi olevan perinnöllisesti välittyvää (Filozof ja Gonzalez 2000, Ravussin ja Bogardus 2000).

3.2 Ympäristötekijät

Lihominen on seurausta pitkäaikaisesta positiivisesta energiatasapainosta, joka johtuu liiallisesta energian saannista verrattuna energian kulutukseen. Länsimaissa energiapi-toista ruokaa on saatavilla ylen määrin helposti ja edullisesti, ja toisaalta fyysisen aktii-visuuden määrä niin työssä kuin vapaa-aikana on vähentynyt erilaisten elämää helpotta-vien keksintöjen myötä (Hill ym. 2003). Tutkimukset eivät ole kuitenkaan osoittaneet kehittyneissä maissa suoraa yhteyttä lihavuuden ja energiansaannin välillä. Tätä saattaa osaltaan selittää syödyn ruoan määrän aliraportointi erityisesti lihavilla (Blundell ja Cooling 1999, Kopelman 2000, Weber ym. 2001). Useissa tutkimuksissa on todettu, että paitsi ruoan määrällä myös sen laadulla on merkitystä lihavuuden synnyssä; run-saasti rasvaa sisältävä, energiatiheä ruoka lisää lihavuuden esiintymistä verrattuna vähä-rasvaiseen ruokavalioon (Hill ja Peters 1998, Filozof ja Gonzalez 2000). Myös ruokien annoskoot ovat viimeisten vuosikymmenten aikana merkittävästi kasvaneet (Matthies-sen ym. 2003). Ruokien annoskoon kasvaminen on puolestaan yhteydessä suurempaan energiansaantiin (Rolls ym. 2002).

Fyysisen aktiivisuuden ja lihavuuden kehittymisen välillä on todettu selvä yhteys: sekä aikuisista että lapsista lihavat liikkuvat vähemmän kuin normaalipainoiset (Kopelman 2000, Filozof ja Gonzalez 2000).

Myös kulttuuriset tekijät vaikuttavat lihavuuden syntyyn. Maahanmuuttajien tai alkupe-räisväestöjen siirtyessä perinteisistä kulttuureista länsimaisiin ja omaksuessa länsimaiset elämäntavat lihavuus yleistyy myös heidän keskuudessaan (Kopelman 2000). Koulutus-taustalla, tulotasolla ja etnisellä ryhmällä on myös merkitystä lihavuuden synnyssä; vä-hän koulutetuilla ja vähän ansaitsevilla sekä etnisiin vähemmistöihin kuuluvilla lihavuus on muuta väestöä yleisempää. Suomessa lihavuuden on todettu olevan naisilla yhtey-dessä työttömyyteen ja alhaiseen tulotasoon, miehillä vastaavaa yhteyttä ei ole havaittu (Sarlio-Lähteenkorva ja Lahelma 1999).

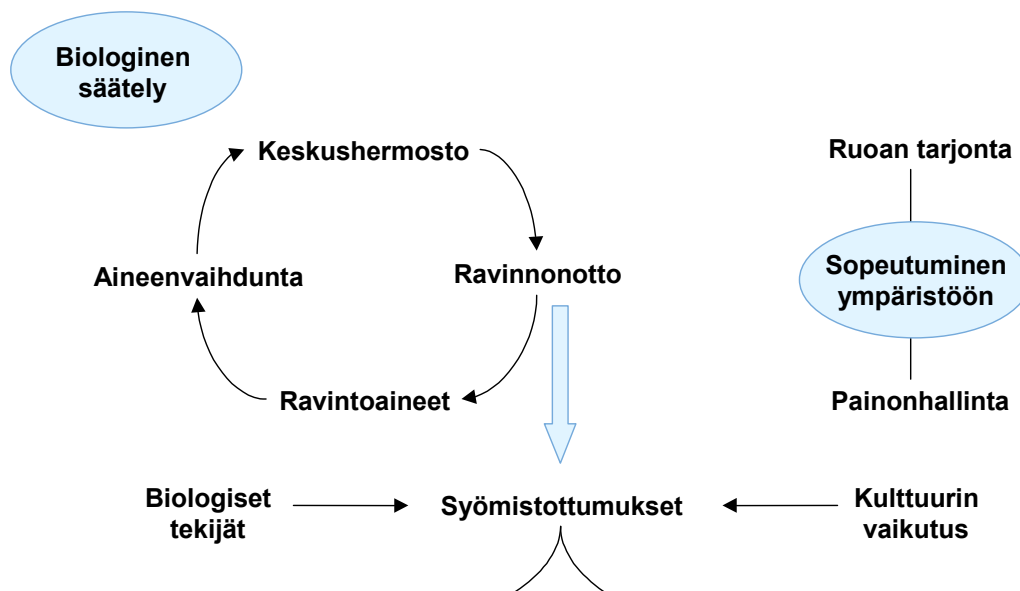
4. Ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätely

- Ravinnonottoa ja energia-aineenvaihduntaa säädellään sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Lyhyen aikavälin säätely ohjaa syömisen aloittamista ja lopettamista sekä aterialla syödyn ruoan koostumusta ja määrää. Pitkän aikavälin säätely pyrkii säilyttämään elimistön energiatasapainon eli rasvavarastojen määrän pitkällä tähtäimellä samana.
- Syömisen aloittamiseen vaikuttavat muutokset elimistön aineenvaihdunnassa ja hormonipitoisuuksissa. Usein syömisen aloittamisen saavat kuitenkin aikaan elimistön ulkopuoliset vihjeet, mieliala tai sosiaalinen tilanne.
- Greliini on mahalaukusta erittyvä peptidihormoni, joka liittyy syömisen aloittamiseen. Greliini lisää ruokahalua ja näläntuntemusta.
- Kylläisyyden kehittymiseen vaikuttavat suun- ja nielun alueen maku- ja tuntoaistimuksiin liittyvät viestit, mahalaukun täytyminen, ruoan komponenttien tulo ohutsuoleen ja maksan aineenvaihdunnassa tapahtuvat muutokset. Lisäksi ruoansulatuskanavasta erittyy useita kylläisyshormoneja, joista tunnetuin on kolekystkiniini.
- Myös sosiaalinen tilanne, kognitiiviset tekijät ja aikaisemmat kokemukset voivat vaikuttaa kylläisyyden tuntemuksen kehittymiseen ja ohjata syödyn ruoan määrää.
- Leptiiniä erittyy rasvakudoksesta suorassa suhteessa elimistön rasvakudoksen määrään. Leptiini on tärkein energiatasapainon pitkän aikavälin säätelijä, ja se vaikuttaa hypothalamuksessa tuotettavien syömistä säätelevien peptidien tuotantoon. Leptiinipitoisuuden nousu vähentää syömistä ja lisää energiankulutusta, leptiinin väheneminen vaikuttaa päinvastoin.
- Myös insuliini toimii energiatasapainon säätelijänä, ja sen pitoisuus elimistössä on suorassa suhteessa kehon rasvavarastojen määrään. Insuliini vaikuttaa energiatasapainoon samojen mekanismien välityksellä kuin leptiini.
- Joukko keskushermostossa tuotettavia välittäjäaineita ja peptidejä osallistuu syömisen säätelyyn, toiset syömistä lisäten, toiset vähentäen. Osa niistä yhdistetään myös syömiseen liittyvään mielihyvään.

Nykyihmisen ravinnonottoa säätelevät pitkälti kulttuurisesti opitut tavat, sosiaaliset tekijät ja tottumukset. Totutun ateria-ajan lähestyminen lisää ruokahalua, vaikka varsinaista nälän tunnetta ei koettaisikaan. Myös syödyn ruoan määrä ja kylläisyyden tuntemukset riippuvat pitkälti ulkoisista tekijöistä. Kognitiiviset tekijät, kuten tiedot, uskomukset ja käsitykset ruoan ominaisuuksista voivat ylittää fysiologiset mekanismit ja vaikuttaa kylläisyyden kehittymiseen huolimatta syödyn ruoan energiasisällöstä tai määrästä. Myös ruoan maku on merkittävä tekijä kylläisyyden kehittymisessä; kylläisyys voi kehittyä hitaammin maultaan miellyttävään ruokaan (Sorensen ym. 2003). Samoin sosiaalinen tilanne ohjaa syödyn ruoan määrää. Mitä useampia henkilöitä aterialla on, sitä enemmän syödään (de Castro 1994, Pliner ym. 2003). Yleisesti hyväksytty selitys tälle on pitkä aika syödä; mitä enemmän ihmisiä, sitä enemmän aikaa kuluu yleensä myös syömiseen (Feunekes ym. 1995). Muun muassa Rozin (1996) on kirjallisuuskatsauksessaan luokitellut ja kuvannut niitä moninaisia kulttuuriin, sosiaaliseen ympäristöön, yksi-

löön ja ruokaan liittyviä mekanismeja ja tekijöitä, jotka vaikuttavat syödyn ruoan määrään ja ruoanvalintaan. Tässä katsauksessa keskitytään kuitenkin pääasiassa syömistä sääteleviin fysiologisiin mekanismeihin, koska niiden uskotaan olevan keskeisiä selvittäessä elintarviketeknologian mahdollisuuksia vaikuttaa elintarvikkeiden aikaansaaman kylläisyyden kehittämiseen ja sitä kautta painonhallintaan.

Ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätely tapahtuu pääasiassa keskushermostossa (Kuva 1). Säätelyä ohjaavat monimutkaiset mekanismit. Ravinnonottoa ja energia-aineenvaihduntaa säädellään sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Lyhyen aikavälin säätely tarkoittaa aterian aikana ja aterialta toiseen tapahtuvaa säätelyä, joka ohjaa syömisen aloittamista ja lopettamista sekä eri aterioilla syödyn ravinnon koostumusta ja määrää. Tässä säätelyssä on huomattavaa vaihtelua aterialta ja päivästä toiseen. Pitkän aikavälin säätely puolestaan pyrkii säilyttämään elimistön energiatasapainon eli rasvavarastojen määrän pitkällä tähtäimellä samana. Lyhyen ja pitkän aikavälin säätelymekanismit ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Lyhyen aikavälin säätely reagoi pitkän aikavälin säätelyn viesteihin kehon rasvavarastojen tilasta; lyhyen aikavälin säätelyn kylläisyyttä välittävät mekanismit herkistyvät tai menettävät herkkyytensä kehon rasvavarastojen tilasta riippuen. Vaikka säätelymekanismit pyrkivät säilyttämään kehon painon samana, painon laskua ehkäisevät mekanismit ovat tavallisesti tehokkaampia kuin painon nousua ehkäisevät. (Schwartz ym. 2000, McMinn ym. 2000, Schwartz ja Morton 2002). Biologisten säätelymekanismien rinnalla syömisen säätelyyn vaikuttavat kuitenkin myös ulkoiset, kulttuuriin ja ympäristöön liittyvät tekijät, usein jopa biologisia säätelymekanismeja voimakkaammin (Kuva 1).



Kuva 1. Biologisten säätelymekanismien, ympäristön ja kulttuurin vaikutus ravinnonottoon (Blundell ja Halford 1994).

4.1 Ravinnonoton lyhytaikainen säätely

4.1.1 Syömisen aloittaminen

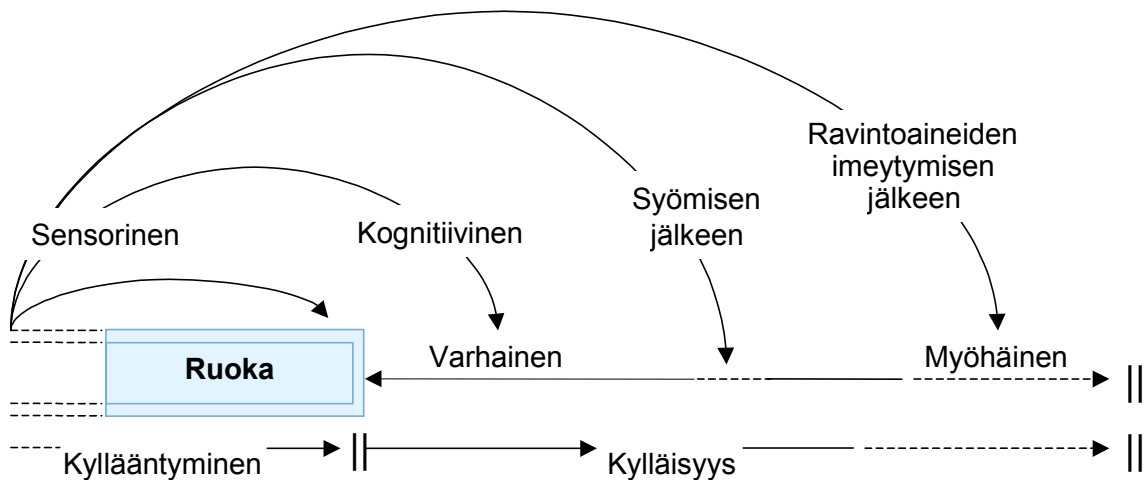
Syömisen aloittamiseen vaikuttavat muutokset elimistön aineenvaihdunnassa. Muun muassa veren glukoosipitoisuuden lasku on yhteydessä näläntunteen kokemiseen hypotalamuksen verensokeria aistivien hermosolujen välityksellä. Myös useiden hormonien ja peptidien, kuten greliinin ja neuropeptidi Y (NPY):n, pitoisuudet ohjaavat nälän tunteen kehittymistä ja syömisen aloittamista. Usein syömisen aloittamiseen kuitenkin vaikuttavat biologisia tekijöitä enemmän elimistön ulkopuoliset vihjeet, kuten kellonaika tai ruoan näkeminen tai haistaminen. Myös mieliala tai sosiaalinen tilanne saattavat johtaa syömiseen, vaikka todellista nälkää eli puutetta ravinnosta ei olisikaan. (Schwartz ym. 2000, Wilding 2002) Nälän tuntemuksen onkin todettu selittävän alle 20 % syömistapahtumista (Mattes 1990).

4.1.1.1 Greliini

Greliini on ruoansulatuskanavan alueelta, mahalaukusta, erittyvä peptidihormoni, joka toisin kuin muut ruoansulatuskanavan hormonit, liittyy syömisen aloittamiseen. Greliini lisää ruokahalua ja näläntuntemusta. Se vähentää myös energiankulutusta hidastamalla aineenvaihduntaa ja vähentämällä sympaattisen hermoston aktiivisuutta. Greliinin pitoisuus veressä nousee paaston aikana ja laskee syömisen seurauksena. Greliinipitoisuus nousee huippuunsa juuri ennen ateriaa ja laskee noin tunnin kuluessa siitä. Pitoisuudessa tapahtuva lasku on riippuvainen insuliinista (Murdolo ym. 2003). Greliiniä pidetään erityisesti energia-aineenvaihdunnan lyhyen aikavälin säätelijänä, tosin sillä on myös pitkän aikavälin säätelyyn osallistuvan hormonin ominaisuuksia: greliinin pitoisuus verenkierrossa on käänteisessä suhteessa elimistön rasvavarastojen määrään. Greliinin vaikutus välittyy ainakin osittain samojen hypotalamuksessa tuotettavien ruokahalua säätelevien peptidien (mm. NPY ja agouti-related peptidi (AGRP)) kautta kuin ravinnonoton pitkän aikavälin säätelyyn osallistuvan leptiinin (ks. kpl 4.2.1) vaikutus. Greliiniä voidaanakin pitää eräänlaisena leptiinin vastavaikuttajana. Greliinin merkitystä ruokahalun ja energiatasapainon säätelyssä ei kuitenkaan vielä tarkkaan tunneta, eikä olla varmoja, onko sillä tärkeämpi tehtävä lyhyen vai pitkän aikavälin säätelyssä. Greliinillä on tärkeä, ruokahalun säätelystä erillinen merkitys myös kasvuhormonin erityksen säätelyssä. (Cummings ym. 2001, Havel 2001, Pinkney ja Williams 2002, Cummings ja Foster 2003)

4.1.2 Syömisen lopettaminen

Kylläisyys voidaan jakaa käsitteenä kahteen osaan: kylläntyminen (satiation) ja kylläisyys (satiety). Näin jaoteltuna kylläntyminen tarkoittaa aterian aikana syntyvää tuntemusta, joka johtaa aterian lopettamiseen, ja kylläisyys aterioiden välillä vallitsevaa tuntemusta, joka estää uuden aterian aloittamista (Raynor ja Epstein 2000, Kuva 2).



Kuva 2. Kylläisyyden tuntemuksen kehittyminen ja sen eri vaiheita säätelevät mekanismit (Blundell ja Halford 1994).

Syömisen lopettamista ohjaavat erilaiset kylläisyyttä välittävät neuraaliset, hormonaaliset ja mekaaniset viestit ruoansulatuskanavasta ja keskushermostosta (McMinn ym. 2000). Syömisen lopettamisessa biologiset mekanismit ovat yleensä tärkeämpiä kuin syömisen aloittamisessa (Schwartz ym. 2000). Kuitenkin aiempien kokemusten perusteella tapahtunut oppiminen eri ruoka-aineiden vaikutuksesta energiatasapainoon ohjaa syömisen lopettamista jo ennen kuin ravintoaineiden pitoisuudet elimistössä muuttuvat (Reid ja Hetherington 1997). Kylläisyyden tuntemus voi olla siten myös osittain opittu. Samoin sosiaalinen tilanne ja kognitiiviset tekijät vaikuttavat ja voivat ohjata syödyn ruoan määrää.

Kylläisyyden syntyyn vaikuttavat ruoan aikaansaamat suun ja nielun alueelta tulevat maku- ja tuntoaistimuksiin liittyvät viestit, mahalaukun täytyminen, ruoan komponenttien tulo ohutsuoleen sekä maksan aineenvaihdunnassa tapahtuvat muutokset (Schwartz ym. 2000, Cecil 2001). Viestit välittyvät sähköisesti vagushermon sekä hormonaalisesti verenkierron välityksellä keskushermostoon, jossa syömisen säätely lopullisesti tapahtuu.

Ruoan maku ja sen aikaansaamat tuntoaistimukset aiheuttavat aluksi myönteisen vasteen ja edesauttavat näin syömisen jatkumista (Swithers 1996), edellyttäen että ruoan

maku on koettu miellyttävänä. Ruoan maun miellyttävyydellä voi olla vaikutusta myös ruoan elimistössä aikaansaamiin biologisiin vasteisiin. Muun muassa syömisen aikaansaama termogeneettinen tai glykeeminen vaste voivat olla suurempia miellyttävänä kuin vähemmän miellyttävänä koetun aterian jälkeen (LeBlanc ja Labrie 1997, Sawaya ym. 2001). Syömisen jatkuessa ruoan ominaisuuksiin kuitenkin totutaan ja niiden miellyttävyyks vähenee, jolloin myös syömishalukkuus vähenee.

Ruoan saapuminen mahalaukkuun aiheuttaa sen seinämien venymistä, mikä edelleen edesauttaa syömisen lopettamista ja kylläisyyden kehittymistä (Havel 2001). Mahan limakalvon soluista vapautuu lisäksi yhdisteitä, kuten gastrinia vapauttavaa peptidiä (GRP), joiden vaikutus on syömistä vähentävä. Yksinään suu-nielun tai mahalaukun alueelta tulevien kylläisyysviestien vaikutus syömiseen on kuitenkin lyhytaikainen (Weingarten ja Gowans 1991, Read ym. 1994).

Ravintoaineiden tulo ohutsuoleen saa aikaan useiden kylläisyyttä viestittävien hormonien ja peptidien erittymisen, mm. syödyn ruoan koostumuksesta riippuen. Erityisesti rasvan ja aminohappojen tulo ohutsuoleen saa aikaan kolekystokiniinin vapautumisen ohutsuolen alkuosasta (Havel 2001). Kolekystokiniini on kenties tunnetuin ruoansulatuskanavasta erittyvistä kylläisyyttä välittävistä yhdisteistä. Se säätelee syödyn ruoan määrää, lyhentää syömisen kestoa ja hidastaa mahalaukun tyhjenemistä (Moran 2000). Ravinnonoton pitkän aikavälin säätelyyn osallistuvat hormonit, leptiini ja insuliini, tehostavat kolekystokiniinin kylläisyyttä aiheuttavaa vaikutusta (Schwartz ym. 2000).

Ruoansulatuskanavan alueelta erittyy samaan tapaan myös muita kylläisyyden kehittymistä edistäviä peptidejä. Rasvapitoisen ruoan nauttiminen lisää ruoansulatuskanavan ylemmissä osissa enterostatiinin vapautumista, joka puolestaan vähentää rasvapitoisen ruoan nauttimista (Erlanson-Albertsson ja York 1997). Runsaasti hiilihydraatteja sisältävän aterian jälkeen suolen seinämän endokriinisista soluista erittyy gastric inhibitory peptidiä (GIP), haimasta yhdessä insuliinin kanssa amyliinia sekä ohutsuolen loppuosasta suhteessa ruoan energiamäärään peptidi YY₃₋₃₆:tä (PYY₃₋₃₆). Ravintoaineiden tulo ohutsuolen loppuosaan lisää myös glukagonin kaltaisen peptidi 1:n (GLP-1) erittymistä. Näiden lisäksi ruoansulatuskanavan alueella on vielä lukuisia muita kylläisyyden tuntemukseen vaikuttavia peptidejä. Niiden, kuten edellä mainittujenkaan, tarkkaa vaikutusmekanismia ja merkitystä ihmisen energiatasapainon säätelyssä ei kuitenkaan vielä kaikilta osin tunneta (Bray 2000, Havel 2001, Batterham ym. 2002).

4.2 Ravinnonoton pitkäaikainen säätely

4.2.1 Leptiini

4.2.1.1 Leptiinin tuotanto

Rasvakudoksen erittämän leptiinihormonin pitoisuus elimistössä on suorassa suhteessa rasvakudoksen määrään (Havel 2001). Kun elimistön rasvavarastot lisääntyvät, leptiinin pitoisuus verenkierrossa lisääntyy ja vastaavasti rasvavarastojen vähetessä leptiinin määrä vähenee. Leptiinin määrä vähenee myös lyhytaikaisemman paaston tai energian saannin rajoittamisen seurauksena ja lisääntyy paastoa seuraavan syömisen tai liiallisen energian saannin vaikutuksesta riippumatta rasvakudoksen määrässä tapahtuvasta vaihtelusta. Elimistö suojautuu näin energiavajeelta lisäämällä energian saantia jo ennen kuin sen rasvavarastot ovat pienentyneet. Myös insuliini ja glukoosi vaikuttavat leptiinin määrään lisäämällä sen eritystä. Leptiinipitoisuuden onkin havaittu olevan korkeampi runsaasti hiilihydraattia sisältävän aterian kuin runsaasti rasvaa sisältävän aterian jälkeen (Romon ym. 1999, Koutsari ym. 2003). Leptiiniä on todettu erittyvän myös mahalimakalvolta suhteessa ravitsemustilaan ja kolekystokiniinin määrään siten, että syömisen seurauksena ja kolekystokiniinin määrän lisääntyessä myös leptiinin eritystä lisääntyy (Attele ym. 2002).

4.2.1.2 Leptiinin vaikutus elimistössä

Leptiiniä pidetään elimistössä tärkeimpänä pitkäaikaisen ravinnonoton säätelijänä, tosin erityisesti ruoansulatuskanavan alueelta erittyvällä leptiinillä uskotaan olevan myös lyhytaikaiseen säätelyyn liittyviä vaikutuksia (Schwartz ym. 2000). Verenkierrosta leptiini siirtyy aivoihin, jossa sen pitoisuus aistitaan. Hypotalamuksessa se vaikuttaa ravinnonottoa ja energiankulutusta säätelevien peptidien, kuten NPY:n, AGRP:n ja melanokorttiinien (mm. α -melanosyyttejä stimuloiva hormoni, α -MSH) tuotantoon. NPY ja AGRP lisäävät syömistä ja vähentävät energian kulutusta, α -MSH puolestaan vähentää syömistä ja lisää energiankulutusta. Kun leptiinin määrä elimistössä kasvaa, syömistä vähentävien ja energiankulutusta lisäävien peptidien tuotanto lisääntyy ja syömistä lisäävien ja energiankulutusta vähentävien peptidien määrä vähenee. Leptiinin määrän väheneminen vaikuttaa päinvastoin: syömistä lisäävien ja energiankulutusta vähentävien peptidien tuotanto lisääntyy ja syömistä vähentävien ja energian kulutusta lisäävien peptidien tuotanto vähenee. (Schwartz ym. 2000, Havel 2001). Ruoansulatuskanavan alueelta erittyvän leptiinin arvellaan toimivan perifeerisesti yhdessä kolekystokiniinin kanssa tehostamalla sen vaikutusta (Attele ym. 2002).

4.2.1.3 Leptiiniaineenvaihdunnan häiriöt

Geenimutaation seurauksena joiltakin ihmisiltä leptiini puuttuu kokonaan. Tästä seuraa jo lapsuudessa alkava sairaalloyen lihavuus, jota voidaan hoitaa antamalla leptiiniä pistoksina. Tila on kuitenkin äärimmäisen harvinainen: kahdelta suvulta maailmassa on tähän mennessä raportoitu ko. mutaatio (Barsh ym. 2000). Tavallisesti lihavilla leptiinipitoisuus on korkeampi kuin normaalipainoisilla, jolloin lisäleptiinillä ei saada aikaan laihtumista. Lihavilla on sen sijaan epäilty olevan leptiiniresistenssiä (Schwartz ym. 2000). Tämä tarkoittaa, että vaikka leptiiniä on verenkierrrossa runsaasti, sen toiminta ruokahalun hillitsijänä on heikentynyt. Leptiiniresistenssi saattaa johtua leptiinin heikentyneestä kulkeutumisesta verenkierrosta veriaivoesteen läpi aivoihin. Myös erittäin harvinainen leptiinireseptorin mutaatio (raportoitu yhdellä suvulla maailmassa) estää leptiinin normaalin toiminnan ja johtaa lihavuuteen (Barsh ym. 2000). Sen sijaan noin 3–5 %:lla sairaalloyen lihavista on todettu mutaatio leptiiniaineenvaihduntaan liittyvässä melanokortiini 4 (MC4) -reseptorissa.

4.2.2 Insuliini

Insuliini vaikuttaa paitsi glukoosin soluun ottoon myös keskushermostotasolla energiatasapainon säätelyyn. Perifeerisessä elimistössä insuliinin vaikutus on kehon energiavaroja lisäävä. Se myös lisää syömistä, erityisesti tilanteissa, joissa insuliinipitoisuuden muutos saa aikaan veren glukoosipitoisuuden voimakkaan pienenemisen (Bray 2000). Keskushermostotasolla insuliinin vaikutus on puolestaan syömistä ja energiavaroja vähentävä. Kuten leptiinin, myös insuliinin pitoisuus elimistössä on suhteessa rasvakuoksen määrään (Schwartz ym. 2000). Insuliini myös vähentää ravinnon ottoa ja lisää energian kulutusta samojen mekanismien välityksellä kuin leptiini. Lisäksi insuliini voi osallistua aterian jälkeisen kylläisyyden tuntemuksen välittämiseen (Verdich ym. 2001). Ravinnon hiilihydraatit ja proteiinit stimuloivat insuliinin eritystä, rasva sen sijaan lisää insuliinin eritystä vain suurina määrinä (Holt ym. 1995, Havel 2001). Myös ruoansulatuskanavan hormonit GIP ja GLP-1 lisäävät insuliinin eritystä (Ahren 2003). Lisäksi eläintutkimuksissa insuliinilla on havaittu yhteyksiä syömiseen liittyvää mielihyvää välittävien mekanismien toimintaan; insuliini vähentää ruoan maittavuuden stimuloimaa syömistä lisääntymistä (Sipols ym. 2002). Toisaalta maittavampi ruoka voi saada aikaan suuremman insuliinierityksen (Laboure ym. 2001).

4.3 Keskushermoston välittäjäaineet ja peptidit

Ravinnonoton säätelyyn osallistuu myös suuri joukko muita keskushermostossa valmistettavia välittäjäaineita ja peptidejä, joista toiset lisäävät, toiset vähentävät syömistä. Niistä monilla on yhteyksiä mm. leptoniiniin aineenvaihduntaan, ja niiden toiminta on yhteydessä elimistön energiatasapainoon ja siinä tapahtuviin muutoksiin (Levine ja Billington 1997). Ne voivat toimia myös yhdistävinä tekijöinä syömistä pitkä- ja lyhytaikaisen säätelyn välillä, esimerkkinä tästä hypotalamuksessa tuotettavat oreksiini/hypokretiini (Sakurai 2003). Niillä voi olla vaikutusta myös ruokavalion koostumukseen. Esimerkiksi serotoniini (5-hydroksitryptofaani, 5-HTP) on havaittu vähentävän erityisesti hiilihydraattipitoisen ruoan syömistä ja sen valmistumisen on esitetty olevan suhteessa ravinnon hiilihydraattien määrään (Leibowitz ja Alexander 1998).

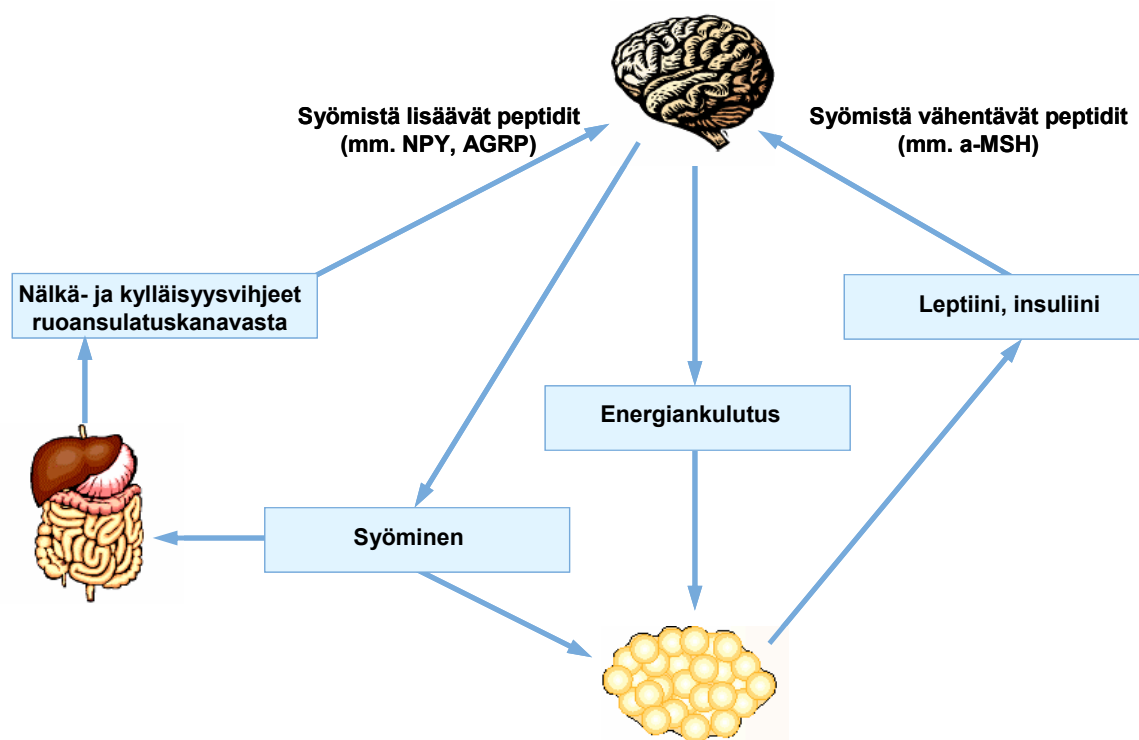
Eräät keskushermoston välittäjäaineista ja peptideistä välittävät syömiseen liittyvää mielihyvää (Levine ja Billington 1997). Muun muassa dopamiini yhdistetään syömiseen liittyvään mielihyvään, erityisesti haluun syödä, ja siten sen oletetaan lisäävän syömistä (Berridge 1996). Toisaalta, vaikutuspaikasta aivoissa riippuen dopamiinin on havaittu myös vähentävän syömistä (Schwartz ym. 2000). Myös opioidipeptidit välittävät syömiseen liittyvää mielihyvää. Ne lisäävät hyvänmakuisen, erityisesti makean ja rasvaisen, ruoan syömisestä saatavaa mielihyvää (Grigson 2002). Samalla tavoin vaikuttavat myös elimistössä luontaisesti valmistettavat kannabinoidit (endokannabinoidit) (Harrold ym. 2002). Kannabinoidien vaikutus on riippumaton elimistön energiatasapainosta, ja niiden vaikutus voi ylittää elimistön normaalit kylläisyysmekanismit.

Taulukkoon 2 on koottu ravinnonoton säätelyyn osallistuvia peptidejä ja välittäjäaineita jaoteltuna niiden pääasiallisen vaikutuksen ja valmistuspaikan mukaan. Yhteenveto ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan hormonaalisesta säätelystä on esitetty kuvassa 3.

Taulukko 2. Ravinnoton säätelyyn osallistuvia välittäjäaineita ja peptidejä.

Ruokahalua lisääviä	Ruokahalua vähentäviä
<i>Keskushermostossa tuotettavia</i>	<i>Keskushermostossa tuotettavia</i>
Agouti-related peptidi (AGRP)	α -melanosyyttejä stimuloiva hormoni (α -MSH)
Dopamiini (mesolimbiset alueet)	Dopamiini (hypotalamus)
Endokannabinoidit	Kortikotropiinia vapauttava hormoni
Galaniini	Neurotensiini
Kasvuhormonin vapauttajahormoni (GHRH)	Noradrenaliini (α 1-reseptori)
Melaniinia konsentroiva hormoni (MCH)	Oksitosiini
Melanosyyttejä stimuloiva hormoni (MSH)	Serotoniini (5-HTP)
Neuropeptidi Y (NPY)	Tyreotropiinia vapauttava hormoni
Noradrenaliini (α 2-reseptori)	Vasopressiini
Opioidit	
Oreksiinit / hypokretiinit	
<i>Keskushermoston ulkopuolella tuotettavia</i>	<i>Keskushermoston ulkopuolella tuotettavia</i>
Greliini	Amyliini
	Apolipoproteiini A-IV
	Enterostatiini
	Gastriinia vapauttava peptidi (GRP) (eläimillä bombesiini)
	GIP (gastric-inhibitory polypeptide/ glucose-dependent insulinotropic hormone)
	Glukagoni
	Glukagonin kaltainen peptidi 1 (GLP-1)
	Haiman polypeptidi
	Insuliini ^a
	Kolekystokiniini
	Leptiini
	Peptidi YY ₃₋₃₆ (PYY ₃₋₃₆)
	Somatostatiini

^aInsuliinin vaikutus keskushermoston ulkopuolella (ruoansulatuskanavassa) syömistä lisäävä, keskushermostossa syömistä vähentävä.



Kuva 3. Ravinnoton ja energia-aineenvaihdunnan hormonaalinen säätely.

5. Kylläisyyden mittaaminen

- Elintarvikkeen aikaansaaman kylläisyyden tuntemuksen mittaaminen tehdään yleensä kyselytutkimuksena ennen ja jälkeen testielintarvikkeen nauttimisen käyttäen asteikkomittausta, esimerkiksi päistään sanallisesti ankkuroitua jana-asteikkoa (ei lainkaan kylläinen – erittäin kylläinen). Lisäksi voidaan kysyä muita tuntemuksia, kuten nälkäisyyttä ja täyden olon tuntemusta.
- Myös testielintarvikkeen jälkeen nautittua ruoka- ja energiamäärää voidaan käyttää elintarvikkeen aikaansaaman kylläisyyden arvioimiseen.
- Kylläisyyden tuntemuksen mittaamisessa käytettävät menetelmät vaativat vielä lisää tutkimusta. Kehitystyötä tarvitaan muun muassa mittausmenetelmien luotettavuuden, toistettavuuden ja herkkyyden varmentamiseksi.

Kylläisyyden tuntemusta mitattaessa ja mittausmenetelmää valittaessa on tärkeää määrittellä, mistä kylläisyyden vaiheesta ollaan kiinnostuneita: aterian aikana (kylläntyminen, satiation) vai sen jälkeen vaikuttavasta (kylläisyys, satiety). Lisäksi tulee huomioida, että kylläisyyden tuntemukseen vaikuttavat nautitun ruoan ja sen ominaisuuksien lisäksi mittausolosuhteet sekä kylläisyyden tuntemusta arvioivan henkilön ominaisuudet, kuten ikä, sukupuoli, paino, liikunta, terveydentila ja taipumus rajoittaa tietoisesti syömistään (Livingstone ym. 2000, Yeomans ym. 2004). Nämä tekijät tulee tuntea ja vakioida niin hyvin kuin on mahdollista. Myös tutkimuksesta ja tuotteista etukäteen tutkittaville annettulla informaatiolla voi olla vaikutusta (Livingstone ym. 2000). Kylläisyyden mittaukseen liittyviä metodologisia näkökohtia on käsitelty laajasti mm. Livingstonen työtovereineen kirjoittamassa katsauksessa (Livingstone ym. 2000).

5.1 Menetelmät

Kylläisyydentuntemuksen mittaamiseen ei ole olemassa yhtä vakioitua menetelmää. Muun muassa Hill ja Blundell (1982) ovat katsauksessaan käsitelleet kylläisyyden tuntemusten mittausta. Mittaukset erilaisilla menetelmillä, kuten luokka-asteikolla (engl. fixed-point scales), jana-asteikolla tai psykologisilla tekniikoilla, osoittavat, että subjektiivinen nälkä kasvaa tasaisesti kun ruoka-aika lähenee ja vähenee nopeasti syömisestä jälkeen. Vastaavasti kylläisyyden tuntemus lisääntyy tasaisesti ruokailun aikana ja vähenee ruokailun jälkeen. Nälän ja kylläisyyden tuntemusten mittaaminen ei kuitenkaan yksin riitä kuvaamaan syömiskäyttäytymistä, koska tällöin kysytään ainoastaan yksittäisiä tuntemuksia. Lisäksi on huomioitava myös muita tekijöitä, kuten ruoan miellyttävyys, jolla myös on suuri vaikutus kylläisyyden tuntemukseen ja syödyn ruoan määrään (Sorensen ym. 2003).

Tavallisimmin kylläisyyttä mitataan arvioimalla kylläisyyden tuntemusta ennen ja jälkeen testiaterian nauttimisen (Holt ja Brand-Miller 1994, Porrini ym. 1995, Turconi ym. 1995, Holt ym. 2001, Rolls ym. 1998, Flint ym. 2000). Kylläisyyttä voidaan arvioida myös mittaamalla testiaterian jälkeen syöty ruokamäärä ja siitä saatu energia (Holt ja Brand-Miller 1995, Porrini ym. 1995, Holt ym. 1995 & 1996, Guinard ja Brun 1998, Zandstra ym. 1999, Flint ym. 2000). Lisäksi voidaan seurata loppu- ja/tai tutkimusta seuraavan päivän ruoankäyttöä ruokapäiväkirjanpidon avulla (Livingstone ym. 2000). Nämä eri menetelmät voidaan myös yhdistää, jolloin saadaan kylläisyydestä monipuolisempi kuva. Kylläisyyden arvioimiseen voidaan tarvittaessa liittää myös erilaisia biokemiallisia mittauksia (mm. veren glukoosi- ja/tai insuliinipitoisuuden määrittäminen) subjektiivisten tuntemusten ja elimistön fysiologisten vasteiden välisten yhteyksien selvittämiseksi. Myös syljenerityksen mittausta on käytetty (Myers ja Epstein 1997). Taulukkoon 3 on koottu tutkimuksia, joissa on selvitetty elintarvikkeiden aikaansaamia kylläisyyden tuntemuksia eri menetelmiä käyttäen.

5.1.1 Kysymykset

Kylläisyyttä koskevat kysymykset ovat vaihdelleet eri tutkimuksissa. Yleensä on kysytty kylläisyyden tuntemuksen lisäksi täyden olon tuntemusta, nälkää ja/tai halua syödä (Kissileff ym. 1984, Holt ja Brand-Miller 1994 & 1995, Porrini ym. 1995, Turconi ym. 1995, Holt ym. 1995, 1996 ja 2001, Green ja Blundell 1996, Himaya ym. 1997, Crovetti ym. 1997, Guinard ja Brun 1998, Rolls ym. 1998, de Graaf ym. 1999, Zandstra ym. 1999, Flint ym. 2000, Bell ym. 2003). Näiden tuntemusten lisäksi tutkittavia on voitu pyytää arvioimaan nauttimansa ruoan ominaisuuksia, mm. miellyttävyyttä (Porrini ym. 1995), makua, rakennetta, suolaisuutta ja makeutta (Guinard ja Brun 1998).

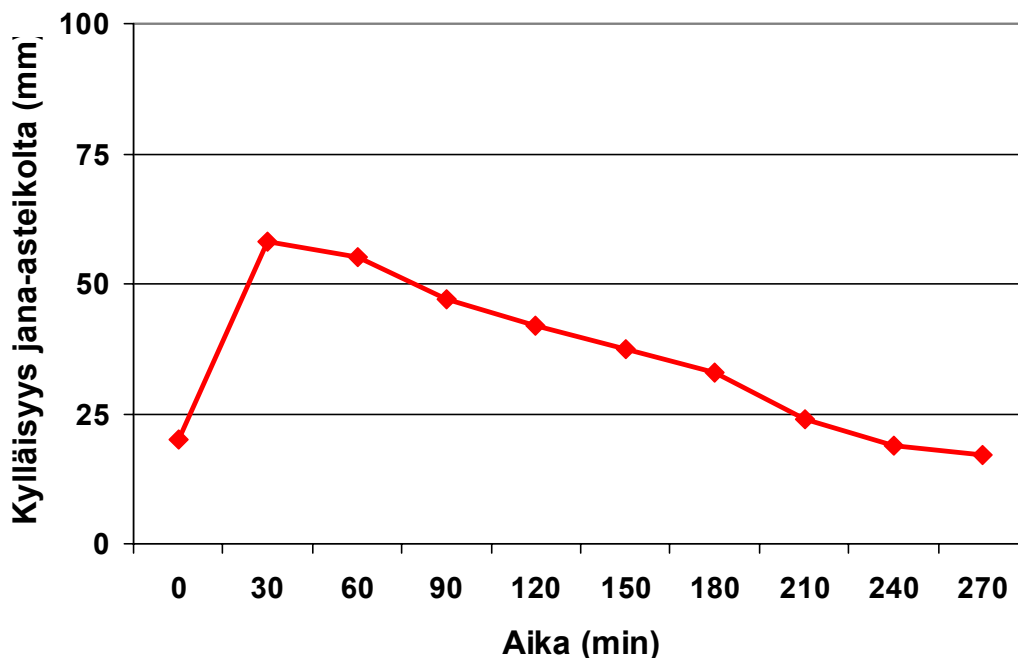
5.1.2 Asteikot

Kylläisyyden tuntemuksen mittaamiseen on useimmiten käytetty jana-asteikkoa (engl. Visual Analogue Scale, VAS) (Stubbs ym. 2000). Janan päihin on ankkuroitu sanalliset kuvaukset, esim. 'olen erittäin kylläinen' ja 'en ole lainkaan kylläinen' (kuva 4). Arvioijaa pyydetään merkitsemään kylläisyyden tuntemuksensa vetämällä poikkiviiva janan siihen kohtaan, joka parhaiten kuvastaa koettua tuntemusta. Tämä muutetaan lukuarvoksi mittaamalla merkin etäisyys janan vasemmanpuoleisesta päästä. Yleisimmin on käytetty 100 mm:n mittaista janaa, joskus myös 150 mm:n mittaista (de Graaf ym. 1999, Zandstra ym. 1999). Kun arviointi tehdään ennen testiaterian nauttimista sekä heti sen nauttimisen jälkeen ja tietyn aikavälin/aikavälien kuluttua, saadaan graafinen kuvaaja, jota ja jonka alapuolelle muodostuvaa pinta-alaa voidaan käyttää kylläisyyden tun-

temusta kuvaavina muuttujina (Kuva 5). Samaan tapaan voidaan arvioida nälkää ja muita syömiseen liittyviä tuntemuksia (Flint ym. 2000).



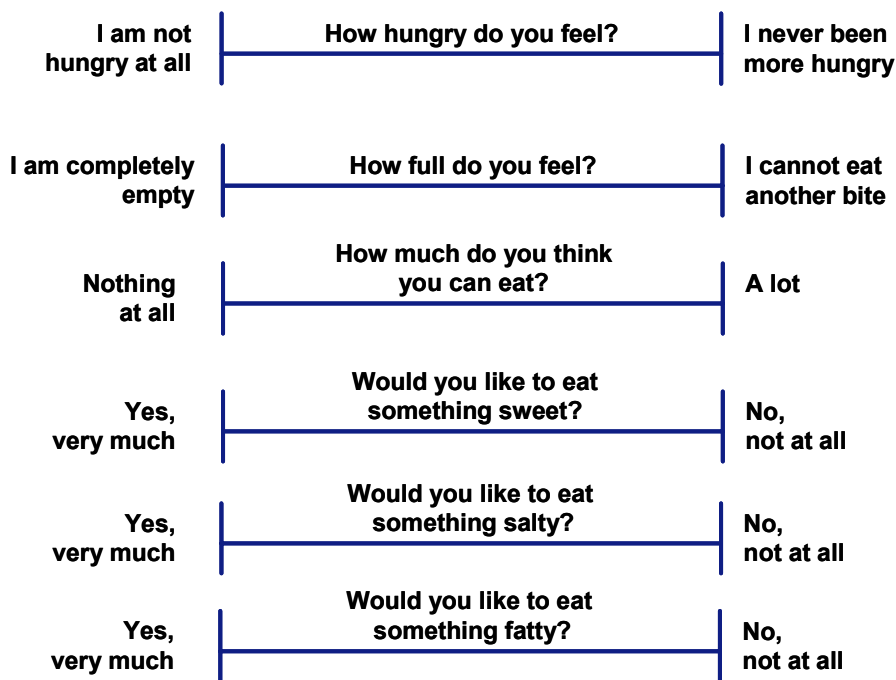
Kuva 4. Kylläisyyden tuntemuksen arviointi 100 mm:n jana-asteikolla.



Kuva 5. Kylläisyyskäyrä 100 mm:n jana-asteikolla mitattuna (Flint ym. 2000). 0 min = kylläisyys ennen testielintarvikkeen syömistä, muut ajat testielintarvikkeen syömisen jälkeen.

Jana-asteikkojen luotettavuutta ja toistettavuutta on tutkittu varsin vähän. Flint työtovereineen (Flint ym. 2000) testasi jana-asteikon toistettavuutta tutkimuksessa, johon osallistui 55 tervettä, normaalipainoista, 19–36-vuotiasta miestä. Miehet arvioivat kylläisyyden tuntemustaan ennen testiaamiaista ja testiaamiaisen jälkeen 30 minuutin välein. Neljän tunnin kuluttua heille tarjottiin vapaasti syötävissä oleva (*ad libitum*) lounas, jota he söivät kunnes olivat miellyttävän kylläisiä. Samat henkilöt osallistuivat tutkimukseen kaksi erillistä kertaa. Käytetty jana oli 100 mm:n pituinen, ja sen päissä oli sanalliset kuvaukset. Mitattavia tuntemuksia olivat nälkä, kylläisyys, täysi olo, tuleva ruoankäyttö,

halu syödä jotakin rasvaista, suolaista tai makeaa (Kuva 6). Kylläisyyssmittauksen lisäksi arvioijia pyydettiin arvioimaan myös syömänsä aamiaisen makua, hajua ja miellyttävyyttä. Kokeessa oli kaksi eri ryhmää, joista toinen noudatti ennen tutkimusta kahden päivän ajan vakioitua ruokavalioa. Tulosten mukaan ruokavalion vakioinnilla ennen koetta ei ollut kuitenkaan vaikutusta kylläisyyssmittauksiin, ainakaan tutkittaessa syömisikäyttäytymiseltään normaaleja henkilöitä. Sen sijaan ruokavalion ja/tai muiden elämäntapojen vakiointi voi olla merkityksellistä mm. syömistään tietoisesti rajoittavilla henkilöillä.



Kuva 6. Jana-asteikon alkuperäiset kysymykset (Flint ym. 2000).

Jana-asteikon validiteettia on vaikea määrittää, koska ei ole puolueetonta ruokahalun mittaria. Kylläisyyden tuntemuksen mittauksen validiteettia voidaan kuitenkin arvioida vertaamalla sitä nautitun energian määrään. Flintin ja kumppaneiden (2000) tutkimuksessa jana-asteikon tulokset korreloivat *ad libitum* aterialla syödyn energiamäärän kanssa. Toisena testipäivänä korrelaatio oli parempi, mikä ilmeisesti johtuu siitä, että arvioijat oppivat käyttämään jana-asteikkoa. Tämä viittaa siihen, että kylläisyyssarviointien luotettavuutta voitaisiin parantaa kouluttamalla arviointeihin osallistuvat henkilöt etukäteen asteikkojen käyttöön.

Johtopäätöksenä VAS-asteikkojen toistettavuudesta ja validiteetista Flint työtovereineen on todennut, että jana-asteikolla saatuja tuloksia voidaan pitää arviointien vaihtelevasta

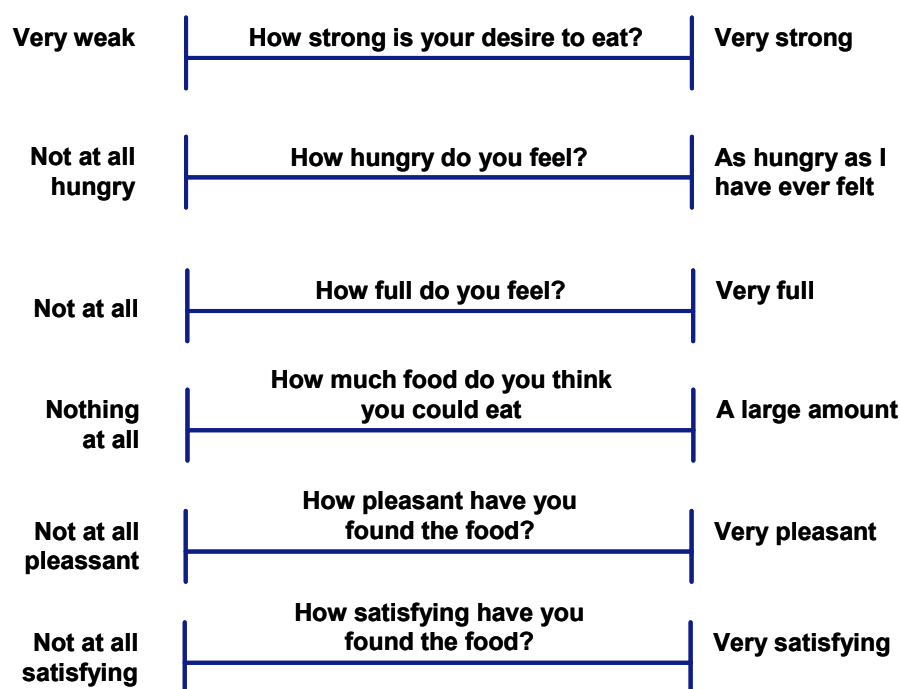
toistettavuudesta huolimatta luotettavina (Flint ym. 2000). Väärin negatiivisten tulosten välttämiseksi on kuitenkin tärkeää kiinnittää huomiota tutkimuksessa mielenkiinnon kohteena oleviin mitattaviin muuttujiin, niiden herkkyteen sekä tutkimuksen voimaan. Käytettäessä parittaista koeasetelmaa, jossa kukin tutkittava toimii omana kontrollinaan, riittävän henkilömäärän arvioidaan olevan 18–24 henkilöä tutkimuksen halutusta voimasta riippuen (voima 0.8–0.9). Ei-parittaisessa koeasetelmassa tarvittava henkilömäärä on suurempi, vähintään 32 henkilöä.

Stubbs työtovereineen (2000) toteaa yhteenvetoartikkelissaan jana-asteikon (VAS) käytöstä, että on tärkeää määrittää, miten tutkittavat asteikolla esitetyt termit ymmärtävät. Ihmiset käyttävät näitä termejä tavallisesti kokonaiskuvauksena useista tuntemuksista, jolloin yksilöiden välillä saattaa olla huomattaviakin eroja. Myös eri yksilöiden tapa käyttää arviointiasteikkoa on erilainen, ja arvioinnit ovat aina subjektiivisia, mistä syystä eri henkilöiden tekemiä arvioita on vaikeaa määrittää, tulkita ja verrata keskenään (Livingstone ym. 2000). Henkilöiden toimiessa omina kontrolleinaan, kuten kylläisyystutkimuksissa usein käytetyssä vaihtovuoro-koeasetelmassa (cross-over) tilanne on, tämän ei pitäisi kuitenkaan aiheuttaa suurta ongelmaa.

Myös ihmisten käsitykset elintarvikkeiden kylläisyysvaikutuksista voivat vaikuttaa asteikoilla annettuihin arvioihin (de Graaf ym. 1992). Jana-asteikolla saatuja vastauksia tulkittaessa on tärkeää myös huomioida, että ne eivät edusta absoluuttisia arvioita tuntemuksen voimakkuudesta. Siten esimerkiksi kylläisyys-tuntemuksesta annettu, lukuarvoa 40 vastaava arvio ei tarkoita puolta lukuarvoa 80 vastaavasta arviosta (Livingstone ym. 2000). Asteikolla annettujen arvioiden perusteella on kuitenkin mahdollista määrittää tuntemuksessa tapahtuvan muutoksen suunta ja suuruusluokka.

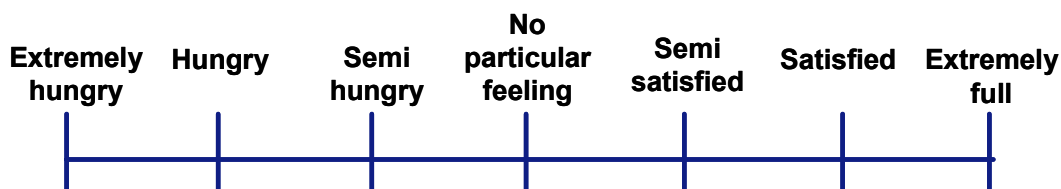
5.1.2.1 Esimerkkejä käytetyistä asteikoista

Kylläisyyden tuntemusten mittamisessa on käytetty usein Hillin työtovereineen kehittämää asteikkomenetelmää, johon kuuluu kuusi erilaista kysymystä (Kuva 7, Hill ym. 1984, Stubbs ym. 2000). Mittaukset tehdään 100 mm:n jana-asteikoilla, joiden ääripäisissä on sanalliset kuvaukset: 1) Kuinka voimakas on halusi syödä? Hyvin heikko – hyvin voimakas. 2) Kuinka nälkäiseksi tunnet itsesi? En tunne itseäni lainkaan nälkäiseksi – en ole koskaan tuntenut itseäni yhtä nälkäiseksi. 3) Kuinka täydeksi tunnet itsesi? En lainkaan täydeksi – hyvin täydeksi. 4) Kuinka paljon ruokaa voisit syödä? En mitään – suuren määrän. Lisäksi kysytään 5) Kuinka miellyttävää ruoka on? Ei lainkaan miellyttävä – erittäin miellyttävä sekä 6) Kuinka täyttävää ruoka on? Ei lainkaan täyttävää – erittäin täyttävää. Tämäntapaista 100 mm:n jana-asteikkoa ovat käyttäneet kylläisyyden mittaamisessa myös mm. Green ja Blundell (1996), Himaya ym. (1997), Guinard ja Brun (1998), Rolls ym. (1998) ja Bell ym. (2003).



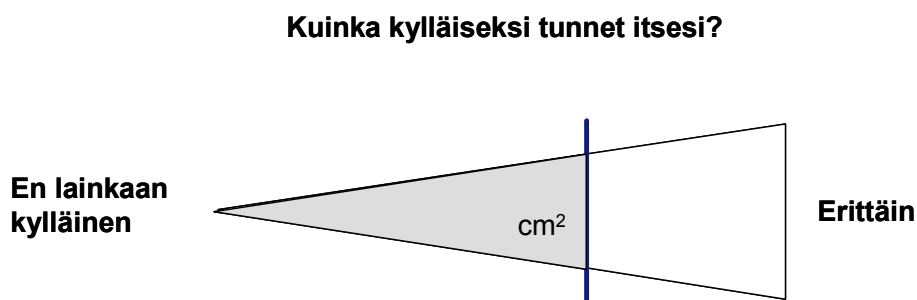
Kuva 7. Jana-asteikon alkuperäiset kysymykset (Hill ym. 1984).

Holt työtovereineen (Holt ja Brand-Miller 1994, Holt ja Brand-Miller 1995, Holt ym. 1995, 1996 & 2001) on käyttänyt nälän/kylläisyyden arviointiin hieman erilaista 7-portaista kaksinapaista arviointiasteikkoa, jossa janan toisessa päässä on -3 (erittäin nälkäinen), keskellä 0 ja toisessa päässä +3 (erittäin täysi) (Kuva 8). Heidän tutkimuksissaan tällä asteikolla saadut tulokset olivat toistettavampia kuin 100 mm:n jana-asteikolla (VAS) saadut. Samoin kahden tunnin kuluttua syödyn ruoan määrä korreloi hyvin asteikon tulosten kanssa. Arvioijien mielestä 7-portaista asteikkoa oli helppo käyttää nälän ja kylläisyyden tuntemusten arvioimisessa (Holt ym. 1995). Kuitenkin muiden kuin nälän ja kylläisyyden tuntemusten arvioimiseen myös Holt ym. (1995) ovat käyttäneet 100 mm:n jana-asteikkoa.



Kuva 8. 7-portainen jana-asteikko (Holt ym. 1995).

Porrini työtovereineen (1995) on selvittänyt täyden olon tuntemusta, kylläisyyttä ja halua syödä mittaavien kysymysten toistettavuutta käyttäen arvioinnissa jana-asteikon tilalla tasakylkistä kolmiota (Kuva 9). Kysymykset olivat: Kuinka kylläiseksi tunnet itsesi?, Kuinka tädeksi tunnet itsesi? ja Kuinka suuri on halusi syödä? Kolmion korkeus oli 15 cm ja pohjan leveys 3 cm ja se oli paperilla siten, että pohja oli oikealle. Asteikko oli sanallisesti kiinnitetty siten, että kolmion kärjessä oli minimi (ei lainkaan) ja kannassa maksimi (erittäin). Tutkittavia pyydettiin arvioimaan tuntemuksiaan vetämällä viiva pohjaviivan suuntaisesti. Tulokset ilmoitettiin neliösenttimetreinä. Tutkijoiden mielestä menetelmä on stabiili kylläisyyden tuntemusten mittaamiseen. Porrini työtovereineen toteaa kuitenkin, että menetelmä yksinään ei riitä nälän ja kylläisyyden tuntemusten selvittämiseen, vaan olisi tärkeää mitata myös testiaterian jälkeen nautittu ruokamäärä (Porrini ym. 1995). Samanlaista kolmikulmiota ja samoja kysymyksiä kylläisyyden tuntemuksista ovat käyttäneet myös eräät muut tutkijat, mm. Crovetti työtovereineen (1997).

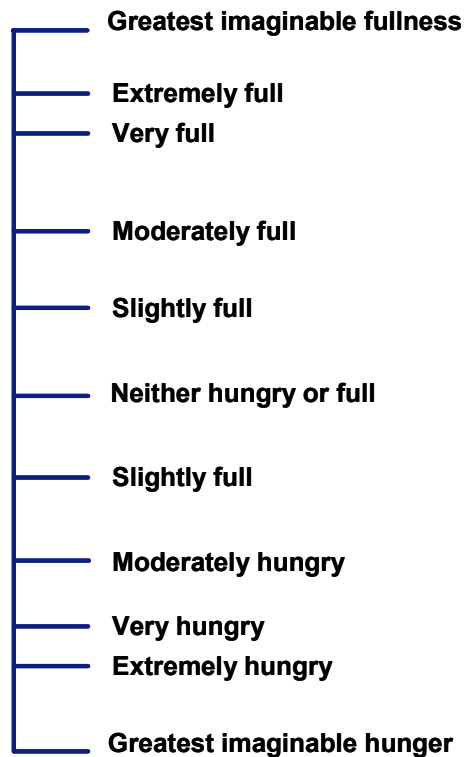


Kuva 9. Esimerkki kolmion käytöstä kylläisyyden arvioinnissa (Porrini ym. 1995).

Merrill ym. (2002) ovat vertailleet viittä eri 100 mm:n jana-asteikkoa kylläisyyden mittaamisessa: 1) kaksinapaista nälkä-täysi olo -asteikkoa (erittäin nälkäinen – erittäin täysi), 2) yksinapaista nälkä-asteikkoa (erittäin nälkäinen – ei lainkaan nälkäinen), 3) yksinapaista täysiolo-asteikkoa (ei lainkaan täysi – erittäin täysi), 4) yksinapaista 'paljonko kykenisi syömään' -asteikkoa (suuren määrän – ei lainkaan), ja 5) 7-portaista kaksinapaista nälkä/täysi olo -asteikkoa (1 = erittäin nälkäinen, 2 = nälkäinen, 3 = hiukan nälkäinen, 4 = ei erityistä tuntemusta, 5 = hiukan täysi, 6 = täysi, 7 = erittäin täysi). Testatut annokset olivat energiamäärältään 1 000 kJ (240 kcal). Arviointeja tehtiin testielintarvikkeen nauttimisen jälkeen tunnin ajan 10 minuutin väliajoin. Tämän jälkeen tutkitavat saivat *ad libitum* aamiaisen. Tulosten perusteella ei voitu kuitenkaan sanoa, mikä menetelmä olisi paras, vaan ehkä asteikkojen yhdistelmä antaisi tutkijoille paremman käsityksen kylläisyydestä.

Merrill ym. (2003) ovat kehittäneet myös oman 100 mm:n jana-asteikon (SLIM, satiety labeled intensity magnitude, Kuva 10). Heidän uudessa asteikossaan astevälit eivät ole tasakokoiset. Asteikon pohjaksi he ovat koonneet 47 englanninkielistä nälkää tai kylläisyyttä kuvaavaa ilmaisua ja arvioineet jana-asteikolla niiden voimakkuutta (Cardello ym. 2004). Tämän jälkeen he ovat kiinnittäneet kuvailut 100 mm:n janalle. He ovat testanneet menetelmää elintarvikkeilla ja verranneet sitä kahteen muuhun jana-asteikkomenetelmään, 100 mm:n yksinapaiseen nälkä-asteikkoon ja 100 mm:n kaksinapaiseen nälkä/täysiolo-asteikkoon. Tulokset kaikilla kolmella menetelmällä olivat lähes samanlaisia. Uusi asteikko kuitenkin antoi toistettavamman tuloksen eri viikkoina tehtyjen testausten välillä. Lisäksi uusi asteikko oli herkempi erottelemaan tunteuksia, etenkin asteikon ääripäissä.

HOW HUNGRY OR FULL YOU ARE RIGHT NOW?



Kuva 10. Jana-asteikko, jossa epätasaiset astevälit (SLIM, Satiety Labeled Intensity Magnitude)(Merrill ym. 2003).

5.1.3 Mittausajankohdat

Tutkimuksissa käytetyt mittausajankohdat ovat vaihdelleet. Kylläisyyttä on kysytty ennen testielintarvikkeen syömistä ja heti sen jälkeen, joissain tutkimuksissa myös testiaterian aikana. Syömisestä jälkeen kylläisyyden tuntemuksen kehittymistä on seurattu tyypillisesti kahdesta neljään tuntiin. Seuranta-ajan pituuteen vaikuttavat mm. testattavien tuotteiden ominaisuudet (Merrill ym. 2002), samoin mielenkiinnon kohteena oleva kylläisyyden vaihe. Kylläisyyttä on seurattu arvioimalla tuntemuksia esimerkiksi 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 ja 120 minuutin kuluttua (Holt ja Brand-Miller 1994 & 1995, Holt ym. 2001); 30, 60, 120, 180 ja 240 minuutin kuluttua (Turconi ym. 1995); 30 minuutin välein 4 tunnin ajan (Flint ym. 2000); 1 ja 2 tunnin kuluttua (Green ja Blundell 1996) tai 2 tunnin kuluttua testiaterian nauttimisesta (Porrini ym. 1995, Crovetti ym. 1997).

5.1.4 Testiateriat

Testiaterioiden välisten erojen tulee olla sellaisia, etteivät tutkittavat niiden perusteella kykene tunnistamaan tutkittavia ominaisuuksia. Tutkittavien ominaisuuksien välisten erojen tulee kuitenkin olla riittävät, jotta niiden vaikutus kyetään havaitsemaan. Myös nautitun testiaterian koolla ja energiamäärällä voi olla merkitystä, eroa ei esimerkiksi välttämättä havaita jos annoksen energiamäärää on liian pieni (Livingstone ym. 2000). Samoin testattavan tuotteen fysikaaliset ominaisuudet ja olomuoto (esim. neste vs. kiinteä) voi vaikuttaa. Tuotteiden esitestausta on siksi tärkeää. On tärkeää myös huomioida, että testattava tuote on testiajankohtaan sopiva; eri ruoat ovat eri vuorokauden aikoina eri lailla hyväksyttäviä.

5.1.5 *Ad libitum* -ateria

Kylläisyyden tunnetta kartoittavien asteikkojen lisäksi monissa tutkimuksissa on arvioijien annettu syödä vapaasti (*ad libitum*) lounasta tai muuta ateriaa tietyn ajan kuluttua testiateriasta (pre load). *Ad libitum* -ateria on usein buffet-tyyppinen ja sisältää laajan valikoiman elintarvikkeita, joista tutkittava voi valita vapaasti mieleisensä. Testiaterian ja *ad libitum* -aterian välinen aika on vaihdellut *ad libitum* -aterian välittömästä tarjoamisesta useaan tuntiin (Livingstone ym. 2000). Aikavälin pituutta määritettäessä on ratkaisevaa se, mistä kylläisyyden vaiheesta ollaan kiinnostuttu. Yleensä mitä lyhyempi aika on, sitä paremmin testiaterian vaikutus *ad libitum* -aterialla syödyn ruoan määrään ja valintaan voidaan havaita. *Ad libitum* -aterialla syödyn ruoan määrä punnitaan ja lasketaan nautittu energiamäärä, jonka ajatellaan kuvastavan koettua kylläisyyttä (Holt ym. 1995, 1996, Porrini ym. 1995, Green ja Blundell 1996, Guinard ja Brun 1998, Zandstra ym. 1999, Flint ym. 2000). Joissain tutkimuksissa kylläisyyden tuntemuksen seuranta on jatkettu vielä *ad libitum* -aterian jälkeenkin (Green ja Blundell 1996).

Menetelmänä buffet-tyyppisen *ad libitum* -aterian tarjoaminen on kontrolloiduissa laboratorio-olosuhteissa hyvin toistettava (Arvaniti ym. 2000). Ateriaa koostettaessa ja sen aikaansaamaa kylläisyysvastetta arvioitaessa tulee kuitenkin muistaa sensorispesifinen kylläisyys eli kylläisyys/kylläntyminen juuri syödyn ruoan aistittaviin ominaisuuksiin, kuten makuun. Aterian koostumuksella ja maun miellyttävyydellä voi olla siten vaikutusta syötyyn määrään (Livingstone ym. 2000, Yeomans ym. 2001). Muun muassa mieltymys ruokaan vähenee nopeammin, jos tarjotaan vain yhtä ruokalajia, verrattuna tilanteeseen, jossa syödään useita erilaisia ruokia (Ernst ja Epstein 2002). Aterialla olevien elintarvikkeiden aistittavat ominaisuudet ovat tässä suhteessa oleellisia, sen sijaan ravintoainekoostumuksella ei ole merkittävää vaikutusta (Johnson ja Vickers 1992, 1993). Siten, mikäli *ad libitum* tai testiaterialla tarjotaan samanaikaisesti tai peräkkäin useita toisistaan maultaan, ulkonäöltään ja/tai rakenteeltaan eroavia ruokia, ruoan kulutus on

suurempaa kuin jos tarjottaisiin vain yhtä ruokalajia (Rolls ym. 1981a & b). Sen sijaan tarjolla *ad libitum* -aterialla vähemmän ruokalajeja tai maultaan ja/tai muilta aistittavilta ominaisuuksiltaan yksinkertaisempaa ruokaa (esimerkiksi maustamaton ruoka vs. maustettu ruoka), voidaan pre loadina tarjotun testiaterian vaikutus kylläisyyteen nähdä selvemmin (Yeomans ym. 2001). Buffet-aterialla syötyyn määrään voi vaikuttaa myös se, kuinka paljon koehenkilöiden mielestä on soveliaista syödä tarjolla olevaa ruokaa (Livingstone ym. 2000). Tässä saattaa olla huomattavia eroja eri yksilöiden ja eri ikäryhmien välillä. Vaihtoehtona buffet-tyyppiselle aterialle voi olla myös ruokalista, josta tutkittava ruoan etukäteen valitsee.

Taulukko 3. Elintarvikkeiden aikaansaamaa kylläisyyden tuntemusta selvittäviä tutkimuksia.

Viite/ henkilömäärä/ tavoite	Testattava elintarvike	Edeltävät ohjeet	Muut koejärjestelyt	Kylläisyyskysely/ ajankohta	Kylläisyys- kysymykset	Asteikko	Muuta
Kissileff ym. 1984 59 naista ja 6 miestä Keiton kylläisyys- vaikutus ja vaikutus energiansaantiin	Keitto, voileipäke- sit, juusto, omenamehu	Pretest meal	Testiateria 15 min. 'preloadin' jälkeen	'Preloadin' jälkeen, testiaterian jälkeen	Kysymyksiä tunte- muksista ja mitä muuta haluaisi syödä	6 pisteen asteikko, josta ympyröitiin haluttu luku	Kysymyksiä ruoasta
Holt ja Brand-Miller 1994/ 10 hlö, n. 22 v partikkelikoko, kyl- läisyys ja glykeemi- nen vaste	Vehnä, joka jauhettu eri karkeuteen, jau- hoista leivottiin muffinsit, jyvät ja rouhe keitettiin	12 h paasto	Nautittiin vähä- rasvaisen maidon kanssa Kokonaistilavuus vakioitiin vedellä Arviointien välillä viikko	Ennen ja jälkeen, 15, 30, 45, 60, 90 ja 120 min. kuluttua	Kylläisyys/ nälkä	Jana, 7 pisteen kak- sisuuntainen asteikko -3 hyvin nälkäinen +3 hyvin täysinäinen	Verinäytteet ennen ja jälkeen, 15, 30, 45, 60, 90 ja 120 min. kuluttua Glukoosi ja insuliini
Holt ja Brand-Miller 1995 9 hlö, 19–26 v. kylläisyys/ glykee- minen ja insuliini- vaste	Keitetty riisi, riisikakku	10 h paasto	Vettä siten, että ateriatilavuus 600 ml <i>Ad libitum</i> -ateria 2 h kuluttua	Ennen ja 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 ja 120 min. kuluttua	Kylläisyys/ nälkä	Jana, 7 pisteen asteikko - 3 hyvin nälkäinen +3 hyvin täysinäinen	Verinäytteet (glu- koosi ja insuliini) Ruoan miellyt- tävyys Vaikeus syödä Halu syödä enemmän
Porrini ym. 1995 12 miestä, 23–26 v. Kysymysten toistettavuus	Pasta, lihapullat	Syömättä edellisestä illasta	Kolme eri energia- määrää jonka jälkeen <i>ad libitum</i> -ateria	Ennen ja jälkeen testiaterian ja 2 h kuluttua	Kylläisyys Täysi olo Halu syödä	Tasakylkinen kolmio, 15 cm	Verikokeet (glukoosi) Ruoan miellyttävyys ruokailun jälkeen

Viite/ henkilömäärä/ tavoite	Testattava elintarvike	Edeltävät ohjeet	Muut koejärjestelyt	Kylläisyyskysely/ ajankohta	Kylläisyys- kysymykset	Asteikko	Muuta
Turconi ym. 1995 12 miestä ja 12 naista, 21–36 v. Kuidun vaikutus kylläisyyteen	2 aamiasmuroa			Ennen aamiaista ja heti aamiaisen jäl- keen sekä 30, 60, 120, 180 ja 240 min. kuluttua	Täysi olo Kylläisyys Halu syödä	Kylläisyyskäyrästä pinta-ala	
Holt ym. 1995, 1996 41 opiskelijaa 11–13 arvioijaa/ elintarvike Kylläisyysindeksi	37 elintarviketta: hedelmiä, leipomo- tuotteita, snack- tuotteita, makeisia, proteiinipit., hiili- hydr.pit., aamiais- valmisteita	Kysely edellisen illan syömisestä ja liikunnasta	1000 kJ standardi- annos + 220 ml vettä Vehnäleipä vertailuna Lopuksi <i>ad libitum</i> - ateria	120 min. 15 min. välein	Nälkä/kylläisyys Paljonko haluaisit syödä lisää tätä ruo- kaa Haluatko jotakin muuta Haluatko makeaa	Jana 10 cm, 7 pis- teen kaksisuuntainen asteikko Erittäin nälkäinen – erittäin täysi	Kylläisyysindeksi Verinäytteet (glukoosi, insuliini) Kuinka vaikeaa ruoka oli syödä Oliko annos riittävä
Green ja Blundell 1996 16 normaali- painoista miestä, 18–26 v. Välipalapatukan kylläisyysvaikutus	20 snack-tyyppistä elintarviketta Suolainen, runsas- rasvainen Suolainen, runsashi- lihydr. Makea, runsasras- vainen Makea, runsashiili- hydr.	Standardiaamiainen + standardilounas	Arviointien välillä väh. 72 h	Ennen standardi- lounasta, heti jälkeen ja 1 h, 2 h kuluttua, ennen <i>ad libitum</i> testisnack-ateriaa, heti jälkeen sekä 30 min. välein 4 kertaa	Nälkä Täyttyvyys	Jana 10 cm, erittäin /ei ollenkaan	Kysymyksiä ruoan miellyttävyydestä, mausta, suolaisuus- desta, makeudesta
Himaya ym. 1997 12 miestä, 19–24 v. Rasvan kylläisyys- vaikutus	2 testiateriaa	7 päivän ruokapäi- väkirja Samanlainen illalli- nen ja aamiainen joka testikerta		Ennen ateriaa ja heti aterian jälkeen sekä 30 min. välein illalli- seen asti	Nälkä	Jana 10 cm, Ei yhtään/erittäin	Verinäytteet (glu-koosi, insuliini) Aterian miellyttä- vyys

Viite/ henkilömäärä/ tavoite	Testattava elintarvike	Edeltävät ohjeet	Muut koejärjestelyt	Kylläisyysskysely/ ajankohta	Kylläisyyss- kysymykset	Asteikko	Muuta
Crovetti ym. 1997 8 miestä, 23–26 v Kylläisyys/ makean maun reaktiivisuus	Makaroni, lihapullat	Yö syömättä	Vettä maks. 300 ml testin aikana Iso ja pieni annos Iso annos + <i>ad libi- tum</i> -testiateria	Ennen, heti jälkeen ja 120 min. kuluttua	Kylläisyys Täysi olo Halu syödä	Tasasuvinen kolmio	Verikokeet (glukoosi) Ruoan miellyttävyys
Guinard & Brun 1998 32 norm.painoista nuorta aikuista Sensorispesifinen kylläisyys	8 testiruokaa ja 4 lounasruokaa Suolainen/makea Kova/pehmeä rakenne	Normaali aamiainen	Kaikki 8 näytettä peräkkäin, jokaista maistettiin vähän, sitten <i>ad libitum</i> lounas		Nälkä Täysi olo Paljonko voisi syödä	Jana 10 cm	Lisäksi ruoan maku, rakenne, suolaisuus, makeus
Rolls ym. 1998 Tilavuuden vaikutus kylläisyyteen	3 maitopohjaista juomaa, sama ener- gia, tilavuus vaihteli	Ilta-ateria ja liikunta sekä aamiainen sa- manlaisia joka testi- kerralla	Lounas 30 min. testielintarvikkeen jälkeen ja illallinen yli 4 tunnin kuluttua	Ennen ja jälkeen aamiaisen, testielin- tarvikkeen syömisen sekä lounaan, 3 h lounaan jälkeen, ennen ja jälkeen illallisen	Nälkä Jano Täysinäisyys Pahoinvointi Ei ollenkaan/erittäin	10 cm:n jana	
de Graaf ym. 1999 9 miestä ja 29 naista, 18–26 v. Miellyttävyys/ kylläntyminen ja kylläisyys	Tomaattikeitto + standardileipä			Ennen ja jälkeen testiaterian	Nälkä	Jana 15 cm	

Viite/ henkilömäärä/ tavoite	Testattava elintarvike	Edeltävät ohjeet	Muut koejärjestelyt	Kylläisyyskysely/ ajankohta	Kylläisyys- kysymykset	Asteikko	Muuta
Zandstra ym. 1999 30 naista ja 6 miestä Ruoan kulutuksen ennustaminen	5 jogurttia, joissa eri sokeripitoisuus		Kooltaan määritelty testiannos & <i>ad libitum</i> -testiannos	Ennen ja jälkeen testin	Halu syödä ruokaa, syödä makeaa, väli- palaa Ylikylläisyys Nälkä	Jana 15 cm	
Flint ym. 2000 55 miestä, 19–36 v. Jana-asteikon toistet- tavuus	Koostettu aamiainen	Osalla standardidieet- ti 2 edellistä päivää	<i>Ad libitum</i> -lounas 4 h kuluttua testiaa- miaisesta	Ennen aamiaista ja aamiaisen jälkeen 30 min. välein 4 tunnin ajan	Nälkä Kylläisyys Täysi olo Paljonko voisit syödä Haluatko syödä makeaa, suolaista, rasvaista	Jana 10 cm	
Holt ym. 2001 10 kpl 19–39 v. Leipien vaikutus kylläisyyteen, veren glukoosiin ja ruoan määrään	7 leipää	Samanlainen illalli- nen ennen jokaista testiä, 10–12 h paasto	Testien välillä väh. 1 päivä Vertailuleipä	Ennen ja jälkeen sekä 15 min. välein 120 min.	Täysi olo Paljonko leipää pi- täisi syödä nälän poistamiseksi Vireys (engl. alert- ness)	7 pisteen jana- asteikko täyden olon tuntemukselle	Verinäytteet (glukoosi) Kylläisyysindeksi Kysymyksiä leivästä
Bell ym. 2003 36 opiskelijaa Tilav. ja energian/ sensori-spesifinen kylläisyys	Maitopohjainen juoma, tilavuus- ja energiaerot			Alussa ja lopussa	Nälkä, kylläisyys, halu syödä, jano, pahoinvointi	Jana 10 cm	
Merrill ym. 2003	14 erilaista elintarvi- kettä		300 kaloria/annos	15 min. välein tunnin ajan	Nälkä/täysi olo	'Satiety labeled in- tensity magnitude scale' + 100 mm jana	

5.2 Kylläisyysindeksi

Kylläisyyden tuntemusta voidaan arvioida ajan funktiona. Kylläisyyden tuntemuksen arvioimiseksi on kehitetty myös muita menetelmiä. Muun muassa Sydneyn yliopistossa Australiassa on kehitetty kylläisyysindeksiä (Satiety Index, SI), jolla voidaan arvioida eri ruokien aikaansaamaa kylläisyyttä (Holt ym. 1995, Holt 1998). Kylläisyysindeksiä voidaan verrata glykeeminen indeksi -käsitteeseen. Kylläisyysindeksi ilmoittaa elintarvikkeen lyhytaikaisen kylläisyysvaikutuksen suhteessa kylläisyyteen, jonka aiheuttaa vertailutuotteena käytetty samaenerginen määrä valkoista leipää (Holt 1998). Kylläisyysindeksiä määritettäessä kullekin tutkittavalle piirretään 1 000 kJ:n suuruisen testiaterian aikaansaamista kylläisyystuloksista 120 minuutin ajalta kylläisyyskäyrä (engl. satiety response curve), jonka alapuolisen alueen pinta-ala mitataan (Holt ym 1995). Pinta-alaa laskettaessa on yleensä huomioitu lähtötason yläpuolella oleva alue, ei sen alapuolella mahdollisesti olevia arvoja. Saatu tulos jaetaan 1 000 kJ:n annoksesta vehnäleipää 120 minuutin aikana saadulla ryhmän keskiarvokylläisyyspinta-alalla. Jakajana on voitu käyttää myös kunkin yksilön omaa arvoa (Holt ym 2001). Tämän jälkeen tulos muutetaan prosenteiksi kertomalla se 100:lla. Tutkittavan näytteen kylläisyysindeksi lasketaan lopuksi kaikkien arvioijien saamien kylläisyysindeksien keskiarvona. Tällä menetelmällä vehnäleivän kylläisyysindeksiksi on annettu 100, johon muut arvot suhteutetaan. Siten jos testattavan tuotteen kylläisyysindeksi on <100, on se vähemmän kylläisyyden tuntemusta aikaansaava, ja jos se on >100, on se enemmän kylläisyyden tuntemusta aikaansaava kuin vehnäleipä. Samantapaista kylläisyysindeksi-menetelmää on kehittänyt myös Merrill työtovereineen (Merrill ym. 2003).

Green ym. (1997) ovat kehittäneet käsitteen kylläisyysuhde (SQ, Satiety Quotient) kuvaamaan elintarvikkeen aikaansaamaa kylläisyyttä. Kylläisyysuhde lasketaan vähentämällä ennen syömistä annetusta halu syödä -arviosta syömisen jälkeen annettu arvio ja jakamalla erotus syödyn ruoan painolla tai energiamäärällä. Kylläisyysuhde lasketaan useassa eri aikapisteessä eli kullekin tuotteelle saadaan useita arvoja, joiden perusteella nähdään kylläisyyden tuntemuksen kehittyminen suhteessa aikaan.

5.3 Yhteenvetoa kylläisyyden mittaamisesta

Kylläisyyden tuntemuksen mittaamiseen ei ole olemassa yhtä vakioitua, yleisesti käytettyä menetelmää. Elintarvikkeiden aiheuttamaa kylläisyyden tuntemusta ei voida myöskään arvioida pelkästään syödyn ruoan sisältämän energian ja energiaravintoaineiden perusteella, koska kylläisyyteen vaikuttavat myös elintarvikkeiden muut ominaisuudet, kuten sen aistittavat ja fysikaaliset ominaisuudet. Holt työtovereineen on kuitenkin esittänyt, että elintarvikkeiden energia-kylläisyys-suhde voisi olla hyvä lisä energia- ja

energiaravintoainetaulukoihin osoittamaan, mistä elintarvikkeista saadaan paljon energiaa suhteessa niiden kylläisyysvaikutukseen (Holt 1998). Kylläisyyden tuntemuksen mittaamisessa käytettävät menetelmät vaativat kuitenkin vielä lisää tutkimusta. Kehitystyötä tarvitaan erityisesti mittausmenetelmien luotettavuuden, toistettavuuden ja herkkyyden varmentamiseksi.

6. Annoskokoon, energian ja muiden ravintotekijöiden merkitys

- Vapaasti syödessä enemmän ruoan määrä kuin energiansaanti pidetään vakiona.
- Annoksen tilavuus tai paino lisäävät kylläisyyttä, kun energian määrä on vakio.
- Energiatiheydellä on keskeinen merkitys energiansaannin säätelyssä.
- Rasvan energiatiheys on kaksinkertainen hiilihydraattiin ja proteiiniin verrattuna.
- Rasva pitää huonoiten kylläisyyttä, ja proteiini parhaiten. Hiilihydraatti sijoittuu näiden kahden väliin.
- Alkoholilla tuottaa energiaa, mutta sen kylläisyysvaikutuksesta on varsin vähän tietoa.
- Rasvan, proteiinin ja hiilihydraattien laadulla voi olla vaikutusta kylläisyyteen ja painonsäätelyyn.
- Elintarvikkeen matala glykeeminen indeksi on liitetty lisääntyneeseen kylläisyyteen ja hitaampaan nälän ilmaantumiseen. On kuitenkin myös monia tutkimuksia, joissa vaikutusta ei ole havaittu.
- Ravintokuidun määrän lisääminen ruokavaliossa lisää kylläisyyttä, vähentää energiansaantia ja laskee painoa.
- Jotkut ruoan sisältämistä bioaktiivisista yhdisteistä voivat edistää painonhallintaa.
- Tämän hetkisen käsityksen perusteella vähärasvainen (noin 30 % energiasta) ja runsaasti kompleksisia hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio antaa parhaan tuloksen painonhallinnassa.

6.1 Annoskoko

Useat tutkimukset ovat osoittaneet ruoan määrän säätelevän syömistä ja syömisestä lopettamiseen johtavaa ruokaan kylläntymistä. Ruoan määrän vaikutus liittyy todennäköisesti sen aikaansaamaan mahalaukun täyttymisestä johtuvaan venymiseen, mikä aistitaan vagushermon välityksellä kylläisyyden tuntemuksena aivoissa.

Rolls ym. (1998 ja 2000) ovat tutkineet ruoan tilavuuden vaikutusta samanenergisten annosten aikaansaamaan kylläisyyteen. Rolls ym. (1998) tarjosivat koehenkilöille vedellä eri tilavuuksiin (300, 450 ja 600 ml) laimennettua maitopohjaista juomaa 30 minuuttia ennen lounasta. Juoma-annosten kokonaisenergia- (2 088 kJ eli 499 kcal) ja energiaravintoainemäärät (30,3 % rasvaa, 54,7 % hiilihydraattia ja 15 % proteiinia) olivat samat, mutta energiatiheydet erilaiset. Koehenkilöt söivät suurimman tilavuuden jälkeen energiamäärältään 18 % vähemmän ruokaa lounaalla kuin pienimmän tilavuuden jälkeen. Sama vaikutus havaittiin vielä päivälliselläkin. Myöhemmin Rolls ym. (2000) tarjosivat koehenkilöille maitojuomaa (2 088 kJ / annos), jonka tilavuus oli ilmaa lisäämällä säädetty (300, 450 ja 600 ml). Suurin tilavuus maitojuomaa vähensi näläntunnetta

ja lisäsi täysinäisyyden tunnetta sekä vähensi lounaalla nautitun ruoan energiamäärää (12 %) pienimpään tilavuuteen verrattuna.

Duncanin ym. (1983) tekemässä tutkimuksessa koehenkilöt saivat syödä vapaasti valitsemansa määrän vähärasvaista ja runsaskuituista ruokaa tai runsasrasvaista ja vähäkuituista ruokaa. Runsa- ja vähärasvaisella ruokavaliolla päivittäinen energiansaanti nousi lähes kaksinkertaiseksi (3 000 vs. 1 570 kcal). Vaikka vähemmän energiaa saavan ryhmän nautima ruokamäärä hieman kasvoi, koehenkilöt olivat taipuvaisia pitämään ennemmin ruoan määrän kuin energiansaannin vakiona.

Rolls ym. (2002) ovat tutkineet tarjolla olevan ruoan määrän vaikutusta energiansaantiin. Koehenkilöille tarjottiin eri määrät makaronista ja juustosta valmistettua ruokaa (500, 625, 750 tai 1 000 g). Yksi ryhmä sai annoksen valmiiksi lautaselle laitettuna. Toinen ryhmä otti ruoan tarjoiluastioista itse lautaselleen. Tarjolla olleen ruoan määrällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus energiansaantiin aterialla. Koehenkilöt nauttivat isoimmalla aterialla 30 % enemmän energiaa (676 kJ) kuin pienimmällä aterialla. Kun ruokaa oli enemmän tarjolla, sitä myös syötiin enemmän. Tarjoilutavalla ei ollut vaikutusta energiansaantiin.

6.2 Energiatiheys

Energiatiheydellä (kJ tai kcal/g) tarkoitetaan elimistössä hyväksikäytettävän energian määrää elintarvikkeen painoa kohden. Energiatiheyteen vaikuttavat elintarvikkeen vesipitoisuus sekä energiaravintoaineiden (rasva, proteiini, hiilihydraatti), ravintokuidun ja makeutusaineiden määrä. Energiaravintoaineista rasvalla on kaksinkertainen energiatiheys (9 kcal/g = 37,6 kJ/g) hiilihydraattiin ja proteiiniin (4 kcal/g = 16,7 kJ/g) verrattuna, minkä vuoksi rasvan määrällä on merkittävä vaikutus elintarvikkeen energiatiheyteen. Ravintokuidun lisäämisellä sekä muiden makeutusaineiden käytöllä sakkaroosiin sijaan on energiatiheyttä laskeva vaikutus. Myös veden tai ilman lisääminen elintarvikkeeseen lisää tilavuutta ja siten laimentaa ja laskee energiatiheyttä.

Elintarvikkeen energiatiheydellä on keskeinen merkitys energiansaannin säätelyssä (Stubbs ym. 1995, Poppitt ja Prentice 1996, Prentice ja Poppitt 1996, Drewnowski 1998, Rolls 2000, Yao ja Roberts 2001, Drewnoski ja Specter 2004). Lyhytaikaisissa tutkimuksissa alhaisen energiatiheyden omaavan ruoan on osoitettu lisäävän kylläisyyttä, vähentävän näläntuntemusta ja pienentävän energiansaantia. Pitkäaikaisissa tutkimuksissa energiatiheydeltään alhaisen ruoan on osoitettu edistävän kohtalaista painonpudotusta (Yao ja Roberts 2001).

Bell ja Rolls (2001) havaitsivat alhaisen energiatiheyden (5,23 kJ/g) aterioita nauttineen ryhmän energiansaannin olevan 20 % pienempi kuin korkean energiatiheyden (7,32 kJ/g) aterioita nauttineen ryhmän. Koehenkilöiden vapaasti valitsemat ruokamäärät olivat alhaisen ja korkean energiatiheyden jaksoilla tilavuudeltaan samat.

6.3 Energiaravintoainekoostumus

Energiaravintoaineista rasvan on todettu olevan huonoin pitämään kylläisyyttä ja proteiinien paras hiilihydraattien sijoituessa rasvan ja proteiinien väliin (Johnstone ym. 1996, Prentice ja Poppitt 1996, Stubbs ym. 1996, Poppitt ym. 1998, Marmonier ym. 2000, Astrup ym. 2000, Astrup 2003, Latner 2003). On myös useita tutkimuksia, joissa tätä järjestystä ei ole pystytty osoittamaan (Barkeling ym. 1990, Rolls ym. 1991, de Graaf ym. 1992, Prentice ja Poppitt 1996). Joissakin tutkimuksissa rasvan huono kylläisyysvaikutus on liitetty alttiuteen lihavuudelle (Prentice ja Poppitt 1996).

Koska hiilihydraateilla ja proteiineilla on pienempi energiatiheys ja useiden tutkimusten mukaan myös parempi kylläisyysvaikutus kuin rasvalla, niiden suosiminen mahdollisena keinona säädellä syötävän ruoan määrää on herättänyt huomattavaa kiinnostusta. Suuresta tutkimusten määrästä huolimatta tuloksista voidaan vetää vain rajoitettuja johtopäätöksiä. Kuitenkin tämän hetkisen käsityksen perusteella vähärasvainen (noin 30 % energiasta) ja runsaasti kompleksisia hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio näyttäisi antavan parhaan tuloksen painonhallinnassa.

6.3.1 Rasvat

6.3.1.1 Ravinnon rasvan vaikutus ravinnonottoon

Runsasrasvaisen ruokavalion energiansaantia lisäävästä vaikutuksesta on runsaasti näyttöä. Runsa rasvankäyttö voi edistää lihavuuden kehittymistä useilla mekanismeilla.

Maittavuus: Usein runsasrasvaista ruokaa syödään liikaa yksinkertaisesti siksi, että se koetaan herkulliseksi. Monet ruoan aromiainesta ovat rasvaliukoisia ja vaikuttavat siten ruoan makuun. Myös rasvan rakenneominaisuuksia ja sen aikaansaamaa suutuntumaa pidetään miellyttävänä (Drewnowski 1997a). Kylläisyys miellyttävään ruokaan kehittyy hitaammin kuin vähemmän miellyttävään ruokaan ja siten miellyttävää ruokaa syödään usein suurempia annoksia (de Castro ym. 2000). Joidenkin tutkimusten mukaan lihavilla henkilöillä olisi lisääntynyt mieltymys runsasrasvaiseen ruokaan (Drewnowski 1997b).

Vähäisempi pureskelun tarve: Runsasrasvainen ruoka vaatii vähemmän pureskelua ja on helpompaa syödä kuin runsaasti ravintokuitua ja kompleksisia hiilihydraatteja sisältävä ruoka, minkä vuoksi rasvainen ruoka usein syödään nopeammin. Koska syöminen vaatii vähemmän vaivaa, myös annoskoko helposti kasvaa (Golay ja Bobbioni 1997).

Ruoan tilavuus/paino: Koska ruokaa syödään usein energiamäärästä riippumatta melko vakio tilavuus- tai grammamäärä, rasvaista ruokaa syödessä energiansaanti saattaa nousta helposti huomattavasti suuremmaksi kuin vähärasvaista ruokaa syödessä.

Rasvan huonompi kylläisyysvaikutus: Rasvan kylläisyysvaikutuksen on todettu olevan heikompi kuin hiilihydraattien tai proteiinien energiayksikköä kohden mitattuna (Astrup ym. 2002). Aterian jälkeen ravinnon sisältämä rasva metaboloituu hitaammin kuin hiilihydraatit tai proteiinit, jolloin verenkierron vapaiden rasvahappojen aikaansaama kylläisyysvaikutus viivästyy (Reid ja Hetherington 1997). Rasva ei myöskään saa aikaan veren glukoosipitoisuuden nousua. Selitys rasvan heikompaan kylläisyysvaikutukseen voi liittyä myös energiatasapainosta viestittävien hormonien eritykseen. Rasva ei stimuloi insuliinin eritystä eikä siten saa aikaan insuliinin välittämää kylläisyysvaikutusta aivoissa. Myös leptiinin erityks on vähäisempää runsaasti rasvaa sisältävän aterian kuin hiilihydraattipitoisen aterian jälkeen (Romon ym. 1999). Toisaalta rasvan tiedetään stimuloivan kolekystokiniinin eritystä ohutsuolesta (Havel 2001) ja siten edistävän kylläisyyden tuntemuksen kehittymistä. Rasva myös hidastaa mahalaukun tyhjenemistä, mikä ajatellaan pitävän kylläisyyttä yllä pidempään.

Lawton ym. (1993) havaitsivat lihaviin koehenkilöiden syövä vähäenergisestä lounaan jälkeen päivällisellä huomattavasti enemmän energiaa runsaasti rasvaa sisältävää ruokaa tarjottaessa kuin runsaasti hiilihydraattia sisältävää ruokaa tarjottaessa. Vertaillessaan rasvaisten ja eri määrän kuitua sisältävien hiilihydraattipitoisten aamiaisaterioiden vaikutusta kylläisyyteen ja tulevaan ruoankäyttöön Holt ym. (1999) havaitsivat rasvaisten aamiaisaterioiden olevan vähemmän kylläisyyttä tuottavia ja lisäävän aamun aikana syödyn ruoan määrää verrattuna hiilihydraattipitoisiin aamiaisiin. Kuitupitoinen runsaasti hiilihydraatteja sisältävä aamiainen vähensi myös koko päivän energiansaantia verrattuna rasvapitoisiin aamiaisaterioihin. Marmonier ym. (2000) havaitsivat halun syödä päivällistä ilmaantuvan nopeammin kahden tunnin kuluttua lounaasta nautitun rasvapitoisen välipalatuotteen kuin proteiinipitoisen (muttei hiilihydraattipitoisen) välipalatuotteen jälkeen. Mikään välipaloista ei kuitenkaan vähentänyt päivällisellä syötyä energiamäärää. Vozzo ym. (2003) puolestaan eivät havainneet eri energiaravintoaineita sisältäneiden testiaterioiden välillä eroa sen enempää subjektiivisissa nälän arvioissa, seuraavan spontaanisti pyydetyn aterian ajankohdassa kuin seuranneen seitsemän tunnin aikana syödyssä energiamäärässäkään. Myöskään Raben ym. (2003) ei havainnut eroja kylläisyydessä tai energiansaannissa rasva-, hiilihydraatti-, proteiini- tai alkoholitestiatereian jälkeen.

6.3.1.2 Rasvatasapaino

Energiatasapainon ja hiilihydraatti- tai proteiinitasapainon välillä ei ole yhteyttä, kun taas energia- ja rasvatasapaino ovat selkeästi yhteydessä toisiinsa. Tästä onkin päätelty, että rasva joko käytetään tai varastoidaan vasteena päivästä toiseen tapahtuvalle vaihtelulle energiansaannissa. Havainnot ovat yhtä aiempien tutkimusten kanssa, joissa osoitettiin, että kehon energiavarastoja on vaikeampi lisätä hiilihydraatteja nauttimalla (Poppit ja Prentice 1996, Golay ja Bobbioni, 1997).

Siten myös ravintoaineiden imeytymisen jälkeiset tapahtumat voivat tehdä rasvasta saadun energian lihottavammaksi kuin hiilihydraateista tai proteiineista saadun energian. Rasvasta saadun energian varastointi rasvaksi vaatii vähemmän energiaa kuin hiilihydraateista ja proteiineista saadun energian varastointi. Hiilihydraatti- ja proteiinivarastot ovat tarkkaan säädeltyjä, ja niiden hapetus säädetään vastaamaan saantia. Sen sijaan rasvalla tätä lisäystä hapetuksessa ei saannin lisääntyessä välttämättä tapahdu, vaan ylimääräinen rasva pyritään varastoimaan päivittäisen energiansaannin ja kulutuksen vaihtelujen varalle. Lihavilla näyttäisi olevan erityisen rajoittunut kyky lisätä rasvan hapestusta (Poppit ja Prentice 1996, Golay ja Bobbioni, 1997).

6.3.1.3 Rasvan rakenteen vaikutus

Rakenteeltaan erilaisten rasvahappojen on todettu vaikuttavan kylläisyyteen ja energiankulutukseen eri tavalla. Monityydyttymättömien rasvahappojen (PUFA) on havaittu saavan aikaan voimakkaamman kylläisyysvaikutuksen kuin monityydyttymättömien (MUFA) tai tyydyttyneiden (SFA) rasvahappojen (Lawton ym. 2000). Korkean PUFA-SFA-suhteen on todettu lisäävän lepoenergiankulutusta, aterianjälkeistä lämmöntuotantoa ja rasvojen hapetusta verrattuna alhaiseen PUFA-SFA -suhteeseen. Myös rasvahappopaketjun pituudella (keskipitkä- vs. pitkäketjuinen) arvellaan olevan merkitystä rasvan hapetusnopeuteen ja kylläisyyden kehittymiseen (Astrup ym. 2002). Keskipitkäketjuisten rasvahappojen on havaittu lisäävän energiankulutusta ja rasvojen hapetusta verrattuna pitkäketjuisiin rasvahappoihin (Papamandjaris ym. 2000, St-Onge ym. 2003).

Normaalisti ravintona käytetty rasva koostuu triglyserideistä (TG), vaikkakin pieniä määriä diglyseridejä (DG) on yleensä myös mukana. Kamphuis ym. (2003a) havaitsi DG:n lisäävän rasvan hapettumista ja vähentävän ruokahalua. Kokonaisenergiankulutus ei kuitenkaan lisääntynyt. Nagao ym. (2000) ovat myös todenneet, että 16 viikon DG:n käyttö TG:n sijasta alensi painoa ja painoindeksiä sekä vyötärönympärystä. DG:t siten vähensivät rasvan kertymistä sekä vatsan alueelle että muualle elimistöön verrattuna TG:hin.

Konjugoidun linolihapon (CLA) on joissakin tutkimuksissa havaittu vähentävän kehon rasvan määrää verrattuna plasebovalmisteseen (Blankson ym. 2000, Whigham ym. 2000, Mougios ym. 2001). Kamphuis ym. (2003b) ei havainnut CLA:n vaikuttavan laihduttamisen jälkeiseen painonnousuun, mutta CLA:a saaneilla painonnousu koostui kuitenkin suhteessa enemmän rasvattomasta kudoksesta kuin rasvakudoksesta. Tämän seurauksena myös lepoenergiankulutus CLA-ryhmässä nousi.

6.3.1.4 Rasvan korvikkeet

Koska vähärasvainen ruoka koetaan usein vähemmän maistuvaksi kuin rasvainen ruoka, kiinnostusta erilaisten rasvankorvikkeiden kehittämiseen on ilmennyt. Taulukkoon 4 on koottu rasvankorvikkeina käytettyjä aineita.

Yksi tutkituimpia rasvankorvikkeita on Olestra, joka kemiallisesti muodostuu sakkaroosirungosta, johon on esterisidoksella liittynyt rasvahappoja. Olestra ei imeydy elimistössä, minkä vuoksi se on energiaton. Olestralla on samanlainen ulkonäkö sekä fyysikaaliset ja aistittavat ominaisuudet kuin ravintorasvalla. Se on lämpöstabiiili ja sitä voidaan käyttää ruoanvalmistuksessa. Usein sovelluksena ovat olleet mausteiset suolaiset välipalatuotteet (Stubbs 2001).

Lyhytaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet rasvan osittaisen korvaamisen Olestralla vähentävän sekä rasvan että kokonaisenergian saantia normaalipainoisilla ja lihavilla henkilöillä (Eldridge ym. 2002). Bray ym. (2002) vertailivat yhdeksän kuukautta kestäneessä tutkimuksessa kontrolliruokavalion (33 % rasvaa), vähärasvaisen ruokavalion (25 % rasvaa) ja koeruokavalion (25 % rasvaa + 8 % Olestraa) vaikutusta painoon ja vartalon rasvan määrään. Ravinnon rasvan osittainen korvaaminen Olestralla laski painoa (6,27 kg) kontrolli- (3,8 kg) ja vähärasvaiseen (1,79 kg) ruokavalioon verrattuna. Vartalon rasvan määrä väheni vastaavasti. Olestraa käyttävässä ylipainoisten miesten ryhmässä painonlasku jatkui koko tutkimuksen ajan, kun taas henkilöt, jotka nauttivat tyypillistä vähärasvaista ruokavaliota, saivat suurimman osan alkuperäisestä painostaan takaisin. Royn ym. (2002) tutkimuksessa kolmanneksen rasvasta korvaaminen Olestralla laski 10 viikon pituisen tutkimusjakson aikana koehenkilöiden painoa 5,1 kg.

Taulukko 4. Rasvankorvikkeina käytettyjä aineita (Mela 1996).

Hiilihydraatti- ja proteiinipohjaiset aineet
- Muunnetut glukoosipolymeerit
- Muunnetut maissi-, peruna-, tapioka- ja riisitärkkelykset
- Kumit ja alginaatit tai levien kumiaineet
- Selluloosa ja sen johdannaiset
- Gelatiini
- Mikropartikkeliproteiinit
Huonosti absorboituvat tai absorboitumattomat lipidit
- Sokerien rasvahappoesterit ja sokerialkoholit (esim. Olestra)
- ”Structured” lipidit, joissa spesifisiä rasvahappoja (kapreeni)
- Polykarboksyylihapo ja ”propoxylated” glyseryyliesterit
- Alkyyliglyseryyliesterit
- Substituoidut siloksaanipolymeerit
- Haaroittuneet (steerisesti estyneet) triglyseridiesterit
- Spesifiset luonnossa esiintyvät lipidit
Emulgointi- ja funktionaaliset aineet
- Polyglyseroliesterit
- Lesitiinit
- Maidon proteiinit

Palmu- ja kauraöljyfraktioista formuloitua rasvaemulsiota Olibraa on testattu maitorasvan korvikkeena jogurteissa. Burns ym. (2000, 2001 ja 2002) tekemissä tutkimuksissa normaalipainoiset, ylipainoiset ja lihavat koehenkilöt söivät tavallista kontrollijogurttia (200 g) tai testijogurttia (200 g), jossa osa maitorasvasta (6 g) oli korvattu Olibralla (5 g). Keskimääräinen energiansaanti neljän tunnin kuluttua syödyllä aterialla jäi testijogurttia syöneillä alhaisemmaksi (6 700 kJ vs 7 700 kJ) kuin kontrollijogurttia syöneillä. Vaikutuksen havaittiin olevan suhteessa Olibran määrään. Olibran pitkäaikaisvaikutuksia ei ole selvitetty.

6.3.2 Proteiinit

6.3.2.1 Ravinnon proteiinien vaikutus kylläisyyteen

Runsasproteiinisen ruoan on havaittu aikaansaavan suuremman sensorispesifisen kylläisyyden ja vähentävän myös nälkää enemmän kuin samankaltaisen vähän proteiinia sisältävän ruoan (van Dewater ja Vickers 1996). Selitykseksi proteiinin kylläisyyttä ylläpitävälle vaikutukselle on esitetty useita mekanismeja (Havel 2001, Dye ja Blundell 2002, Raben ym. 2003). Proteiini muun muassa stimuloi tehokkaasti useiden kylläisyyttä välittävien hormonien, kuten insuliinin, glukagonin ja kolekystokiniinin eritystä. Myös joidenkin yksittäisten aminohappojen, kuten tryptofaanin ja tyrosiinin, pitoisuudella voi olla merkitystä, sillä ne toimivat kylläisyyttä lisäävien välittäjäaineiden (serotoniini, dopamiini) lähtöaineina. Proteiini myös lisää aterianjälkeistä lämmöntuotantoa enemmän kuin rasva tai hiilihydraatit. Ravintoaineiden hapetusnopeudella arvellaankin olevan yhteys kylläisyyden kehittymiseen. Runsasproteiinisen aterian on havaittu aiheuttavan voimakkaampaa kylläisyyttä niillä, jotka saavat tavanomaisesta ruokavaliostaan vähän proteiinia (Long ym. 2000).

Joissakin tutkimuksissa vähärasvaista (~30 E %) ruokavaliota noudatettaessa runsaalla proteiinin saannilla (~25 E %) on havaittu painonpudotusta edistävä vaikutus verrattuna vähän proteiinia sisältävään (~12 E %) ruokavaliioon (Skov ym. 1999). Proteiinin on myös havaittu auttavan laihdutuksen jälkeisen painon ylläpitämisessä. Lejeune ym. (2003) ja Westerterp-Plantenga ym. (2003) havaitsivat, että vähäenergisestä ruokavaliokauden jälkeen painonnousu oli merkitsevästi vähäisempää päivittäin enemmän proteiinia (18 vs. 15 E %) nauttineella ryhmällä. Farnsworthin ym. (2003) tutkimuksessa painonpudotus ja kehon rasvamäärän väheneminen kuitenkin olivat samansuuruisia vähäenergisellä runsasproteiinisella (proteiini ~27 E %, hiilihydraatti ~44 E % ja rasva ~29 E %) ja vähäenergisellä normaalin määrän proteiinia (proteiini ~16 E %, hiilihydraatti ~57 E % ja rasva ~27 E %) sisältävällä ruokavaliolla.

6.3.2.2 Proteiini lähteen vaikutus

Lang ym. (1998 & 1999) eivät havainneet eroja kylläisyydessä kananmunan albumiinin, kaseiinin, gelatiinin, soijaproteiinin, pavun proteiinin ja vehnän gluteenin välillä. Eroja ei havaittu myöskään 24 tunnin energiansaannissa. Jälkimmäisessä tutkimuksessa (1999) sen sijaan havaittiin eroja aterianjälkeisissä glukoosi- ja insuliinitasoissa, minkä arveltiin johtuvan eri proteiini lähteiden erilaisesta vaikutuksesta mahan tyhjenemiseen. Uhe ym. 1992 havaitsivat valkoisen kalan lisäävän kylläisyyttä enemmän kuin samansuuruisen proteiiniannoksen vähärasvaista pihviä tai kanaa. Tämän oletettiin johtuvan eroista proteiinin sulamisesta ja plasman aminohappopitoisuudessa ja -profiilissa. Myös

Holt ym. (1995) havaitsivat kalan saavan aikaan merkitsevästi voimakkaamman kylläisyydentunteen kuin juuston, kananmunan, papujen, linssien tai pihvin. Mikkelsen ym. (2000) vertasivat samanenergisten, runsaasti sianlihan tai soijan proteiinia (28 % energiasta) tai hiilihydraatteja (61 % energiasta, hiilihydraatin lähteenä viljatuotteet ja peruna) sisältävien ruokavalioiden vaikutusta 24 tunnin energiankulutukseen. Runsaasti sianlihaa tai soijaa sisältäneet ruokavaliot lisäsivät energiankulutusta 3 % verrattuna runsaasti hiilihydraatteja sisältäneeseen, runsaasti sianlihaa sisältävä lisäsi sitä 2 % verrattuna runsaasti soijaa sisältävään.

Fusarium graminearum -hometta fermentoimalla tuotetun mykoproteiinin havaittiin kanan proteiiniin verrattuna vähentävän ruokahalua sekä kolmen tunnin kuluttua testiannoksesta syötyä ruokamäärää. Se myös vähensi kanaan verrattuna energiansaantia (24 %) koko loppupäivänä ilman, että vähäisempää energiansaantia olisi kompensoitu seuraavana päivänä (Turnbull ym. 1993). Erään maidon peptidin, kaseinomakropeptidin on ainakin eläimillä todettu vaikuttavan ruokahalun säätelyyn kolekystokiniinin sekä mahan ja haiman ruoansulatusnesteiden erittymisen kautta. Gustafson ym. (2001) eivät kuitenkaan havainneet ihmisillä vaikutusta ruokahuuun tai energiansaantiin aterialla, joka seurasi tunnin kuluttua ko. peptidiä sisältänyttä juomaa. Hall ym. (2003) vertasivat maidon kaseiinin ja heran vaikutusta veren aminohappoprofiiliin, ruoansulatuskanavan hormonien eritykseen ja ruokahuuun, ja havaitsivat, että hera sai aikaan suuremman kolekystokiniinin, GLP-1:n ja GIP:n erityksen ja voimakkaamman kylläisyysvaikutuksen kuin kaseiini. Heran jälkeen verenkierrossa oli merkitsevästi enemmän haaraketjuisia aminohappoja kuin kaseiinin jälkeen. Kylläisyyden kehittymiseen liitetyn fenyylialaniinin pitoisuudessa ei ollut eroa heran ja kaseiinin välillä.

6.3.2.3 Aminohappojen vaikutus

Ravinnosta saatava aminohappo, tryptofaani toimii keskushermoston välittäjäaineen serotoniinin (5-hydroksitryptofaani, 5-HTP) lähtöaineena. 5-HTP:n on todettu vähentävän syömistä ja edesauttavan painonlaskua. Cangiano ym. (1992) havaitsivat ennen aterioita 5-HTP:ta saaneiden koehenkilöiden painon laskeneen merkitsevästi, kun energiansaantia rajoitettiin tai ei rajoitettu. Plaseboa saaneessa ryhmässä vastaavaa havaintoa ei tehty. 5-HTP-ryhmässä hiilihydraattien syöminen väheni ja kylläisyys aterioilla kehittyi nopeasti.

Fenyylialaniinin on esitetty vaikuttavan kylläisyyteen. Ballinger ja Clark (1994) havaitsivat suuren annoksen (10 g) fenyylialaniinia lisäävän kolekystokiniinin eritystä ja siten vähentävän syömistä aterialla, joka seurasi 20 minuutin kuluttua. Vastikään tehdyssä tutkimuksessa Hall ym. (2003a) eivät kuitenkaan havainneet fenyylialaniinista ja aspa-

ragiinihaposta koostuvalla aspartaamilla (400 mg) tai ko. aminohapoilla (176 + 224 mg) vaikutusta kolekystokiniinin eritykseen, kylläisyyteen tai energiansaantiin.

6.3.3 Hiilihydraatit

Hiilihydraattien kylläisyysvaikutus näyttäisi olevan seurausta veren glukoosipitoisuudessa tapahtuvista muutoksista, kylläisyushormonien, kuten insuliinin, GLP-1:n ja amyliinin erittymisestä, muutoksista maksan aineenvaihdunnassa sekä hiilihydraattiainevaihdunnan lopputuotteissa (Feinle ym. 2002). Erityisesti kuitupitoisten hiilihydraattien aiheuttama suun ja nielun alueen stimulaatio sekä hidastunut mahan tyhjeneminen ja ravintoaineiden imeytyminen edesauttavat kylläisyyden kehittymistä ja säilymistä (Astrop ym. 2002).

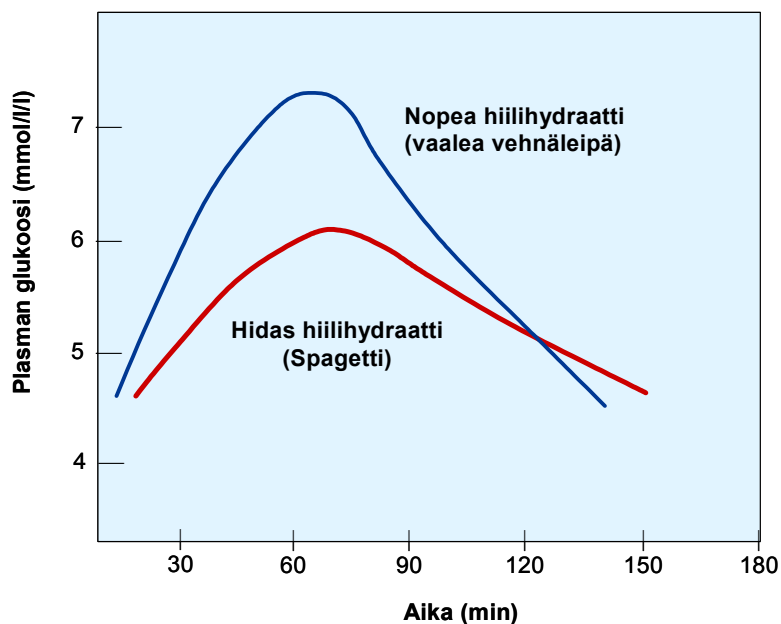
6.3.3.1 Glykeeminen indeksi ja glykeeminen kuorma

Glykeemisellä indeksillä (GI) tarkoitetaan tietyn hiilihydraattilähteen (50 g imeytyvää hiilihydraattia vastaavan määrän) aiheuttamaa veren glukoosipitoisuuden nousua kahden tai kolmen tunnin aikana aterian jälkeen glukoosikäyrän alapuolisena pinta-alana ilmaistuna verrattuna standardina käytettyyn vaaleaan leipään tai glukoosiin. Kertomalla GI annoksen sisältämällä imeytyvien hiilihydraattien määrällä saadaan glykeeminen kuorma (glycaemic load, GL). Useimmilla runsaasti imeytyvää hiilihydraattia sisältävillä korkean GI:n elintarvikkeilla (keitetty peruna, ydinjauhoista leivottu leipä) on myös korkea GL, jos keskimääräinen annoskoko vastaa GI:n määrittämisessä käytettyä annoskoko (50 g imeytyvää hiilihydraattia vastaava määrä). Sen sijaan esim. porkkanan GI on korkea, mutta normaalin porkkana-annoksen GL matala, koska porkkanaa normaalisti syödään huomattavasti GI:n määrittämisessä käytettyä 50 g:n imeytyvää hiilihydraattimäärää vastaavaa annoskoko pienempi määrä (Bell ja Sears 2003).

Korkean GI:n (ja GL:n) tuotteet (nopeasti pilkkoutuvat/imeytyvät, nopeat) nostavat veren glukoosipitoisuutta jyrkemmin kuin matalan GI:n tuotteet (hitaasti pilkkoutuvat/imeytyvät, hitaat). Korkean GI:n tuotteilla myös glukoosikäyrän alapuolinen kokonaispinta-ala on suurempi kuin matalan GI:n tuotteilla, ja glukoositaso laskee lopulta helposti alle paastotason (Kuva 11). Alhaisen GI:n tuotteet sen sijaan aikaansaavat matalamman glukoosipiikin ja glukoosikäyrän alapuolinen pinta-ala myös jää pienemmäksi. Glukoositaso pysyy pidempään paastotason yläpuolella, minkä seurauksena alhaisen GI:n tuotteet epätodennäköisemmin aiheuttavat hypoglykemiaa. Lisäksi alhaisen GI:n aamiaisen on todettu vaikuttavan positiivisesti vielä lounaankin aiheuttamaan glukoosivasteeseen (Liljeberg ym. 1999).

Korkean GI:n tuotteille on tyypillistä suuri raffinoitun/puhdistetun hiilihydraatin määrä, suuri glukoosin ja/tai tärkkelyksen määrä, alhainen ravintokuidun, erityisesti liukoisen kuidun määrä, sekä pehmeä, ylikypsä tai erittäin prosessoitu rakenne (Roberts 2000).

Matalan GI:n tuotteissa on puolestaan tyypillisesti vähemmän imeytyvää hiilihydraattia ja enemmän vettä ja ravintokuitua, ja siten niiden energiatiheys on alhaisempi. Niillä on todettu olevan useita aineenvaihdunnan kannalta edullisia vaikutuksia: ne vähentävät aterianjälkeistä insuliinin erittymistä, ylläpitävät insuliiniherkkyyttä ja edistävät rasvojen hapettumista hiilihydraattien hapettumisen kustannuksella, mistä voi olla hyötyä painonsäätelyssä. Onkin esitetty, että painonhallinta olisi helpompaa ja tehokkaampaa vähärasvaisella, hitaita hiilihydraatteja sisältävällä ruokavaliolla kuin vähärasvaisella nopeita hiilihydraatteja sisältävällä ruokavaliolla (Ludwig 2000, Paman ym. 2003). Useissa ihmisillä tehdyissä interventiotutkimuksissa on havaittu, että energiamäärältään rajoitettu ja alhaisen GI:n tuotteita sisältävä ruokavalio on aikaansaanut suuremman painonlaskun kuin yhtäläinen ruokavalio, joka on perustunut korkean GI:n tuotteisiin (Brand-Miller ym. 2002). On kuitenkin myös lukuisia tutkimuksia, joissa eroa korkean ja matalan GI:n välillä ei ole havaittu (Raben 2002).



Kuva 11. Nopean ja hitaan hiilihydraatin vaikutus plasman glukoosipitoisuuteen.

Matala GI on liitetty myös lisääntyneeseen kylläisyyteen ja hitaampaan nälän ilmaantumiseen. Useat lyhytaikaiset tutkimukset ovatkin selvittäneet GI:n ja nälän- ja kylläisyydentuntemusten välistä yhteyttä. Noin puolessa Rabenin (2002) läpikäymistä 31 tutkimuksesta (aika?) matalan GI:n tuotteet lisäsivät kylläisyyttä tai vähensivät nälkää enemmän kuin korkean GI:n tuotteet. Kahdessa korkea GI oli yhteydessä lisääntyneeseen

seen kylläisyyteen. Edellä mainituista tutkimuksista 15:ssä tutkittiin myös energiansaantia seuraavalla aterialla. Lähes kaikissa energiansaanti oli jonkin verran vähäisempää alhaisen GI:n tuotteiden nauttimisen jälkeen, tosin ero oli merkitsevää vain seitsemässä. Osassa tutkimuksista koeaterioiden välillä oli eroja esim. energiatiheudessa ja maittavuudessa, mikä on saattanut vaikuttaa tuloksiin. Niissä tutkimuksissa, joissa energiansaanti, ravintoainesisältö, energiatiheys ja maittavuus oli vakioitu, tulokset olivat samankaltaisia kuin edellä, eli noin puolessa tutkimuksista alhaisen GI:n tuotteiden todettiin lisäävän kylläisyyttä tai vähentävän nälkää ja vähentävän seuraavalla aterialla nautittua energiamäärää enemmän kuin korkean GI:n tuotteiden, kun taas puolessa tutkimuksista tätä ei havaittu. Katsausartikkelissaan Anderson ja Woodend (2003) tekivät johtopäätöksen, että korkean GI:n tuotteet ehkäisevät lyhytaikaista (yksi tunti) ruoanottoa tehokkaammin kuin alhaisen GI:n tuotteet, mutta pidemmällä aikajaksolla vaikutus on päinvastainen.

Tutkimustulokset glykeemisen indeksin merkityksestä nälän- ja kylläisyydentuntemusten säätelyssä sekä painonhallinnassa eivät ole olleet toistaiseksi yksiselitteisiä, ja lisää tutkimuksia tarvitaan. Koska hiilihydraatit ovat kuitenkin hyvin erilaisia sekä rakenteeltaan että vaikutukseltaan elimistössä, niiden laatuun on syytä kiinnittää huomiota (Saris 2003). Myös nykyiset suomalaiset ravitsemussuositukset ohjaavat valitsemaan hiilihydraatin lähteiksi kuitupitoisia täysjyväviljoja ja -viljavalmisteita sekä runsaasti kasviksia ja hedelmiä puhdistetun viljan ja sokerin sijaan.

6.3.3.2 Hiilihydraattilähteen vaikutus

Hiilihydraattien rakenne vaikuttaa niiden imeytymiseen ja sitä kautta myös niiden toimintaan elimistössä. Sokerit (mono- ja disakkaridit) ja tärkkelys hajoavat ja imeytyvät ohutsuolessa, ja elimistö käyttää niitä energianlähteenään. Ravintokuitu ja oligosakkaridit kulkeutuvat hajoamattomina paksusuoleen, jossa bakteerit hajottavat niitä. Hiilihydraattien hajoamis- ja imeytymisnopeus ja sitä kautta GI ei ole yhteydessä sakkaridiketjun pituuteen. Jo Wahlqvist ym. (1978) havaitsivat glukoosilla monosakkaridina (glukoosi), disakkaridina (maltoosi) ja polysakkaridina (tärkkelys) samanlaisen vaikutuksen veren glukoosi-, insuliini- ja rasvahappopitoisuuksiin.

Mono- ja disakkaridit

Glukoosi nostaa veren glukoosi- ja insuliinitasoja nopeasti. Sakkarroosin (glukoosi + fruktoosi) vaikutus on vähäisempi ja fruktoosin vielä vähäisempi. Makeudeltaan nämä sokerit ovat järjestyksessä glukoosi < sakkarroosi < fruktoosi, minkä vuoksi sakkarroosilla ja fruktoosilla on glukoosiin verrattuna energiaa ”säästävä” vaikutus. Muita ruoassa esiintyviä mono- ja disakkarideja ovat galaktoosi, maltoosi (glukoosi + glukoosi) ja

laktoosi (glukoosi + galaktoosi). Maltoosi imeytyy nopeasti, laktoosi huomattavasti hitaammin.

Feinle ym. (2002) ovat katsausartikkelissaan esittäneet tutkimuksia, joissa fruktoosin raportoidaan vähentävän seuraavalla aterialla (noin kahden tunnin kuluttua) nautitun ruoan määrää enemmän kuin glukoosin. Elliott ym. (2002) esittävät kuitenkin katsausartikkelissaan, että fruktoosin runsas ja pitkäaikainen käyttö voi aiheuttaa ylipainoa. Tämä saattaa olla seurausta siitä, että fruktoosi ei saa aikaan insuliinin eritystä. Koska insuliini säätelee osittain leptiinin tuotantoa ja sillä on myös itsenäinen kylläisyyttä lisäävä vaikutus aivoissa, runsas fruktoosin käyttö voi lisätä syömistä ja siten edesauttaa painonousua (Havel 2001).

Sakkaroosin nauttimisen on joissakin tutkimuksissa havaittu vähentävän energiansaantia seuraavalla aterialla (Lavin ym. 1997, Woodend ja Anderson 2001), mikä viittaa siihen, että sakkaroosista peräisin olevaa energiaa kompensoitaisiin vähentämällä energian saantia muualta. Useissa tutkimuksissa sakkaroosista saadun energian kompensoimista seuraavalla aterialla ei kuitenkaan ole havaittu (Mattes 1996, Ludwig ym. 2001). Kun osa murojen tärkkelyksestä korvattiin sakkaroosilla, murojen nauttimisen jälkeen kolmen tunnin aikana mitatut glukoosi- ja insuliinivasteet madaltuivat (Miller ja Lobbezoo 1994).

Myös muiden monosakkaridien ja sokerialkoholien, kuten D-tagatoosin (fruktoosin stereoisomeeri) ja ksylitolin (pentoosisokerialkoholi) tutkimiseen on ollut kasvavaa mielenkiintoa, koska myös näitä aineita voitaisiin glukoosin tapaan käyttää makeutusaineina. Monet näistä, toisin kuin glukoosi, imeytyvät huonosti ohutsuolessa, mikä ainakin teoreettisesti ajateltuna voisi auttaa kokonaisenergiansaannin vähentämisessä. On myös joitain viitteitä siitä, että nämä yhdisteet sakkaroosiin verrattuna vähentävät seuraavilla aterioilla ruoankäyttömäärää. King ym. (2003) havaitsivat ksylitolia, polydekstroosia tai näiden yhdistelmää sisältäneen jogurttiläpälipalan vähentävän nälkää ja energiansaantia seuraavalla aterialla enemmän kuin vertailujogurtin. Tietoa on kuitenkin toistaiseksi vähän ja lisätutkimuksia tarvitaan. Suurin ongelma näiden sokereiden/sokerialkoholien käytössä on niiden aiheuttamat ruoansulatuskanavan sivuvaikutukset, kuten ilmavaivat, ripuli ja pahoinvointi. Onkin mahdollista, että juuri nämä sivuvaikutukset edistävät ruoan määrän vähentämistä (Feinle ym. 2002).

Sakkaroosin korvikkeena käytettyjä energiattomia makeutusaineita ovat mm. asesulfaami, aspartaami, sakariini ja syklamaatti. Drewnowskin (1999) katsausartikkelissa läpikäymien tutkimusten perusteella makeutusaineiden hyödyllisyydestä painonhallinnassa ei ole yksimielisyyttä. Pienessä osassa lyhytaikaisia tutkimuksia (muutamista tunteista muutamiin päiviin) keinotekoisien makeutusaineiden havaittiin lisäävän ruokahaluja, kun taas suurimmassa osassa tätä vaikutusta ei havaittu. Osassa pitkäaikaisia tutki-

muksissa (maksimissaan kolme viikkoa) keinotekoisien makeutusaineiden havaittiin sakkaroosiin verrattuna vähentävän energiansaantia ja painoa, kun taas osassa ei havaittu mitään vaikutusta. Rabenin työtovereineen (2002) tekemässä kymmenen viikkoa kestäneessä kokeessa havaittiin ylipainoisilla, paljon sakkaroosia (28 % energiasta, sakkaroosin pääasiallinen lähde virvoitusjuomat) käyttävillä koehenkilöillä tutkimusjakson jälkeen lisäys energiansaannissa, painossa ja vartalon rasvamäärässä. Vastaavaa vaikutusta ei havaittu ryhmällä, joka käytti keinotekoisia makeutusaineita.

Tärkkelys

Natiivi tärkkelys (esim. raa'an perunan tärkkelys) hajoaa huomattavasti hitaammin kuin pitkälle liisteröitynyt (esim. keitetyn perunan tärkkelys), ja runsaasti amyloosia sisältävä (maissitärkkelys) tärkkelys hitaammin kuin normaali tärkkelys. Länsimaisen ruokavali-
on yhtenä ongelmana onkin pidetty sitä, että sen sisältämä tärkkelys hajoaa ja imeytyy liian nopeasti (usein yhtä nopeasti kuin puhdas glukoosi) saaden aikaan nopean nousun aterianjälkeisessä glukoosi- ja insuliinipitoisuudessa.

Raben ym. (1997) ovat tutkineet modifioitujen tärkkelysten vaikutusta veren glukoosiin, näläntunteeseen ja kylläisyyteen. Tutkitut tärkkelykset olivat perunatärkkelys, 1–2 %:sti asetyloitu perunatärkkelys (hydroksyyli-ryhmät korvattu asetaattiryhmillä, mistä seuraa stabiilimpi tärkkelysgeeli) ja perunatärkkelys, joka sisälsi 2 % beta-syklodekstriiniä (syklodekstriini syklinen hiilihydraatti, jolla hydrofobinen keskus, käytetään stabiloimaan elintarvikkeita ja suojaamaan mikroravinteita hapettumiselta). Molempien modifioitujen ja erityisesti beta-syklodekstriiniä sisältävän tärkkelyksen käyttö laski koehenkilöiden veren glukoosipitoisuutta ja lisäsi subjektiivista kylläisyyttä. Toisessa tutkimuksessa (Raben ym. 1994) resistentin perunatärkkelyksen (tärkkelys, joka ei entsyymaattisesti hydrolysoitu ylemmässä ruoansulatuskanavassa vaan kulkeutuu pak-susuoleen, missä suolistobakteerit fermentoivat sen) käyttöön liitettiin vähentynyt kyl-läisyyden tuntemus verrattuna samaan määrään esiliisteröityä täysin hydrolysoituvaa ja imeytyvää tärkkelystä.

Ravintokuitu

Katsausartikkelissaan Howarth ym. (2001) ovat 22 julkaistusta tutkimuksesta (kun energian saantia ei ole rajoitettu) keskiarvona laskeneet, että 14 g:n lisäykseen päivittäisessä kuidunsaannissa liittyy 10 %:n väheneminen energiansaannissa ja 1,9 kg:n painonlasku yli 3,8 kuukauden aikajaksolla. Ylipainoisilla/lihavilla vaikutus oli suurempi. Heidän keskimääräinen energiansaantinsa laski 82 %:iin normaalista, kun taas normaali-painoisten energiansaanti laski 94 %:iin. Ylipainoisilla/lihavilla painonlasku oli 2,4 kg

ja normaalipainoisilla 0,8 kg. Positiiviset vaikutukset energiansaannin ja painon kannalta saatiin sekä luonnollisesta lähteestään saadulla kuidulla että kuitulisällä.

Ravintokuitu voi vaikuttaa energiansäätelyyn usean mekanismin kautta (Burton-Freeman 2000, Howarth ym. 2001).

Energian laimentuminen: Määritelmän mukaan ravintokuitu ei entsyymaattisesti hajoa ohutsuolessa imeytyviksi alayksiköiksi. Useimmat kuidut, erityisesti liukoiset, fermentoituvat osittain paksusuolella. Muodostuneet lyhytketjuiset rasvahapot imeytyvät ja käytetään energiana. Keskimäärin kuitenkin vain noin 40 % kuidusta fermentoituu, minkä seurauksena kuidun energiasisältö painoyksikköä kohden on alhainen. Tämän vuoksi kuidun lisääminen ruokavalioon laskee tehokkaasti ruokavalion energiatihyettä. Lisäksi sekä liukoisen että liukenemattoman kuidun kyky sitoa vettä laskee entisestään kuitupitoisen ruoan energiatihyettä. Saman määrän vähemmän energiatihyettä ruokaa on useissa tutkimuksissa raportoitu lisäävän kylläisyyttä ja laskevan energiansaantia.

Pureskelu: Ruoka, joka luonnostaan sisältää runsaasti kuitua, vaatii enemmän pureskelua (voimaa ja aikaa). Tämä lisää suunseudun stimulaatiota ja lisää kylläisyydestä viestivien signaalien välittymistä aivoihin.

Mahalaukun venyminen: Kuidun vaatima lisääntynyt pureskelu voi edistää mahalaukun venymistä syljen ja mahahapon lisääntyneen erityksen kautta. Koska jotkut liukoiset kuidut imevät suuria määriä vettä ja muodostavat geelejä, ne voivat lisätä mahalaukun venymistä. Tämän on esitetty laukaisevan kylläisyyttä välittäviä viestejä keskushermostoon ja näin ollen edistävän kylläntymistä aterioiden aikana sekä lisäävän aterianjälkeistä kylläisyyttä.

Mahalaukun tyhjeneminen ja ravintoaineiden imeytymisnopeus: Liukoiset kuidut hidastavat mahalaukun tyhjenemistä muodostamalla viskoosin geelimatriksin, joka pitää sisällään ravintoaineita ja hidastaa niiden poistumista mahalaukusta, mikä puolestaan hidastaa ruoansulatusta ohutsuolessa. Runsaasti liukoista kuitua sisältävällä ruokavaliolla ravintoaineet imeytyvät tasaisemmin ja pidemmällä ajanjaksolla. Friedmanin (1995) energian säätelymalli olettaa, että kiertävien ravintosubstraattien hyväksikäytettävyys viestittää nälkää ja/tai kylläisyyttä. Siten kuidun kyky pidentää ravintoaineiden imeytymisaikaa voi vähentää nälkää ja/tai lisätä kylläisyyttä. Ohutsuolessa kuitu voi tylpistää glukoosi- ja insuliinivasteita, mikä puolestaan voi hidastaa näläntunteen palautumista ja pienentää energiansaantia seuraavalla aterialla.

Ruoansulatuskanavan hormonit: Ravintokuitu voi vaikuttaa energiansaantiin ja painoon myös hormonivaikutuksensa kautta, vaikkakin useimmat ehdotetut mekanismit ovat jääneet toistaiseksi spekulatiivisiksi. Makroravintoaineiden imeytymisen hidastuminen

ohutsuolen alkuosassa lisää niiden kosketusaikaa ohutsuolen loppuosan imeyttävien pintojen kanssa. Näiden imeytymättömien energiaravintoaineiden läsnäolo ohutsuolen loppuosassa on liitetty hidastuneeseen mahalaukun tyhjenemiseen ja ohutsuolen läpikulkuajan hidastumiseen (ileal brake). Läpikulkuajan hidastumista voivat välittää useat suolistohormonit (GLP-1, peptidi YY, neurotensiini).

Energian imeytyminen: Jotkut kuidut, erityisesti liukoisemmat ja fermentoituvammat hedelmien ja vihannesten kuidut, vähentävät rasvan ja proteiinin kokonaisimeytymistä. Tämä voi johtua siitä, että niiden läsnäolo ruoansulatuskanavassa rajoittaa fyysikaalista kontaktia ravintoaineiden ja suoliston villusten välillä, mikä puolestaan on välttämätöntä imeytymiselle. Tämän seurauksena kuidun saannin ja sekä rasvan että proteiinin sulaavuuden välillä on käänteinen yhteys. Täten runsaskuituinen ruokavalio voi suoraan vähentää imeytyvän energian määrää ja tällä tavalla edistää pidempiaikaista painonhallintaa.

Epidemiologiset tutkimukset vahvistavat käsitystä, jonka mukaan lihavuutta esiintyy vähemmän henkilöillä, joiden ruokavaliossa on runsaasti kuitua. Vaikuttavaa tekijää arvioitaessa on kuitenkin huomioitava se, että kuidun saanti on yhteydessä muiden ravintoaineiden saantiin. Esimerkiksi ruokavalio, joka sisältää vähän kuitua, sisältää tyyppillisesti runsaasti rasvaa, ja sen energiatiheys on korkea.

Howarth ym. (2001) ovat koonneet tutkimukset (38 kpl), joissa on suoranaisesti tutkittu ravintokuidun vaikutuksia nälkään ja kylläisyyteen fysiologisilla instrumenteilla ja/tai subjektiivisilla analogiasteikolla mitattuna. Yhteenvetoon valitut tutkimukset oli tehty terveillä ei-diabeettisilla koehenkilöillä. Kontrolliryhmille annettiin saman verran energiaa ja rasvaa sisältävää ruokaa kuin koeryhmät saivat. Suurin osa tutkimuksista osoitti merkitsevää tai ei merkitsevää lisäystä kylläisyydessä aterioiden välillä ja/tai nälän vähentymisessä suhteessa vertailuryhmään, joka käytti vähemmän kuitua. Missään tutkimuksessa ei myöskään raportoitu, että kylläisyys olisi merkittävästi vähentynyt tai nälkä lisääntynyt runsaskuituisella jaksolla. Mitään ilmeistä eroa ei ollut havaittavissa lyhyt- ja pitkäaikaisten kokeiden välillä. Lisäksi ei ollut osoitettavissa, että liukoinen tai liukenematon kuitu olisi toista tehokkaampi. Kylläisyyttä lisäävä vaikutus havaittiin sekä luontaisesti kuitua sisältävillä että eristetyllä kuidulla rikastetuilla ruokavalioidella. Turconi ym. (1995) havaitsivat kylläisyyden ja täysinäisyyden tuntemusten lisääntyvän aterialla nautitun kuitumäärän kasvaessa. Liu ym. (2003) havaitsivat, että painonnousu on kääntäen verrannollinen runsaskuituisten täysjyväviljatuotteiden saantiin ja suoraan verrannollinen valkoisten viljatuotteiden saantiin.

6.3.4 Alkoholi

Alkoholi eli etanoli ei ole varsinainen ravintoaine, mutta se vaikuttaa ihmisen ravitsemukseen mm. tuottamalla energiaa (7,1 kcal /g = 29,7 kJ/g) sekä vaikuttamalla ravintoaineiden aineenvaihduntaan. Alkoholin on havaittu lisäävän ruokahalua ja vähentävän syömisen hallintaa, ei tosin kaikissa tutkimuksissa (Hetherington ym. 2001, Raben ym. 2003). Alkoholin kylläisyysvaikutuksesta on varsin vähän tietoa. On mahdollista, että se ei saa aikaan kylläisyyttä välittävien hormonien eritystä samalla tavoin kuin muut energiaravintoaineet (Astrup ym. 2002). Sen on kuitenkin havaittu hidastavan mahan tyhjenemistä. Arvellaan myös, että alkoholista saatavaa energiaa kompensoidaan seuraavilla aterioilla vähemmän kuin muista lähteistä saatua energiaa. Syynä tähän saattaa olla mm. se, että nestemäisistä lähteistä saadun energian kompensoiminen on yleensäkin vähäisempää kuin kiinteistä lähteistä saadun energian. Lisäksi (koska alkoholi on toksinen aine) alkoholin aineenvaihdunta ohittaa muiden energiaravintoaineiden aineenvaihdunnan, ja koska sillä on useita yhteisiä aineenvaihduntareittejä muiden energiaravintoaineiden kanssa, se saattaa myös edesauttaa rasvan varastointia.

6.4 Bioaktiiviset yhdisteet

Energiaravintoaineiden lisäksi ruoka voi sisältää erilaisia bioaktiivisia yhdisteitä, kuten vitamiineja, fenolisia yhdisteitä, antioksidanteja jne. Joidenkin näistä yhdisteistä on esitetty olevan energiansaantia vähentäviä ja kylläisyyttä ja/tai energiankulutusta lisääviä, ja siten edistävän painon laskua.

6.4.1 Teen polyfenolit ja kofeiini

Vihreän teen (tee, jonka valmistuksessa fermentaatio pyritään pitämään minimissään) on osoitettu indusoivan painonlaskua. Dulloon ym. (1999) tutkimuksessa koehenkilöt nauttivat eri tutkimuskerroilla 1) vihreää teetä (päiväannoksessa 150 mg kofeiinia ja 375 mg katekiineja, joista 270 mg epigallokatekiinigallaattia), 2) kofeiinia (päiväannos 3 x 50 mg) ja 3) plaseboa. Vihreällä teellä havaittiin plaseboon tai kofeiiniin verrattuna tilastollisesti merkitsevä lisäys 24 tunnin aikana mitatussa kokonaisenergian-kulutuksessa (4 %) ja lasku hengitysosamäärässä. Kofeiinilla (150 mg/päivä) ei havaittu mitään vaikutusta.

Vihreän teen vaikutuksen oletetaan perustuvan sen sisältämiin flavonoideihin, erityisesti polyfenoleihin. Yhden luokan näitä yhdisteitä, katekiinien, on osoitettu inhiboivan katekoli-O-metyylitransferaasia, joka hajottaa noradrenaliinia. Teessä on useita katekiineja, mutta luultavasti vaikuttavin niistä on epigallokatekiinigallaatti. Tätä yhdistettä saadaan

merkittävästi vain vihreästä teestä. Koska noradrenaliini säätelee lämmöntuotantoa ja rasvan aineenvaihduntaa, noradrenaliinin hajottamisen estyminen pidentää sen vaikutusaikaa elimistössä.

Vihreä tee voi vaikuttaa myös lipaasiaktiivisuutta inhiboivasti, mikä voi edistää painonlaskua. *In vitro* -kokeessa vihreän teen uutteen havaittiin inhiboivan mahan ja haiman lipaasia (37 %, Juhel ym. 2000). Painon pudottamiseen kehitetty lääkeaine Orlistat indusoi painonlaskua samalla mekanismilla.

Oolong-tee (tee, jota fermentoidaan vähemmän kuin mustaa teetä) on myös osoittautunut tehokkaaksi painon hallinnassa, vaikkakin julkaistujen tutkimusten määrä on vähäinen. Vaikutus voi perustua myös teen sisältämään kofeiiniin. Rumplerin ym. (2001) tutkimuksessa pelkkään veteen verrattuna energiankulutuksessa havaittiin huonekalorimetrillä mitattuna 2,9 %:n lisäys normaalivahvuisella oolong-teellä (päivittäinen määrä haudutettu 15 g:sta teetä) ja 3,4 %:n lisäys vedellä, johon oli lisätty kofeiinia (270 mg, vastasi määrää normaalivahvuisessa teessä). Oolong-teellä tämä vastasi 281 kJ/päivä lisäenergiankulutusta veteen verrattuna ja kofeiinia sisältävällä vedellä 331 kJ/päivä. Lisäksi rasvojen hapettuminen oli huomattavasti suurempaa (12 %), kun koehenkilöt käyttivät ko. teetä. Rumpler ym. (2001) päättelivät oman ja muiden tekemien tutkimusten perusteella, että maksimaalinen lisäys energiankulutuksessa saadaan 200–300 mg:n päivittäisellä kofeiinimäärällä. Rumpler ym. (2001) totesivat, että epigallokatekiinigallaatin saanti oli heidän tutkimuksessaan sama kuin Dulloon ym. (1999) tutkimuksessa käytetyssä vihreässä teessä, mutta kofeiinin määrä oli lähes kaksinkertainen.

Kofeiinin vaikutus energiankulutukseen voikin olla annoksesta riippuvainen. Edellä Dulloo ym. (1999) ei havainnut 150 mg:n päivittäisellä kofeiinimäärällä vaikutusta energiankulutukseen. Rumpler ym. (2001) havaitsivat 3,4 % lisäyksen energiankulutuksessa 200–300 mg:n päiväannoksella. Sen sijaan Dulloon ym. (1989) toisessa tutkimuksessa 600 mg:n päiväannos (6 x 100 mg) kofeiinia lisäsi energiankulutusta 8–11 %. Päivittäisessä energiankulutuksessa tämä vastasi 150 kcal normaalipainoisilla koehenkilöillä ja 79 kcal laihduttaneilla, aikaisemmin lihavilla koehenkilöillä. Dulloon ym. (1989) johtopäätös oli, että normaalistikin käytetyillä kofeiinimäärillä (200–300 mg) voi olla merkittävä vaikutus energiatasapainoon mm. lisäämällä lämmöntuotantoa.

6.4.2 Kapsaisinoideja sisältävät tuliset mausteet

Henry ja Emery (1986) osoittivat, että chili ja sinappi lisäävät elimistön lämmöntuotantoa. Yoshioka ym. (1998) havaitsivat tulisen punaisen paprikan (red hot pepper) lisäävän lämmöntuotantoa ja rasvojen hapettumista naisilla. Vaikuttavaksi aineeksi on osoitettu kapsaisinoidit, (kapsaisiini ja dihydrokapsaisiini) ja niiden kaltaiset yhdisteet (gin-

geroli ja shogoaali), jotka myös aikaansaavat tulisen, pistävän, polttavan maun (Kawada ym. 1986 & 1991, Cameron-Smith ym. 1990, Eldershaw ym. 1992). Samoja aineita on mm. Tabasco-kastikkeessa ja inkiväärissä. Yoshiokan ym. (1998) tutkimuksessa runsaasti kapsaisiinia sisältävän punaisen paprikan lisäys runsasrasvaiseen ateriaan stimuloi rasvojen hapettumista ja palautti lämmöntuotannon samalle tasolle kuin runsaasti hiilihydraattia sisältävällä aterialla. Johtopäätöksenä oli, että runsaasti kapsaisinoideja sisältävillä mausteilla on mahdollista säätää rasvojen hapettumista vastaamaan niiden saantia.

6.4.3 Hydroksisitruunahappo

Hydroksisitruunahappoa (HCA), jota saadaan *Garcinia cambogia* -kasvista, käytetään laihdutusvalmisteena. Sen arvellaan vaikuttavan rasvan uudismuodostukseen ja kylläisyyden kehittymiseen mahdollisesti lisäämällä rasvojen hapetusta. Tutkimustulokset HCA:n merkityksestä painonhallinnassa ovat kuitenkin kiistanalaisia, eikä vakuuttavaa näyttöä sen hyödystä ole saatu. Osassa tutkimuksista HCA on lisännyt kylläisyyttä, vähentänyt nautittavan energian määrää ja lisännyt energian kulutusta, toisissa vaikutuksia ei ole havaittu. (Mattes ja Bormann, 2000, Kovacs ym. 2001)

6.4.4 Fytoestrogeenit

Bhathena ja Velasquez (2002) käsittelevät katsausjulkaisussaan fytoestrogeenien merkitystä lihavuudessa ja diabeteksessa. Eläimillä ja ihmisillä tehdyt ravintointerventiotutkimukset osoittavat, että isoflavoneja sisältävä soijaproteiini ja lignaaneja sisältävä pellava parantavat glukoosin säätelyä ja insuliiniresistenssiä. Lihavuutta ja diabetesta tutkivissa eläinmalleissa soijaproteiinin on osoitettu alentavan seerumin insuliinipitoisuutta ja insuliiniresistenssiä. Myös ihmistutkimuksissa diabeetikoilla ja ei-diabeetikoilla soijaproteiini näyttöä vähentävän hyperglykemiaa ja laskevan painoa. Kuitenkin suurin osa kirjallisuudessa esitetyistä kliinisistä kokeista on ollut hyvin lyhyitä, ja niihin on osallistunut pieni määrä koehenkilöitä. Lisäksi ei ole selvää, johtuvatko soijaproteiinin ja pellavan suotuisat vaikutukset isoflavoneista (daidzeiini, genisteiini), lignaaneista (matairesinoli ja sekoisolarisiresinoli) ja/tai muista komponentista, kuten saponiineista, soijan trypsiini-inhibiittorista, kuidun määrästä ja laadusta, proteiinin ja proteiinihydrolysaatin laadusta, proteiinin aminohappo-koostumuksesta ja/vai soijan ja pellavan rasvahappokoostumuksesta.

6.4.5 Kalsium ja kromi

Kalsiumin merkityksestä painonsäätelyssä on toistaiseksi varsin vähän tietoa. Tutkimustulokset kuitenkin viittaavat siihen, että kalsiumin saannilla saattaisi olla vaikutusta painonhallinnassa. Parikh ja Yanovski (2003) toteavat katsausartikkelissaan, että epidemiologisissa tutkimuksissa vähiten kalsiumia saavien paino näyttäisi olevan korkein. Interventiotutkimuksissa runsaasti kalsiumia saavilla painonpudotuksen on havaittu olevan suurempaa kuin vähän kalsiumia saavilla sekä vähäenergisellä että normaalienergisellä ruokavaliolla. Maitovalmisteiden avulla lisätty kalsiuminsaanti näyttäisi olevan kalsiumvalmistetta tehokkaampi, mikä onkin johtanut oletukseen maidon jonkin muun komponentin painonlaskua edistävästä vaikutuksesta. Kaikki tutkimukset eivät kuitenkaan tue näitä havaintoja (Bowen ym. 2003). Myöskään Macdonald ym. (2003) eivät havainneet ravinnon kalsiumilla vaikutusta painoon.

Kromia käytetään erityisesti luontaistuotemarkkinoilla apuna painonhallintaan, mutta tutkimustieto sen merkityksestä on kiistanalaista. Pittler ym. (2003) havaitsivat kromia käsittelevistä kontrolloiduista tutkimuksista tehdyssä meta-analyysissään lisäkromin hienoisesti edistävän painonlaskua verrattuna plaseboon. He kuitenkin kehottavat suhtautumaan tutkimustuloksiin varauksella. Bell ja Goodrick (2002) puolestaan esittävät katsausartikkelissaan, että kromi ei edistä painonlaskua, mutta mahdollisesti painonpudotuksen aikana edistäisi rasvakudoksen vähenemistä rasvattoman kudoksen sijaan.

6.4.6 Muut

Kirjallisuudesta löytyy mainintoja myös eräistä muista energia-aineenvaihduntaan ja sen säätelyyn mahdollisesti vaikuttavista elintarvikkeista tai bioaktiivisista yhdisteistä. Näitä ovat mm. viinirypäleen siemen, antosyaniinit ja etyylioleaatti. Viinirypäleen siemenuutteen on havaittu vähentävän energiansaantia ihmisillä (Vogels ym. 2003). Antosyaanien on havaittu eläintutkimuksissa ehkäisevän painonnousua runsasrasvaisen ruokavalion aikana (Tsuda ym. 2003), etyylioleaatin vähentävän syömistä ja painonnousua (Barrera ym. 2003).

7. Elintarvikkeen ominaisuudet

- Elintarvikkeen rakenne vaikuttaa ruoan hajoamisasteeseen, mahalaukun tyhjenemisnopeuteen ja ravinnon imeytymiseen. Yleensä kiinteät, paljon solukkorakennetta sisältävät elintarvikkeet (tuoreet kokonaiset hedelmät ja vihannekset, jyviä sisältävät leivät, kokolihatuotteet jne.) hajoavat ruoansulatuskanavassa hitaammin ja saavat aikaan suuremman kylläisyyden tuntemuksen kuin pitkälle homogenoidut tuotteet (soseet, jauhoista valmistetut leivontatuotteet jne.) tai nesteet.
- Ruoan maittavuudella on myös tärkeä merkitys kylläisyyden kehittämisessä.

Ruoan vaikutusta kylläisyyteen ja painonsäätelyyn ei voida arvioida pelkästään sen koostumuksen tai energiasisällön perusteella, sillä kylläisyyteen, energiansaantiin ja sitä kautta lopulta painoon vaikuttavat myös ruoan fysikaaliset ominaisuudet, kuten rakenne, ja edelleen, ruoan hajoamisnopeus ja -aste. Oleellisesti kylläisyyteen vaikuttava tekijä on myös ruoan maittavuus.

7.1 Makrorakenne ja reologiset ominaisuudet

7.1.1 Solukkorakenteita ja suuria partikkeleita sisältävät elintarvikkeet

Kiinteät, suuret partikkelit poistuvat mahasta vasta, kun niiden halkaisija on pienempi kuin 2 mm. Esimerkiksi pastaa syödessä tarvitaan huomattavaa mahan motorista aktiivisuutta, jotta partikkelit pienenevät riittävästi ja poistuvat mahalaukusta. Spagetille mahan puoleentyhjenemisaika on noin 75 minuuttia ja esimerkiksi perunasoseelle 35 minuuttia (Mourot ym. 1988). Nopeus, jolla ruoka poistuu mahalaukusta, on verrannollinen veren glukoosi- ja insuliinivasteisiin ja saattaa vaikuttaa myös kylläisyyden tuntemukseen (Björck ja Elmståhl 2000). Ruoan olomuodosta riippumatta mahan tyhjenemisen ja kylläisyyden välillä on selvä yhteys (Bergmann ym. 1992).

7.1.1.1 Vilja

Verrattaessa viljan jauhatustasteen vaikutusta fysiologisiin vasteisiin kokonaiset viljanjyvät saivat aikaan pienemmän glukoosi- ja insuliinivasteen sekä suuremman kylläisyyden tuntemuksen kuin rouhittu jyvä, joka puolestaan sai aikaan edullisemmat vasteet kuin karkeaksi jauhettu jauho. Myös karkean ja hienoksi jauhetun jauhon välillä havaittiin ero (Heaton ym. 1988, Jenkins ym. 1988, Holt ja Brand-Miller 1994). Behall työtovereineen (1999) ei puolestaan havainnut eroa glukoosi- ja insuliinivasteissa erittäin hienoksi jauhetun ja tavallisen täysjyväjauhon välillä.

7.1.1.2 Hedelmät

Verrattaessa kokonaisia ja mehuksi tai soseeksi prosessoituja hedelmiä on myös havaittu edellä kuvatun kaltaisia vaikutuksia elimistön glukoosi- ja insuliinivasteissa ja kylläisyydessä (Haber ym. 1977, Bolton ym. 1981). Haber ym. (1977) havaitsivat kokonaisina syötyjen omenoiden ja Bolton ym. (1981) kokonaisina syötyjen appelsiinin ja greipin aikaansaavan suuremman kylläisyyden tuntemuksen kuin soseena syötyjen hedelmien. Soseen kylläisyysvaikutus puolestaan oli suurempi kuin mehun. Koeannokset sisälsivät saman määrän imeytyvää hiilihydraattia (60 g). Näissä tutkimuksissa mehusta oli kuitenkin poistettu kuitu, mikä teki siitä myös koostumukseltaan erilaisen. Erilainen olomuoto vaikutti myös koetuotteiden syömisnopeuteen: mehu pystyttiin nauttimaan 11 kertaa nopeammin kuin kokohedelmä ja neljä kertaa nopeammin kuin sose. Veren glukoosipitoisuus nousi samalle tasolle kaikkien annosten jälkeen. Glukoosipitoisuus laski kuitenkin huomattavan jyrkästi mehulla, vähemmän soseella ja hitaimmin kokonaisella hedelmällä. Insuliinipitoisuus nousi korkeammaksi mehulla ja soseella kuin kokonaisena syödyllä omenalla. Kuidun poistaminen mehusta ja kuiturakenteen rikkominen soseessa tekivät hedelmästä nopeammin ja helpommin syötävän ja vähensivät sen kylläisyysvaikutusta sekä muuttivat glukoosi-insuliiniaineenvaihduntaa myös painonhallinnan kannalta epäsuotuisaan suuntaan.

7.1.1.3 Vihannekset

Himaya ja Louis-Sylvestre, (1998) tutkivat kolmella tavalla vihanneksista valmistetun alkuruoan vaikutusta lounaalla ja päivällisellä nautittuun energiamäärään. Vihannekset pilkottiin 10–20 mm:n paloiksi, höyrytettiin ja tarjottiin joko (1) sellaisenaan vesilasillisen kanssa, (2) valmistettiin keitoksi vedessä keittämällä tai (3) kuten kohdassa (2), mutta keitto soseutettiin pusertamalla siivilän läpi. Kaikkien kolmella tavalla valmistetun alkuruoan tilavuus ja vesimäärä olivat samat. Näläntunne pieneni kaikilla kolmella vihannesruoalla, mutta eniten vihannespaloja sisältäneellä keitolla (2). Se vähensi energiansaantia lounaalla noin 20 % ja lihavilla koehenkilöillä vielä 6–7 tunnin kuluttua syödyllä päivälliselläkin noin 12 % verrattuna kokeeseen, jossa alkuruokaa ei syöty ollenkaan. Kuumennettujen, vesilasillisen kanssa tarjottujen vihannesten (1) ja soseutetun keiton (3) välillä ei ollut eroa energiansaannissa seuraavilla aterioilla. Syyksi sille, miksi vesilasillisen kanssa tarjotut vihannekset (1) eivät vähentäneet energiansaantia yhtä paljon kuin keitto (2), jossa oli vihannespaloja, tutkijat esittivät ravintoaineiden erilaista jakautumista kiinteän ja nesteen välillä (keittoa valmistettaessa liemeen irronnut ravintoaineita kasviksista) ja nesteen erilaista lämpötilaa.

Santangelo ym. (1998) tarjosivat kypsennetyt vihannekset kokonaisina vesilasillisen kanssa tai homogenoituna saman vesimäärän kanssa. Homogenoidut vihannekset aihe-

uttivat suuremman kylläisyyden tuntemuksen kuin kiinteänä veden kanssa tarjotut vihannekset. Lisäksi mahan tyhjentymisnopeus hidastui ja kolekystokiniinipitoisuuden huippu ilmaantui myöhemmin nautittaessa ruoka homogenoituna. Selitykseksi tutkijat esittivät kasvisten homogoinnin vapauttavan kuitua, jolloin seoksen viskositeetti kasvoi. Tämän arvellaan vähentävän mahalaukun supistelua ja siten hidastavan sen tyhjenemistä. Viskositeetin kasvaminen voi myös vähentää kiinteiden partikkelien sakkaantumista ja siten nesteen erottumista. Tämä heikentää mahalaukun kykyä tyhjentää neste ennen kiinteää ainesta, jolloin mahan tyhjeneminen kokonaisuudessaan hidastuu (Vincent ym. 1995).

Gustafsson ym. (1995a) tutkivat prosessoinnin vaikutusta porkkanan kylläisyysvaikutukseen ja aterianjälkeisiin glukoosi- ja insuliinivasteisiin. Korjuun jälkeen porkkanat huuhdeltiin, höyrykuorittiin, leikattiin paloiksi, ryöpättiin, jäädytettiin ja tarjoilua varten vielä kuumennettiin mikroaaltouunissa. Näin prosessoitua porkkanaa ja vertailuna käytettyä raakaa porkkanaa tarjoiltiin osana ateriaa. Kun porkkanat syötiin raakoina, glukoosin, insuliinin ja C-peptidin vasteet olivat merkitsevästi alhaisemmat ja kylläisyyspisteet merkitsevästi korkeammat kuin jos porkkanat syötiin mikroaaltokuumennuksen jälkeen. Selitykseksi esitettiin raan porkkanan huomattavan kova rakenne verrattuna kuumennettuun porkkanaan, mikä vaikuttaa mahalaukun tyhjenemisnopeuteen. Keitettyillä porkkanoilla tehdyssä annosvastekokeessa Gustafsson ym. (1995a) havaitsivat porkkanan määrän lisäämisen aterialla lisäävän kylläisyyttä.

Gustafsson ym. (1995b) tutkivat pinaatin rakenteen (25 x 25 mm:n paloiksi leikattu vs. 6 x 8 mm:n paloiksi hienonnettu) ja annoskoon vaikutusta [150 g (4,3 g kuitua) vs. 250 g (7,2 g kuitua)]. Ennen tarjoilua pinaatti kuumennettiin mikroaaltouunissa. Suurempi pinaattimäärä lisäsi kylläisyyttä ja laski aterianjälkeistä glukoosivastetta. Pienemmällä pinaattimäärällä ei ollut vaikutusta. Kylläisyydestä annetut arviot korreloivat positiivisesti kuidun ja veden määrän kanssa. Kahden rakenteen välillä (leikattu vs. hienonnettu) ei havaittu eroja kylläisyydessä.

7.1.1.4 Liha

French ym. (1991) tutkivat lihalajin ja partikkelikoon vaikutusta kylläisyyteen. Eri koe-kerroilla koehenkilöt söivät ennen varsinaista ateriaa keiton, jossa pastan ja lihaliemen lisäksi oli pieni- (2 mm) tai suuri- (4 mm) partikkelista naudan- tai kananlihaa. Suuri-partikkelista lihaa sisältäneen alkuruoan jälkeen koehenkilöt söivät sekä 30 minuutin että 3 tunnin kuluttua energialtaan pienemmän ruokamäärän kuin pienipartikkelista lihaa sisältäneen alkuruoan jälkeen. Lisäksi naudanlihaa sisältäneen alkuruoan jälkeen syötiin energiamäärältään vähemmän ruokaa kuin kananlihaa sisältäneen alkuruoan jäl-

keen. Sidekudoksen sitkeyden ja partikkelikoon esitettiin hidastavan mahasta poistumista ja siten pidentävän kylläisyyttä seuraavan aterian energiamäärällä mitattuna.

7.1.2 Huokoiset elintarvikkeet

Leivän suuri huokoisuus edistää sen hajoamista suussa ja mahalaukussa. Huokoisen leivän tärkkelys hajoaa jo suuvaiheessa selvästi pidemmälle kuin vähemmän huokoisen leivän (Autio ym. 2003). Yleensä pasta ja ruisleipä niellään suurina kappaleina, eikä niiden sisältämä proteiini hajoa helposti mahalaukkuvaiheessa. Vaalean vehnäleivän proteiini hajoaa helposti mahalaukussa, jolloin myös yksittäiset tärkkelysjyvät pääsevät helposti mahasta ohutsuoleen.

Orgaanisten happojen tai niiden suolojen läsnäolo tärkkelyspitoisessa ruoassa pienentää elimistön glukoosi- ja erityisesti insuliinivastetta. Mekanismi, joka vasteiden pienene-
misen aiheuttaa, on mahdollisesti mahan tyhjenemisen hidastuminen tai tärkkelystä pilkkovien entsyymien toiminnan estyminen. Orgaanisia happoja tai niiden suoloja, esimerkiksi maitohappoa, kalsiumlaktaattia, natriumpropionaattia tai etikkahappoa, voidaan lisätä tuotteisiin, kuten leipätaikinaan, tai yhdistää aterialla ruokaan. Etikka- ja maitohappo vaikuttavat voimakkaasti leivän rakenneominaisuuksiin ja on mahdollista, että leipien tiiviys vaikuttaa mahalaukun tyhjenemisnopeuteen. Etikka- ja maitohappoja muodostuu myös hapatettuja leipiä tai kasviksia valmistettaessa. Natriumpropionaattia (käytetään leipomoteollisuudessa estämään homeiden ja bakteerien kasvua) sisältävien leipien on havaittu lisäävän kylläisyyden tuntemusta enemmän kuin tavallinen leipä. Muita orgaanisia happoja tai niiden suoloja sisältävillä leivillä ei ole havaittu samaa vaikutusta. (Todesco ym. 1991, Liljeberg ym. 1995, Liljeberg ja Björck 1996)

7.1.3 Viskoosit nesteet ja kiinteät hyytelömäiset tuotteet

Joissain tutkimuksissa kiinteän ruoan on raportoitu poistavan ruokahalua paremmin kuin nestemäisen ruoan (Bolton ym. 1981, Tournier ja Louis-Sylvestre 1991, Hulshof ym. 1993), kun taas toisissa tulos on ollut päinvastainen (Kissileff ym. 1984, Kissileff 1985, Rolls ym. 1990). Tiedetään, että nestemäinen ruoka poistuu mahasta nopeammin kuin kiinteä ruoka (Read ja Houghton 1989).

Hulshof ym. (1993) tutkivat ennen varsinaista ateriaa nautitun ruoan fyysikaalisen tilan ja rasvapitoisuuden vaikutusta näläntunteeseen, kylläisyyteen ja aterialla nautittuun energiamäärään. Koehenkilöt nauttivat eri päivinä aamiaisella yhdeksän erilaista koeannosta (550 ml), jotka erosivat fyysikaaliselta tilaltaan toisistaan (neste, johanneksenleipäpuujauholla sakeutettu, gelatiinilla sakeutettu). Kutakin koetuotetta testattiin kolmella eri

energiatasolla (0,42, 1,67 ja 3,35 MJ). Energiaerot aikaansaatiiin rasvapitoisuutta muuttamalla. Rasvan määrällä ja koetuotteen fysikaalisella tilalla ei ollut vaikutusta energiainsaantiin loppupäivänä. Sakeutetut annokset kuitenkin lisäsivät kylläisyyden tuntemusta enemmän kuin nesteet. Kuitupitoinen johanneksenleipäpuulla sakeutettu annos lisäsi kylläisyyttä enemmän kuin kuiduton gelatiinilla sakeutettu annos. Runsasrasvainen annos koettiin kylläisyysvaikutukseltaan tehokkaammaksi kuin vastaava vähärasvainen annos.

Elintarvikkeet, joiden kuitupitoisuus on korkea, aikaansaavat yleensä pitkäkestoisen kylläisyyden tuntemuksen (Robinson, 2003). Geelin muodostus ja korkea viskositeetti pidentävät mahalaukun tyhjenemisaikaa. Tällaisia vaikutuksia on saatu aikaan mm. guarkumilla, pektiinillä, β -glukaanilla ja konjacmannaanilla.

7.2 Maittavuus

Ruoan maittavuudella on positiivinen vaikutus syödyn ruoan määrään. Ruokaa, josta pidetään, syödään enemmän kuin vähemmän pidettyä ruokaa. Ruoan maittavuuden on havaittu lisäävän syömistä lisäämällä erityisesti ruokahalua ja syömisnopeutta (Yeomans 1996). Hill ym. (1984) ovat todenneet, että vaikka ruoan miellyttävyyys lisäsi halua syödä, se ei vaikuttanut täyden olon tuntemukseen aterian aikana eikä sen jälkeen. Kuitenkin kaksi tuntia miellyttävän testiaterian jälkeen halu syödä ja nälän tuntemukset olivat merkittävästi suuremmat kuin vähemmän miellyttävän testiaterian jälkeen. Maullaan miellyttävämmän aterian jälkeen myös siitä saadun energian kompensoiminen seuraavilla aterioilla on vähäisempää kuin vähemmän miellyttävän aterian jälkeen (Yeomans ym. 2001). de Graaf ym. (1999) ovat puolestaan todenneet, että ruoan miellyttävyyys/maittavuus vaikuttaa kylläntymiseen (satiation) mutta ei kylläisyyteen (satiety). Maittavuuden vaikutusta kylläisyyteen on tutkittu myös muissa tutkimuksissa, tulokset ovat olleet vaihtelevia (Sorensen ym. 2003): Ruoan maittavuus on yhdistetty sekä vähentyneeseen nälkään ja suurempiin kylläisyysarvioihin, suurempaan nälkään ja alhaisempiin kylläisyysarvioihin, suurempaan nälkään ja muuttumattomiin kylläisyysarvioihin tai ruoan maittavuudella ei ole havaittu vaikutusta. Näyttää kuitenkin siltä, että ruoan maukkauden lisääntyessä syödyn ruoan määrä lisääntyy, riippumatta siitä, mikä maittavuuden vaikutus subjektiivisiin tuntemuksiin on. Ruoan maittavuuden vaikutusta kylläisyyden tuntemukseen ja syödyn ruoan määrään tarkasteltaessa on kuitenkin tärkeä huomioida, että eri ihmiset voivat ymmärtää ruoan maittavuuden eri tavoin. Osalle ihmisiä ruoan maittavuus (engl. palatability) on sama asia kuin sen miellyttävyyys (engl. pleasantness), joillekin ne ovat toisistaan erilliset ominaisuudet, jolloin ruoan maittavuus voidaan käsittää ruoan pysyvänä ominaisuutena, joka ei syömisestä aikana ruoasta kylläntymyttäessä ja ruoan miellyttävyyden vähentyessä muutu (Yeomans ja Symes 1999). Tämä voi osaltaan selittää tutkimuksissa saatuja vaihtelevia tuloksia.

Lähdeluettelo

- Ahren, B. 2003. Gut peptides and type 2 diabetes mellitus treatment. *Curr. Diab. Rep.*, 3:365–72.
- Allison, D.B., Kaprio, J., Korkeila, M., Koskenvuo, M., Neale, M.C. & Hayakawa, K. 1996. The heritability of body mass index among an international sample of monozygotic twins reared apart. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 20:501–6.
- Anderson, G.H. & Woodend, D. 2001. Effect of sucrose and safflower oil preloads on short term appetite and food intake of young men. *Appetite*, 37:185–195.
- Anderson, G.H. & Woodend, D. 2003. Effect of glycemic carbohydrates on short-term satiety and food intake. *Nutr. Rev.*, 61:S17–26.
- Arner, P. 2000. Obesity – a genetic disease of adipose tissue? *British Journal of Nutrition*, 83:S9–S16.
- Arvaniti, K., Richard, D. & Tremblay, A. 2000. Reproducibility of energy and macronutrient intake and related substrate oxidation rates in a buffet-type meal. *Br. J. Nutr.*, 83:489–495.
- Astrup, A. 2003. Dietary fat and obesity: still an important issue. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 47:50–57.
- Astrup, A., Buemann, B., Flint, A. & Raben, A. 2002. Low-fat diets and energy balance: how does the evidence stand in 2002. *Proc. Nutr. Soc.*, 61:299–309.
- Astrup, A., Ryan, L., Grunwald, G.K., Storgaard, M., Saris, W., Melanson, E. & Hill, J.O. 2000. The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta-analysis of *ad libitum* low-fat dietary intervention studies. *British Journal of Nutrition*, 83:S25–S32.
- Attele, A.S., Shi, Z.Q. & Yuan C–S. 2002. Leptin, gut and food intake. *Biochem Pharmacol.*, 63:1579–83.
- Autio, K., Liukkonen, K.-H., Juntunen, K., Katina, K., Laaksonen, D., Mykkänen, H., Niskanen, L. & Poutanen, K. 2003. Food Structure and its relation to starch digestibility and glycaemic response. *3rd International Conference of Food Rheology and Structure* (keynote lecture). (eds. Fischer, P., Marti, I. & Windhab, E.J.), 10–13. February, pp. 7–11.

Ballinger, A.B. & Clark, M.L. 1994. L-phenylalanine releases cholecystokinin (CCK) and is associated with reduced food intake in humans: evidence for a physiological role of CCK in control of eating. *Metabolism*, 43:735–8.

Barkeling, B., Rössner, S. & Björvell, H. 1990. Effect of high-protein meal (meat) and a high carbohydrate meal (vegetarian) on satiety measured by automatic computerized monitoring of subsequent food intake, motivation to eat and food preferences. *International Journal of Obesity*, 14:743–751.

Barrera, J.G., Benoit, S.C., Kelm, G.R., Scott, R.O., D'Alessio, D.A., Woods, S.C., Meller, S.T. & Seeley, R.J. 2003. Meal replacement with an ethyl oleate emulsion reduces food intake and body weight in rats (abstr.). *Appetite*, 40:316.

Barsh, G.S., Farooqi, I.S. & O'Rahilly, S. 2000. Genetics of body-weight regulation. *Nature*, 404:644–651.

Batterham, R.L., Cowley, M.A., Small, H.H., Cohen, M.A., Dakin, C.L., Wren, A.M., Brynes, A.E., Low, M.J., Ghatel, M.A., Cone, R.D. & Bloom, S.R. 2002. Gut hormone PYY₃₋₃₆ physiologically inhibits food intake. *Nature*, 418:650–654.

Behall, K.M., Scholfield, D.J. & Hallfrisch, J. The effect of particle size of whole-grain flour on plasma glucose, insulin, glucagon and thyroid-stimulating hormone in humans. *J. Am. Coll. Nutr.*, 18:591–7.

Bell, A.E. & Rolls, B.J. 2001. Energy density of foods affects energy intake across multiple levels of fat contents in lean and obese women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73:1010–1018.

Bell, S.T. & Goodrick, G.K. 2002. A functional food product for the management of weight. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42:163–178.

Bell, E.A., Roe, L.S. & Rolls, B.J. 2003. Sensory-specific satiety is affected more by volume than by energy content of a liquid food. *Physiology & Behavior*, 78:593–600.

Bell, S.J. & Sears B. 2003. Low-glycemic-load diets: impact on obesity and chronic diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43:357–377.

Bergmann, J.F., Chassany, O., Petit, A., Triki, R., Caulin, C. & Segrestaa, J.M. 1992. Correlation between echographic gastric emptying and appetite: influence of psyllium. *Gut*, 33:1042–1043.

- Berridge, K.C. 1996. Food reward: Brain substrates of wanting and liking. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 20:1–25.
- Bhathena, S.J. & Velasquez, M. 2002. Beneficial role of dietary phytoestrogens in obesity and diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76:1191–1201.
- Björck, I. & Elmståhl, H. 2000. Glykemiskt index, metabolism och mättnadsgrad. *Näringsforskning*, 44:113–117.
- Blankson, H., Stakkestad, J.A., Fagertun, H., Thom, E., Wadstein, J. & Gudmundsen, O. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J. Nutr.*, 130:2943–8.
- Blundell, J.E. & Cooling, J. 1999. High-fat and low-fat (behavioural) phenotypes: biology or environment? *Proc. Nutr. Soc.*, 58:773–777.
- Blundell, J.E. & Halford, J.C. 1994. Regulation of nutrient supply: the brain and appetite control. *Proc. Nutr. Soc.*, 53: 407–418.
- Bolton, R.P., Heaton, K.W. & Burroughs, L.F. 1981. The role of dietary fiber in satiety, glucose, and insulin: studies with fruit and fruit juice. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34:211–7.
- Bowen, J., Noakes, M., Foster, P. & Clifton, P. 2003. Influence of dairy protein and calcium in energy restricted weight loss diets (abstr.). *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27:25.
- Brand-Miller, J.C., Holt, S.H., Pawlak, D.B. & McMillan, J. 2002. Glycemic index and obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76:281S–285S.
- Bray, G.A. 2000. Afferent signals regulating food intake. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59:373–384.
- Bray, G.A., Lovejoy, J.C., Most-Windhauser, M., Smith, S.R., Volaufova, J., Denkins, Y., de Jonge, L., Roos, J., Lefevre, M., Eldridge, A.L. & Peters, J.C. 2002. A 9-mo randomized clinical trial comparing fat-substituted and fat-reduced diets in healthy obese men: the Ole Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76:928–934.
- Burns, A.A., Livingstone, M.B., Welch, R.W., Dunne, A., Robson, P.J., Lindmark, L., Reid, C.A., Mullaney, C.A. & Rowland, I.R. 2000. Short-term effects of yoghurt containing a novel fat emulsion on energy and macronutrient intakes in non-obese subjects. *International Journal of Obesity*, 24:1419–1425.

- Burns, A.A., Livingstone, M.B., Welch, R.W., Dunne, A., Reid, C.A. & Rowland, I.R. 2001. The effects of yoghurt containing a novel fat emulsion on energy and macronutrient intakes in non-overweight, overweight and obese subjects. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 25:1487–1496.
- Burns, A.A., Livingstone, M.B., Welch, R.W., Dunne, A. & Rowland, I.R. 2002. Dose-response effects of a novel fat emulsion (Olibra) on energy and macronutrient intakes up to 36 h post consumption. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 56:368–377.
- Burton-Freeman, B. 2000. Dietary fiber and energy regulation. *Journal of Nutrition*, 130:272S–275S.
- Cameron-Smith, D., Colquhoun, E., Ye, J.M., Hettiarachchi, M. & Clark, M.G. 1990. Capsaicin and dihydrocapsaicin stimulate oxygen consumption in the perfused rat hindlimb. *International Journal of Obesity*, 4:259–270.
- Cangiano, C., Ceci, F., Cascino, A., Del Ben, M., Laviano, A., Muscaritoli, M., Antonucci, F. & Rossi-Fanelli, F. 1992. Eating behavior and adherence to dietary prescriptions in obese adult subjects treated with 5-hydroxytryptophan. *Am. J. Clin. Nutr.*, 56:863–7.
- Cardello, A.V., Schutz, H.G., Leshner, L.L. & Merrill, E. 2004. Development and testing of a labeled magnitude scale of satiety. *Käsikirjoitus Appetite-lehteen*.
- de Castro, J.M. 1994. Family and friends produce greater social facilitation of food intake than other companions. *Physiology & Behavior*, 56:445–5.
- de Castro, J.M., Bellisle, F., Dalix, A-M. & Pearcey, S.M. 2000. Palatability and intake relationship in free-living humans: characterization and independence of influence in North Americans. *Physiology & Behavior*, 70:343–50.
- Cecil, J.E. 2001. Oral, gastric and intestinal influences on the control of appetite and feeding in humans. *Appetite*, 36:235–236.
- Crovetti, R., Santangelo, A., Riso, M.S. & Porrini, M. 1997. Sweet taste reactivity and satiety. *Nutr. Res.*, 17:1417–1425.
- Cummings, D.E. & Foster, K.E. 2003. Ghrelin-leptin tango in body-weight regulation. *Gastroenterology*, 124:1532–1544.

- Cummings, D.E., Purnell, J.Q., Frayo, R.S., Schmidova, K., Wisse, B.E. & Weigle, D.S. 2001. A preprandial rise in plasma ghrelin levels suggests a role in meal initiation in humans. *Diabetes*, 50:1714–9.
- Drewnowski, A. 1997a. Why do we like fat? *J. Am. Diet. Assoc.*, 97:S58–62.
- Drewnowski, A. 1997b. Taste preferences and food intake. *Ann. Rev. Nutr.*, 17:237–53.
- Drewnowski, A. 1998. Energy density, palatability, and satiety: implications for weight control. *Nutrition Reviews*, 56:347–353.
- Drewnowski, A. 1999. Intense sweeteners and energy density of foods: implications for weight control. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53, 757–763.
- Drewnowski, A. & Specter, S.E. 2004. Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79:6–16.
- Dulloo, A.G., Geissler, C.A., Horton, T., Collins, A. & Miller DS. 1989. Normal caffeine consumption: influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49:44–50.
- Dulloo, A.G., Duret, C., Rohrer, D., Girardier, L., Mensi, N., Fathi, M., Chantre, P. & Vandermander, J. 1999. Efficacy of green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70:1040–1045.
- Duncan, K.H., Bacon, J.A. & Weinsier, R.L. 1983. The effects of high and low energy density diets on satiety, energy intake, and eating time of obese and nonobese subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 37: 763–767.
- Dye, L. & Blundell, J. 2002. Functional foods: psychological and behavioural functions. *Br. J. Nutr.*, 88:S187–211.
- Eldershaw, T.P., Colquhoun, E.Q., Dora, K.A., Peng, Z.C. & Clark, M.G. 1992. Pingent principles of ginger (*Zingiber officinale*) are thermogenic in the perfused rat hindlimb. *International Journal of Obesity*, 16:755–763.
- Eldridge, A.L., Cooper, D.A. & Peters, J.C. 2002. A role for olestra in body weight management. *Obesity*, 3:17–25.

- Elliott, S.S., Keim, N.L., Stern, J.S., Teff, K. & Havel, P.J. 2002. Fructose, weight gain, and the insulin resistance syndrome. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76:911–922.
- Erlanson-Albertsson, C. & York, D. 1997. Enterostatin – a peptide regulating fat intake. *Obes. Res.*, 5:360–372.
- Ernst, M.M. & Epstein, L.H. 2002. Habituation of responding for food in humans. *Appetite*, 38:224–234.
- Farnsworth, E., Luscombe, N.D., Noakes, M., Wittert, G., Argyiou, E. & Clifton, P. 2003. Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78:31–39.
- Feinle, C., O'Donovan, D. & Horowitz, M. 2002. Carbohydrate and satiety. *Nutrition Reviews*, 60:155–169.
- Feunekes, G.I., de Graaf, C. & van Staveren, W.A. 1995. Social facilitation of food intake is mediated by meal duration. *Physiology & Behavior*, 58:551–558.
- Filozof, C. & Gonzalez, C. 2000. Predictors of weight gain. *Obes. Rev.*, 1:21–26.
- Flegal, K.M., Carrol, M.D., Ogden, C.L. & Johnson, C.L. 2002. Prevalence and trends in obesity among US adults 1999–2000. *JAMA*, 288:1723–1727.
- Flint, A., Raben, A., Blundell, J.E. & Astrup, A. 2000. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. *Int. J. Obesity*, 24:38–48.
- Fogelholm, M. 1998. Lihavuuden arviointi. Kirjassa: Fogelholm, M. ym. toim. *Lihavuus, ongelma ja hoito*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 29–38.
- French, J.A., Wainwright, C.J., Booth, D.A. & Hamilton, J. 1991. Effect of meat species and particle size on postprandial satiety. *Proceedings of the Nutrition Society*, 51:57A.
- Friedman, M.I. 1995. Control of energy intake by energy metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62:1096S–1100S.
- Friedman, J.M. 2000. Obesity in the new millennium. *Nature*, 404:632–634.
- Friedman, J.M. 2003. A war on obesity, not the obese. *Science*, 299:856–858.

- Golay, A. & Bobbioni, E. 1997. The role of dietary fat in obesity. *International Journal of Obesity*, 21:S2–S11.
- de Graaf, C., Hulshof, T., Westrate, J.A. & Jas, P. 1992. Short-term effects on different amount of proteins, fats and carbohydrates on satiety. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55:33–38.
- de Graaf, C., de Jong, L.S. & Lambers, A.C. 1999. Palatability affects satiation but not satiety. *Physiology & Behavior*, 66:681–688.
- Green, S.M. & Blundell, J.E. 1996. Subjective and objective indices of the satiating effects of foods. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 50:798–806.
- Green, S.M., Delargy, H.J., Joanes, D. & Blundell, J.E. 1997. A satiety quotient: a formulation to assess the satiating effect of food. *Appetite*, 29:291–304.
- Grigson, P.S. 2002. Like drugs for chocolate: separate rewards modulated by common mechanisms? *Physiol Behav.*, 76:389–95
- Guinard, J.X. & Brun, P. 1998. Sensory-specific satiety: comparison of taste and texture effects. *Appetite*, 31:141–157.
- Gustafsson, K., Asp, N.G., Hagander, B., Nyman, M. & Schweizer, T. 1995a. Influence of processing and cooking of carrots in mixed meals on satiety, glucose and hormonal response. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 46:3–12.
- Gustafsson, K., Asp, N.G., Hagander, B. & Nyman, M. 1995b. Satiety effects of spinach in mixed meals: comparison with other vegetables. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 46:327–334.
- Gustafsson, D.R., McMahon, D.J., Morrey, J. and Nan, R. 2001. *Appetite is not influenced by a unique milk peptide: caseinomacropptide (CMP)*. *Appetite*, 36:157–163.
- Haber, G.B., Heaton, K.W., Murphy, D. & Burroughs, L.F. 1977. Depletion and distribution of dietary fibre; effects on satiety, plasma glucose and serum insulin. *Lancet*, 2:679–682.
- Hall, W.L., Millward, D.J., Long, S. J. and Morgan, L.M. 2003. Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Br. J. Nutr.*, 89:239–248.

- Harrold, J.A., Elliott, J.C., King, P.J., Widdowson, P.S. & Williams, G. 2002. Down-regulation of cannabinoid-1 (CB-1) receptors in specific extrahypothalamic regions of rats with dietary obesity: a role for endogenous cannabinoids in driving appetite for palatable food? *Brain Res.*, 952:232–238.
- Havel, P.J. 2001. Peripheral signals conveying metabolic information to the brain: short-term and long-term regulation of food intake and energy homeostasis. *Exp. Biol. Med.*, 226:936–77.
- Heaton, K.W., Marcus, S.N., Emmet, P.M. & Bolton, C.H. 1988. Particle size of wheat, maize, and oat test meals: effects on plasma glucose and insulin responses and the rate of starch digestion in vitro. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47:675–682.
- Henry, C.J. & Emery, B. 1986. Effect of spiced food on metabolic rate. *Human Clinical Nutrition*, 40C:165–168.
- Hetherington, M.M., Cameron, F., Wallis, D.J. & Pirie, L.M. 2001. Stimulation of appetite by alcohol. *Physiology & Behavior*, 74:283–289.
- Hetherington, M.M., Pirie, L.M. & Nabb, S. 2002. Stimulus satiation: effects of repeated exposure to foods on pleasantness and intake. *Appetite*, 38:19–28.
- Hill, A.J, Magson, L.D. & Blundell, J.E. 1984. Hunger and palatability: tracking ratings of subjective experience before, during and after the consumption of preferred and less preferred food. *Appetite*, 5:361–371
- Hill, J.O. & Peters, J.C. 1998. Environmental contributions to the obesity epidemic. *Science*, 280:1371–1374.
- Hill, J.O., Wyatt, H.R., Reed, G.W. & Peters, J.C. 2003. Obesity and the environment: Where do we go from here? *Science*, 299:853–855.
- Himaya, A., Fantino, M., Antoine, J.M., Brondel, L. & Louis-Sylvestre, J. 1997. Satiety power of dietary fat: a new appraisal. *Am. J. Clin. Nutr.*, 65:1410–1418.
- Himaya, A. & Louis-Sylvestre, J. 1998. The effect of soup on satiation. *Appetite*, 30:199–210.
- Holt, S.H. 1998. A satiety index of foods – A practical tool for nutrition education. *Proceeding of the Nutrition Society of New Zealand*, 23:19–24.

- Holt, S.H. & Brand-Miller, J. 1994. Particle size, satiety and glycaemic response. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 48:496–502.
- Holt, S.H. & Brand-Miller, J. 1995. Increased insulin responses to ingested foods are associated with less satiety. *Appetite*, 24:43–54.
- Holt, S.H., Brand-Miller, J.C., Petocz, P. & Farmakalidis, E. 1995. A satiety index of common foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49:675–690.
- Holt, S.H., Brand-Miller, J.C. & Petocz, P. 1996. Interrelationships among postprandial satiety, glucose and insulin responses and changes in subsequent food intake. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 50:788–797.
- Holt, S.H., Delargy, H.J., Lawton, C.L. & Blundell, J.E. 1999. The effects of high-carbohydrate vs high-fat breakfast on feelings of fullness and alertness and subsequent food intake. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50:13–28.
- Holt, S.H., Brand-Miller, J.C. & Stitt, P.A. 2001. The effects of equal-energy portions of different breads on blood glucose levels, feelings of fullness and subsequent food intake. *J. Am. Diet. Ass.* , 101:767–773.
- Howarth, N.C., Saltzman, E. & Roberts, S. 2001. Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews*, 59:129–139.
- Hulshof, T., de Graaf, C. & Weststrate, J.A. 1993. The effects of preloads varying in physical state and fat content on satiety and energy intake. *Appetite*, 21:273–86.
- Jenkins, D.J., Wesson, V., Wolever, T.M., Jenkins, A.L., Kalmusky, J., Guidici, S., Csima, A., Josse, R.G. & Wong, G.S. 1988. Wholemeal versus wholegrain breads: proportion of whole or cracked grain and the glycaemic response. *BMJ*, 15:958–60.
- Johnson, J. & Vickers, Z. 1992. Factors influencing sensory-specific satiety. *Appetite*, 19:15–31.
- Johnson, J. & Vickers, Z. 1993. Effects of flavor and macronutrient composition of food servings on liking, hunger and subsequent intake. *Appetite*, 21:25–39.
- Johnstone, A.M., Stubbs, R.J. & Harbron, C.G. 1996. Effect of overfeeding macronutrients on day-to-day intake in man. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50:418–430.

- Juhel, C., Armand, M., Pafumi, Y., Rosier, C., Vandermander, J. & Lairon, D. 2000. Green tea extract (AR24®) inhibits lipolysis of triglycerides in gastric and duodenal medium in vitro. *J. Nutr. Biochem*, 11:45–51.
- Kamphuis, M.M., Mela, D.J. & Westerterp-Plantenga, S. 2003a. Diacylglycerols affect substrate oxidation and appetite in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77:1133–1139.
- Kamphuis, M.M., Lejeune, M.P., Saris, W.H. and Westerterp-Plantenga, M.S. 2003b. The effect of conjugated linoleic acid supplementation after weight loss on body weight regain, body composition, and resting metabolic rate in overweight subjects. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord*, 27:840–7.
- Kautiainen, S., Rimpelä, A., Vikat, A. & Virtanen, S.M. 2002. Secular trends in overweight and obesity among Finnish adolescents in 1977–1999. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord*, 26:544–52.
- Kawada, T., Watanabe, T., Takaishi, T., Tanaka, T., & Iwai, K. 1986. Capsaicin-induced beta-adrenergic action on energy metabolism in rats: influence on oxygen consumption, respiratory quotient, and substrate utilization. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 183:250–256.
- Kawada, T., Sakabe, S.I., Aoki, N., Watanabe, T., Higeta, K., Iwai, K. & Sugimoto, E. 1991. Intake of sweeteners and pungent ingredients increases the thermogenin content in brown adipose tissue of rat. *J. Agric. Food Chem.*, 39:651–654.
- King, N.A, Craig, S.A., Pepper, T. & Blundell, J.E. 2003. The independent and combined effects of two specialty carbohydrates consumed as a snack on hunger and food intake. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord*, 27:S53.
- Kissileff, H.R. 1985. Effects of physical state (liquid-solid) of foods on food intake: procedural and substantive contributions. *American Journal of Clinical Nutrition*, 42:956–965.
- Kissileff, H.R., Gruss, L.P, Thornton, J. & Jordan, H. 1984. The satiating efficiency of foods. *Physiology & Behavior*, 32:319–332.
- Kopelman, P.G. 2000. Obesity as a medical problem. *Nature*, 404:635–643.

Koutsari, C., Karpe, F., Humphreys, S.M., Frayn, K.N. & Hardman, A.E. 2003. Plasma leptin is influenced by diet composition and exercise. *Int J Obes Relat Metab Disord.*, 27:901–6.

Kovacs, E.M., Westerterp-Plantenga, M.S., de Vries, M., Brouns, F. & Saris, W.H.. 2001. Effects of 2-week ingestion of (–)-hydroxycitrate and (–)-hydroxycitrate combined with medium-chain triglycerides on satiety and food intake. *Physiology & Behavior*, 74:543–549.

Laboure, H., Saux, S. & Nicolaidis, S. 2001. Effects of food texture change on metabolic parameters: short- and long-term feeding patterns and body weight. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 280:R780–9.

Lang, V., Bellisle, F., Oppert, J.M., Craplet, C., Bornet, F.R., Slama, G. and Guy-Grand, B. 1998. Satiating effect of proteins in healthy subjects: a comparison of egg albumin, casein, gelatin, soy protein, pea protein, and wheat gluten. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67:1197–1204.

Lang, V., Bellisle, F., Alamowitch, C., Craplet, C., Bornet, F.R., Slama, G. & Guy-Grand, B. 1999. Varying the protein source in mixed meal modifies glucose, insulin and glucagon kinetics in healthy men, has weak effects on subjective satiety and fails to affect food intake. *Eur J Clin Nutr*, 53:959–65.

Latner, J.D. 2003. Macronutrient effects on satiety and binge eating in bulimia nervosa and binge eating disorder. *Appetite*, 40:309–311.

Lavin, J.H., French, S.J. & Read, N.W. 1997. The effect of sucrose- and aspartame-sweetened drinks on energy intake, hunger and food choice of female, moderately restrained eaters. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 21:37–42.

Lawton, C.L., Burley, V.J., Wales, J.K. & Blundell, J.E. 1993. Dietary fat and appetite control in obese subjects: weak effects on satiation and satiety. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 17:409–16.

Lawton, C.L., Delargy, H.J., Brockman, J., Smith, F.C. & Blundell, J.E. 2000. The degree of saturation of fatty acids influences post-ingestive satiety. *British Journal of Nutrition*, 83:473–482.

LeBlanc, J. & Labrie, A. 1997. A possible role for palatability of the food in diet-induced thermogenesis. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 21:1100–1103.

Leibowitz, S.F. & Alexander, J.T. 1998. Hypothalamic serotonin in control of eating behavior, meal size, and body weight. *Biol. Psychiatry*, 44:851–864.

Lejeune, M.P., Kovacs, E.M. & Westerterp-Plantenga, M.S. 2003. Additional protein intake limits weight regain after weight loss in humans (abstr.). *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 27:S25.

Levine, A.S. & Billington, C.J. 1997. Why do we eat? A neural systems approach. *Ann. Rev. Nutr.*, 17:597–619.

Liljeberg, H., Lönner, C. & Björck, I. 1995. Sourdough fermentation or addition of organic acids or corresponding salts to bread improves nutritional properties of starch in healthy humans. *J. Nutr.*, 125(6):1503–11.

Liljeberg, H. & Björck, I. 1996. Delayed gastric emptying rate as a potential mechanism for lowered glycemia after eating sourdough bread: studies in humans and rats using test products with added organic acids or an organic salt. *Am. J. Clin. Nutr.*, 64:886–93.

Liljeberg, H., Åkerberg, A. & Björck, I. 1999. Effect of the glycemic index and content of indigestible carbohydrates of cereal-based breakfast meals on glucose tolerance at lunch in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69:647–55.

Livingstone, M.B., Robson, P.J., Welch, R.W., Burns, A.A., Burrows, M.S. & McCormack, C. 2000. Methodological issues in the assessment of satiety. *Scandinavian Journal of Nutrition / Näringsforskning*, 44:98–103.

Liu, S., Willett, W.C., Manson, J.E., Hu, F.B., Rosner, B. & Colditz, G. 2003. Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78:920–927.

Long, S.J., Jeffcoat, A.R. & Millward, D.J. 2000. Effect of habitual dietary-protein intake on appetite and satiety. *Appetite*, 35:79–88.

Ludwig, D.S. 2000. Dietary glycemic index and obesity. *Journal of Nutrition*, 130:280S–283S.

Ludwig, D.S., Peterson, K.E. & Gortmaker, S.L. 2001. Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observational analysis. *Lancet*, 357:505–8.

- Macdonald, H.M., New, S.A., Campbell, M.K. & Reid, D.M. 2003. Longitudinal changes in weight in perimenopausal and early menopausal women: effects of dietary intake, energy expenditure, dietary calcium intake and hormone replacement therapy. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 27:669–676.
- Maes, H.H., Neale, M.C. & Eaves, L.J. 1997. Genetic and environmental factors in relative body weight and human adiposity. *Behav. Genet.*, 27:325–351.
- Marmonier, C., Chapelot, D. & Louis-Sylvestre, J. 2000. Effect of macronutrient content and energy density of snacks consumed in a satiety state on the onset of the next meal. *Appetite*, 34:161–168.
- Mattes, R. 1990. Hunger ratings are not a valid proxy measure of reported food intake in humans. *Appetite*, 15:103–113.
- Mattes, R.D. 1996. Dietary compensation by humans for supplemental energy provided as ethanol or carbohydrate in fluids. *Physiol Behav.*, 59:179–187.
- Mattes, R.D. & Bormann, L. 2000. Effects of (–)-hydroxycitric acid on appetitive variables. *Physiology & Behavior*, 71:87–94.
- Matthiessen, J., Fagt, S., Biltoft-Jensen, A., Beck, A.M. & Ovesen L. 2003. Size makes a difference. *Public Health Nutr.*, 6:65–72.
- McMinn, J.E., Baskin, D.G. & Schwartz, M.W. 2000. Neuroendocrine mechanisms regulating food intake and body weight. *Obes. Rev.*, 1:37–46.
- Meiselman, H.L., Johnson, J.L., Reeve, W. & Crouch, J.E. 2000. Demonstrations of the influence of the eating environment on food acceptance. *Appetite*, 35:231–237.
- Mela, D.J. 1996. Implications of fat replacement for food choice and energy balance. *Chemistry & Industry*, 6:328–332.
- Merrill, E.P., Kramer, F.M., Cardello, A. & Schutz, H. 2002. A comparison of satiety measures. *Appetite*, 39:181–183.
- Merrill, E.P., Cardello, A., Kramer, F.M., Leshner, L.L., Schutz, H. & Kinchla, M. 2003. The development of a satiety index for military rations. *Proceedings of the 5th Pangborn Sensory Science Symposium*, July 20–24, 2003, Boston, USA.

- Mikkelsen, P.B., Toubro, S. & Astrup, A. 2000. Effect of fat-reduced diets on 24-h energy expenditure: comparisons between animal protein, vegetable protein, and carbohydrate. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72:1135–1141.
- Miller, J.C. & Lobbezoo, I. 1994. Replacing starch with sucrose in a high glycaemic index breakfast cereal lowers glycaemic and insulin responses. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 48:749–752.
- Moran, T.H. 2000. Cholecystokinin and satiety: current perspectives. *Nutrition*, 16:858–865.
- Mougiou, V., Matsakas, A., Petridou, A., Ring, S., Sagredos, A., Melissopoulou, A., Tsigilis, N. & Nikolaidis, M. 2001. Effect of supplementation with conjugated linoleic acid on human serum lipids and body fat. *J. Nutr. Biochem.*, 12:585–594.
- Mourot, J., Thouvenot, P., Couet, C., Antoine, J.M., Krobicka, A. & Debry, G. 1988. Relationship between the rate of gastric emptying and glucose and insulin responses to starchy foods in young healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 48:1035–1040.
- Murdolo, G., Lucidi, P., Loreto, C.D., Parlanti, N., de Cicco, A., Fatone, C., Fanelli, C.G., Bolli, G.B., Santeusano, F. & Feo, P. 2003. Insulin is required for prandial ghrelin suppression in humans. *Diabetes*, 52:2923–2927.
- Myers, M.D. & Epstein, L.H. 1997. The effect of dietary fat on salivary habituation and satiation. *Physiology & Behavior*, 62:155–161.
- Nagao, T., Watanabe, H., Goto, N., Onizawa, K., Taguchi, H., Matsuo, N., Yasukawa, T., Tsushima, R., Shimasaki, H. & Itakura, H. 2000. Dietary diacylglycerol suppresses accumulation of body fat compared to triacylglycerol in men in a double-blind controlled trial. *J. Nutr.*, 130:792–797.
- Papamandjaris, A.A., White, M.D., Raeini-Sarjaz, M. & Jones, P.J. 2000. Endogenous fat oxidation during medium chain versus long chain triglyceride feeding in healthy women. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 4:1158–1166.
- Parikh, S.J. & Yanovski, J.A. 2003. Calcium intake and adiposity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 77:281–287.
- Pasman, W.J., Blokdijk, V.M., Bertina, F.M., Hopman, W.P. & Hendriks, H.F. 2003. Effect of two breakfasts, different in carbohydrate composition, on hunger and satiety and mood in healthy men. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 27:663–668.

Pekurinen, M., Pokka-Vuento, M., Salo, H. & Idänpää-Heikkilä, U. 2000. Lihavuus ja terveystennot Suomessa 1997. *Suomen lääkirilehti*, 55:11–16.

Pinkey, J. & Williams, G. 2002. Ghrelin gets hungry. *Lancet*, 359:1360–1361.

Pi-Sunyer, X.F. 2002. The obesity epidemic: Pathophysiology and consequences of obesity. *Obes. Res.*, 10:S97–S104.

Pittler, M.H., Stevinson, C. & Ernst, E. 2003. Chromium picolinate for reducing body weight: meta-analysis of randomized trials. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27:522–9.

Pliner, P. Bell, R., Kinchla, M. & Hirsch, E.S. 2003. Time to eat?: The impact of time and social facilitation on food intake. *Proceedings of the 5th Pangborn Sensory Science Symposium*, July 20–24, 2003, Boston, USA.

Poppitt, S.D. & Prentice, A.M. 1996. Energy density and its role in the control of food intake: evidence from metabolic and community studies. *Appetite*, 26:154–174.

Poppitt, S.D., McCormack, D. & Buffenstein, R. 1998. Short-term effects of macronutrient preloads on appetite and energy intake in lean women. *Physiology & Behavior*, 64:279–285.

Porrini, M., Crovetto, R. & Testolin, G. 1995. Evaluation of satiety sensations and food intake after different preloads. *Appetite*, 25:17–30.

Prentice, A.M. & Poppitt, S.D. 1996. Importance of energy density and macronutrients in the regulation of energy intake. *International Journal of Obesity*, 20:S18–S23.

Raben, A., Tagliabue, A., Christensen, N.J., Madsen, J., Holst, J.J. & Astrup, A. 1994. Resistant starch: the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. *American Journal of Clinical Nutrition*, 60:544–551.

Raben, A., Andersen, K., Karberg, M.A., Holst, H.H. & Astrup, A. 1997. Acetylation of or beta-cyclodextrin addition to potato beneficial effect on glucose metabolism and appetite sensations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66:304–314.

Raben, A. 2002. Should obese patients be counselled to follow a low-glycaemic index diet? *Obes Rev*, 3:245–256.

Raben, A., Vasilaras, T.J., Moller, A.C. & Astrup, A. 2002. Sucrose compared with artificial sweeteners: different effects on ad libitum food intake and body weight after

10 wk of supplementation in overweight subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76:721–729.

Raben, A., Agerholm-Larsen, L., Flint, A., Holst, J.J. & Astrup, A. 2003. Meals with similar energy densities but rich in protein, fat, carbohydrate, or alcohol have different effects on energy expenditure and substrate metabolism but not on appetite and energy intake. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77:91–100.

Ravussin, E. & Bogardus, C. 2000. Energy balance and weight regulation: genetics versus environment. *Br. J. Nutr.*, 83:S17–S18.

Raynor, H.A. & Epstein, L.H. 2000. Effects of sensory stimulation and post-ingestive consequences on satiation. *Physiol. Behav.*, 70:465–470.

Read, N.W. & Houghton, L.A. 1989. Physiology of gastric emptying and pathophysiology of gastroparesis. *Gastroenterol. Clin. North Am.*, 18:359–373.

Read, N., French, S. & Cunningham, K. 1994. The role of the gut in regulating food intake in man. *Nutr. Rev.*, 52:1–10.

Reid, M. & Hetherington, M. 1997. Relative effects of carbohydrates and protein on satiety – a review of methodology. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 21:295–308.

Reunanen, A., Kattainen, A., Knekt, T., Marniemi, J. & Sundvall, J. ja verenkiertoelinsairauksien työryhmä. 2002. Terveys ja toimintakyky Suomessa, *Terveys 2000 - tutkimuksen perustulokset*. <http://www.ktl.fi/terveys2000/perusraportti/5.html>

Roberts, S.B. 2000. High-glycemic index foods, hunger and obesity: Is there a connection? *Nutrition Reviews*, 58:163–169.

Robinson, T. 2003. Dietary hydrocolloid fibre and satiety. In: *The Twelfth Gums and Stabilisers for the Food Industry Conference*, 24–27 June 2003, Wrexham, 55.

Rolls, B.J. 2000. The role of energy density in the overconsumption of fat. *Journal of Nutrition*, 130:268S–271S.

Rolls, B.J., Rowe, E.A., Rolls, E.T., Kingston, B., Megson, A. & Gunary, R. 1981a. Variety in a meal enhances food intake in man. *Physiology & Behavior*, 26:215–221.

Rolls, B.J., Rolls, E.T., Rowe, E.A. & Sweeney, K. 1981b. Sensory specific satiety in man. *Physiology & Behavior*, 27:137–142.

- Rolls, B.J., Kim, S., McNelis, A.L., Fisch, M.W., Foltin R.W. & Moran, T.H. 1991. Time course of effects of preloads high in fat or carbohydrate on food intake and hunger ratings in humans. *American Journal of Physiology*, 260:R756–763.
- Rolls, B.J., Castellanos, V.H., Halford, J.C., Kilara, A., Panyam, D., Pelkman, C.L., Smith, G.P. & Thorwart, M.L. 1998. Volume of food consumed affects satiety in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67:1170–1177.
- Rolls, B.J., Bell, E.A. & Waugh, B.A. 2000. Increasing the volume of a food by incorporating air affects satiety in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72:361–368.
- Rolls, B.J., Morris, E.L. & Roe, L.S. 2002. Portion size of food affects energy intake in normal-weight and overweight men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76:1207–1213.
- Romon, M., Lebel, P., Velly, C., Marecaux, N., Fruchart, J.C. & Dallongeville, J. 1999. Leptin response to carbohydrate or fat meal and association with subsequent satiety and energy intake. *Am. J. Physiol.*, 277:E855–861.
- Roy, H.J, Most, M.M., Sparti, A., Lovejoy, J.C., Volaufova, J., Peters, J.C. & Bray, G.A. 2002. Effect on body weight of replacing dietary fat with olestra for two to ten weeks in healthy men and women. *Journal of the American College of Nutrition*, 21:259–267.
- Rozin, P. 1996. The socio-cultural context of eating and food choice. Teoksessa: Food choice acceptance and consumption. Toim. H.L. Meiselman & H.I.H. MacFie, *Blackie Academic & Professional, London*.
- Rumpler, W., Seale, J., Clevidence, B., Judd, J., Wiley, E., Komatsu, Y.S., Sawaki, T., Ishikura, Y. & Hosoda, K. 2001. Oolong tea increases metabolic rate and fat oxidation in men. *Journal of Nutrition*, 131:2848–2852.
- Sakurai, T. 2003. Orexin: a link between energy homeostasis and adaptive behaviour. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 6:353–60.
- Santangelo, A., Peracchi, M., Conte, D., Fraquelli, M. & Porrini, M. 1998. Physical state of meal affects gastric emptying, cholecystokinin release and satiety. *British Journal of Nutrition*, 80:521–527.
- Saris, W.H.M. 2003. Sugars, energy metabolism, and body weight control. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78:850S–857S.

- Sarlio-Lähteenkorva, S. & Lahelma, E. 1999. The association of body mass index with social and economic disadvantage in women and men. *Int. J. Epidemiol.*, 28:445–449.
- Sawaya, A.L., Fuss, P.J., Dallal, G.E., Tsay, R., McCrory, M.A., Young, V. & Roberts, S.B. 2001. Meal palatability, substrate oxidation and blood glucose in young and older men. *Physiology & Behavior*, 72:5–12.
- Schwartz, M.W. & Morton, G.J. 2002. Keeping hunger at bay. *Nature*, 418:595–597.
- Schwartz, M.W., Woods, S.C., Porte Jr, D., Seeley, R.J. & Baskin, D.G. 2000. Central nervous system control of food intake. *Nature*, 404:661–671.
- Sipols, A.J, Bayer, J., Bennett, R. & Figlewicz, D.P. 2002. Intraventricular insulin decreases kappa opioid-mediated sucrose intake in rats. *Peptides*, 23:2181–2187.
- Skov, A.R., Toubro, S., Rønn, B., Holm, L. & Astrup, A. 1999. Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 23:528–536.
- Sorensen, L.B., Moller, P., Flint, A., Martens, M. & Raben, A. 2003. Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27:1152–1166.
- Stubbs, R.J., Ritz, P., Coward, W.A. & Prentice, A.M. 1995. Covert manipulation of the ratio of dietary fat to carbohydrate and energy density: effect on food intake and energy balance in free-living men eating ad libitum. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62:330–337.
- Stubbs, R.J., van Wyk, M.C., Johnstone, A.M. & Harbron, C.G. 1996. Breakfast high in protein, fat or carbohydrate: effect on within-day appetite and energy balance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50:409–417.
- Stubbs, R.J., Hughes, D.A., Johnstone, A.M., Rowley, E., Reid, C., Elia, M., Stratton, R., Delargy, H., King, N. & Blundell, J.E. 2000. The use of visual analogue scales to assess motivation to eat in human subjects: a review of their reliability and validity with an evaluation of new hand-held computerized systems for temporal tracking of appetite ratings. *Br. J. Nutr.*, 84:405–415.
- Stubbs, J., Ferres, S. & Horgan, G. 2000. Energy density of foods: effects on energy intake. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 40:481–515.

Stubbs, R.J. 2001. The effect of ingesting Olestra-based foods on feeding behaviour and energy balance in humans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41:363–386.

St-Onge, M.P., Bourque, C., Jones, P.J., Ross, R. & Parsons, W.E. 2003. Medium versus longchain triglycerides for 27 days increases fat oxidation and energy expenditure without resulting in changes in body composition in overweight women. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27:95–102.

Suomen lihavuustutkijat ry:n asettama työryhmä. 2002. Aikuisten lihavuus. *Duodecim*, 118:1075–1088.

Swithers, S.E. 1996. Effects of oral experience on rewarding properties of oral stimulation. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 20:27–32.

Todesco, T., Rao, A.V., Bosello, O. & Jenkins, D.J. 1991. Propionate lowers blood glucose and alters lipid metabolism in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54:860–865.

Tournier, A. & Louis-Sylvestre, J. 1991. Effect of physical state of a food on subsequent intake in human subjects. *Appetite*, 16:17–24.

Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H. & Osawa, T. 2003. Dietary cyaniding 3-O- β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J. Nutr.*, 133:2125–2130.

Turconi, G., Bazzano, R., Caramella, R., Porrini, M., Crovetto, R. & Lanzola, E. 1995. The effects of high intakes of fibre ingested at breakfast on satiety. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 49:281–285.

Turnbull, W.H., Walton, J. & Leeds, A.R. 1993. Acute effects of mycoprotein on subsequent energy intake and appetite variables. *American Journal of Clinical Nutrition*, 58:507–512.

Uhe, A.M., Collier, G.R. & O’Dea, K. 1992. A comparison of the effects of beef, chicken and fish protein on satiety and amino acid profiles in lean male subjects. *Journal of Nutrition*, 467–272.

Uusitupa, M. 1999. Syömisen säätely. Kirjassa: Aro, A. ym. toim. *Ravitsemustiede. Duodecim*, s. 357–359.

Valve, R., Heikkinen, S., Rissanen, A., Laakso, M. & Uusitupa, M. 1998. Synergistic effect of polymorphism in uncoupling protein 1 and β_3 -adrenergic receptor genes on basal metabolic rate in obese Finns. *Diabetologia*, 41:357–361.

van Dewater, K. & Vickers, Z. 1996. Higher-protein foods produce greater sensory-specific satiety. *Physiology & Behavior*, 59:579–583.

Verdich, C., Toubro, S., Buemann, B., Lysgard-Madsen, J., Juul-Holst, J. & Astrup, A. 2001. The role of postprandial releases of insulin and incretin hormones in meal-induced satiety – effect of obesity and weight reduction. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 25:1206–14.

Vincent, R., Roberts, A., Perkins, A.C., MacDonald, I.A. & Spiller, R.C. 1995. Effect of bran particle size on gastric emptying and small bowel transit in human: a scintigraphic study. *Gut*, 37:216–219.

Vogels, N., Nijs, I. & Westerterp-Plantenga, M.S. 2003. Grape seed extract affects energy intake in humans. *Appetite*, 40:365.

Vozzo, R., Wittert, G., Cocchiaro, C., Tan, W.C., Mudge, J., Fraser, R. & Chapman, I. 2003. Similar effects of foods high in protein, carbohydrate and fat on subsequent spontaneous food intake in healthy individuals. *Appetite*, 40:101–7.

Wahlqvist, M.L., Wilmshurst, E.G. & Richardson, E.N. 1978. The effect of chain length on glucose absorption and the related metabolic response. *American Journal of Clinical Nutrition*, 31:1998–2001.

Weber, J.L., Reid, P.M., Greaves, K.A., DeLany, J.P., Stanford, V.A., Going, S.B., Howell, W.H. & Houtkooper, L.B. 2001. Validity of self-reported energy intake in lean and obese young woman, using two nutrient databases, compared with total energy expenditure assessed by doubly labeled water. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 55:940–950.

Weingarten, H.P. & Gowans, S.E. 1991. Sensory control of eating: the meal as a stream of sensations. In: Doty, R.L., Bartoshuk, L.M., Snow, J.B. Jr, eds. *Smell and taste in health and disease*. New York: Raven Press, 381–389.

Westerterp-Plantenga, M., Lejeune, M., Nijs, I., Ooijen, M. & Kovacs, E. 2003. High protein intake supports weight maintenance after body weight loss in humans. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 27:S126.

- Whigham, L.D., Cook, M.E. & Atkinson, R.L. 2000. Conjugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacological Research*, 42:503–510.
- Wilding, J.P. 2002. Neuropeptides and appetite control. *Diabet. Med.*, 19:619–627.
- Woodend, D.M. & Anderson, G.H. 2001. Effect of sucrose and safflower oil preloads on short term appetite and food intake of young men. *Appetite*, 37:185–95.
- Yao, M. & Roberts, S.B. 2001. Dietary energy density and weight regulation. *Nutrition Reviews*, 59:247–258.
- Yeomans, M.R. 1996. Palatability and the micro-structure of feeding in humans: the appetizer effect. *Appetite*, 27:119-33.
- Yeomans, M.R. & Symes, T. 1999. Individual differences in the use of pleasantness and palatability ratings. *Appetite*, 32:383-94.
- Yeomans, M.R., Lee, M.D., Gray, R.W. & French, S.J. 2001. Effects of test-meal palatability on compensatory eating following disguised fat and carbohydrate preloads. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 25:1215–1224.
- Yeomans, M.R., Tovey, H.M., Tinley, E.M. & Haynes, C.J. 2004. Effects of manipulated palatability on appetite depend on restraint and disinhibition scores from the Three-factor Eating Questionnaire. *International Journal of Obesity And Related Metabolic Disorders*, 28:144–151.
- Yoshioka, M., St-Pierre, S., Suzuki, M. & Tremblay, A. 1998. Effects of red pepper added to high-fat and high-carbohydrate meals on energy metabolism and substrate utilization in Japanese women. *British Journal of Nutrition*, 80:503–510.
- Zandstra, E.H., de Graaf, C., van Trijp, H.C. & van Staveren, W.A. 1999. Laboratory hedonic ratings as predictors of consumption. *Food Quality and Preference*, 10:411–418

Tekijä(t) Liukkonen Kirsi-Helena, Kauppinen Sanna, Karppinen Sirpa, Karhunen Leila, Autio Karin & Lähteenmäki Liisa			
Nimeke Elintarvikkeet, kylläisyys ja painonhallinta Kirjallisuustutkimus			
Tiivistelmä Lihavuudesta on tulossa maailmanlaajuisesti yhä merkittävämpi terveysongelma. Se lisää monien kroonisten sairauksien (mm. tyypin 2 diabetes, verenpainetauti) esiintyvyyttä ja siten myös terveydenhuollon kustannuksia. Kehon painoon vaikuttavat niin geneettiset, ympäristö- kuin psykososiaaliset tekijät. Viime kädessä lihominen johtuu liiallisesta energiansaannista verrattuna energiankulutukseen. Elintarvikkeilla on lihavuuden kehittymisessä keskeinen rooli. Uutta tutkimustietoa aihealueelta julkaistaan jatkuvasti. Tässä kirjallisuuskatsauksessa käsitellään tämänhetkisen tiedon valossa lihavuuden syntyyn vaikuttavia tekijöitä, ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätelyä, kylläisyyden tuntemuksen mittausmenetelmiä sekä annoskoon, energiatihedden ja muiden elintarvikkeen ominaisuuksien merkitystä kylläisyyden tuntemuksen ja painon säätelyssä.			
Avainsanat bioactive compounds, energy balance, energy density, food, food structure, glycemic index, grelin, insulin, leptin, macronutrients, obesity, palatability, satiation, satiety, satiety index, visual analogue scale			
Toimintayksikkö VTT Biotekniikka, Tietotie 2, PL 1500, 02044 VTT			
ISBN 951-38-6218-6 (nid.) 951-38-6219-4 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)			Projektinumero
Julkaisuaika Maaliskuu 2004	Kieli suomi	Sivuja 91 s.	Hinta
Projektin nimi Elintarvikkeet, kylläisyys ja painonhallinta		Toimeksiantaja(t)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2234
VTT-TIED-2234

Author(s) Liukkonen Kirsi-Helena, Kauppinen Sanna, Karppinen Sirpa, Karhunen Leila, Autio Karin & Lahteenmaki Liisa			
Title Food, satiety and weight control			
Abstract <p>Obesity is becoming an increasing health problem worldwide. Obesity is related to a number of chronic diseases such as type 2 diabetes and elevated blood pressure and thus, elevating the costs of health care. Body weight is determined by a complex interaction of genetic, environmental and psychosocial factors. Obesity results when energy intake exceeds energy expenditure.</p> <p>Food has an important role in the development of obesity. New research data on the area is been published continuously. Based on the current knowledge, this literature review considers the mechanisms contributing to the development of obesity, regulation of food intake and energy metabolism, methods for measuring hunger and satiety, and the role of portion size, energy density and other food characteristics in the regulation of satiety sensations and body weight.</p>			
Keywords bioactive compounds, energy balance, energy density, food, food structure, glycemic index, grelin, insulin, leptin, macronutrients, obesity, palatability, satiation, satiety, satiety index, visual analogue scale			
Activity unit VTT Biotechnology, Tietotie 2, P.O.Box 1501, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-6218-6 (soft back ed.) 951-38-6219-4 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)		Project number	
Date March 2004	Language Finnish	Pages 91 p.	Price
Name of project Food, satiety and weight control		Commissioned by	
Series title and ISSN VTT Publications 1235-0621 (soft back ed.) 1455-0849 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

Elintarvikkeilla on lihavuuden kehittymisessä keskeinen rooli. Uutta tutkimustietoa aihealueelta julkaistaan jatkuvasti. Tässä kirjallisuuskatsauksessa käsitellään tämänhetkisen tiedon valossa lihavuuden syntyyn vaikuttavia tekijöitä, ravinnonoton ja energia-aineenvaihdunnan säätelyä, kylläisyyden tuntemuksen mittaamenetelmiä sekä annoskoon, energiatihyden ja muiden elintarvikkeen ominaisuuksien merkitystä kylläisyyden tuntemuksen ja painon säätelyssä.

Tätä julkaisua myy
VTT TIETOPALVELU
PL 2000
02044 VTT
Puh. (09) 456 4404
Faksi (09) 456 4374

Denna publikation säljs av
VTT INFORMATIONSTJÄNST
PB 2000
02044 VTT
Tel. (09) 456 4404
Fax (09) 456 4374

This publication is available from
VTT INFORMATION SERVICE
P.O.Box 2000
FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 9 456 4404
Fax + 358 9 456 4374
