

Molekyyligastronomia opetuksessa:
Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen
kokeellisuuden avulla

Helsingin yliopisto
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Kemian laitos
Kemian opettajankoulutusyksikkö
Pro gradu -tutkielma
Riikka Ahvenniemi
24.11.2009

Ohjaaja: Maija Aksela

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos Institution – Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Kemian laitos	
Tekijä Författare – Author			
Riikka Ahvenniemi			
Työn nimi Arbetets titel – Title			
Molekyyliogastronomia opetuksessa: Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen kokeellisuuden avulla			
Oppiaine Läroämne – Subject			
Kemian opetus			
Työn laji Arbetets art – Level	Aika Datum – Month and year	Sivumäärä Sidoantal – Number of pages	
Pro gradu –tutkielma	24.11.2009	52 + 26	
Tiivistelmä Referat – Abstract			
<p>Molekyyliogastronomia on uusi tieteenala, joka tarkastelee ruuanvalmistuksen taustalla olevia kemiallisia ja fysikaalisia ilmiöitä. Nykyinen lukion kemian opetussuunnitelman perusteet korostaa kemian opetuksen merkitystä osana monipuolista yleissivistystä sekä kemian yhteyttä jokapäiväisen arkielämän ymmärtämisessä. Molekyyliogastronomian avulla voidaan kemian opetuksessa lähestyä kemiaa tavalla, jolla pyritään pois ulkoopettelusta kohti ymmärtämistä.</p> <p>Luonnontieteellisen ajattelun kehittäminen on asetettu yhdeksi kemian opetuksen tavoitteeksi nykyisessä lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa. Luonnontieteellinen ajattelu edellyttää korkeamman tason ajattelutaitoja: soveltamista, analysointia, arviointia ja kykyä luoda uutta tietoa. Luonnontieteellisen ajattelun ohella korkeamman tason ajattelutaidot ovat avainasemassa puhuttaessa oppimisprosessista oppilaan aktiivisena toimintana. Tutkimuksissa on voitu osoittaa, että ajattelutaitojen opettaminen on opettajille varsin vieras aihealue. Mikäli opettajat eivät ole tietoisia ajattelutaidoista, eivätkä panosta niiden opettamiseen tai huomioi niitä opetuksessaan, ei oppilaiden korkeamman tason ajattelutaidot kehity kemian opetuksessa. Oppilaiden kemian ymmärtämisen tukemiseksi tarvitaan uusia lähestymistapoja kemian opetukseen.</p> <p>Tämän pro gradu –tutkielman tavoitteena oli tuottaa kehittämistutkimuksen avulla kokeellisia oppilastöitä, joissa hyödynnetään molekyyliogastronomiia kontekstuaalisen oppimisen näkökulmasta. Kontekstuaalisen oppimisen tavoitteena on lähteä opetuksessa liikkeelle tilanteista, jotka ovat oppilaista mielenkiintoisia ja jotka osoittavat kemian kytkeytymisen arkielämään. Kontekstuaalisella oppimisella on voitu osoittaa olevan hyötyä esimerkiksi oppilaiden kiinnostuksen lisääntymisenä kemiaa kohtaan sekä tieteen ja arkielämän välisen yhteyden löytymisenä.</p> <p>Tämä kehittämistutkimus sisälsi kaksi vaihetta: 1) tarveanalyysi ja 2) oppimateriaalin tuottaminen. Tutkimusta ohjasi kaksi päätutkimuskysymystä: 1) Miten molekyyliogastronomiia käsitellään lukion kemian opetuksessa ja 2) Minkälainen kokeellinen molekyyliogastronominen oppimateriaali tukee kemian ymmärtämistä ja ajattelua? Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen etsittiin vastausta suorittamalla käytössä olevien lukion oppikirjojen sisällönanalyysi (nk. tarveanalyysi, 1. tutkimusvaihe).</p> <p>Tarveanalyysin perusteella voidaan sanoa, että yleisesti ottaen molekyyliogastronomiia esiintyy oppikirjoissa melko vähän. Enimmäkseen molekyyliogastronomiia esiintyi harjoitustehtävien yhteydessä ja vain kahdesta oppikirjasta löytyi molekyyliogastronominen laboratoriotyö. Molekyyliogastronomiia esiintyi oppikirjoissa yhteensä 20 eri kemian käsitteen opetuksen yhteydessä. Useimmat oppikirjat hyödynsivät molekyyliogastronomiia kemiallisen reaktion ja reaktionopeuden opetuksen yhteydessä. Yli puolet kaikista kemian käsitteistä, joiden opetuksessa hyödynnettiin molekyyliogastronomiia, esiintyi vain yhdessä oppikirjassa.</p> <p>Tutkimuksen toisessa vaiheessa kehitettiin oppimateriaali lukion kemian opetukseen tarveanalyysin tulosten ja aiempien tutkimustietojen kontekstuaalisesta oppimisesta, kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukemisesta sekä kokeellisuudesta kemian opetuksessa pohjalta. Oppimateriaalin teemaksi valittiin kananmunan valkuaisen kemia ja tutkimuskohteeksi valkuaisvaahto.</p> <p>Tässä tutkielmassa kehitetyssä tutkimuspohjaisessa oppimateriaalissa oppilas on aktiivisessa roolissa oman oppimisensa edistäjänä ja oppimateriaali tukee oppilaan kemian ymmärtämistä. Kehitetyt oppilastyöt antavat oppilaalle mahdollisuuden esittää kysymyksiä ja hakea niihin vastauksia. Opettajan roolina on toimia oppilaan oppimisprosessin ohjaajana, tukien oppilaan ajattelun kehittymistä. Oppimateriaali sisältää kaksi versiota, jotka eroavat toisistaan tehtävien avoimuuden suhteen. Oppimateriaali kytkeytyy arkielämään, jolloin uuden oppimisen tulisi olla oppilaille mielekästä. Molekyyliogastronomia antaa uudenlaisen lähestymistavan kehittämään oppilaiden korkeamman tason ajattelua kokeellisten oppilastöiden avulla.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Molekyyliogastronomia, lukio, korkeamman tason ajattelu, kontekstuaalinen oppiminen, kokeellisuus.			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Helsingin yliopisto, Kemian laitos			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
Tarkastajat: Maija Aksela ja Anu Hopia			

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Molekyyligastronomia ja kemia	3
2.1 Molekyyligastronomian määrittelyä	3
2.2 Ruuanvalmistuksen kemiaa.....	5
2.3 Kananmunan valkuainen ruuanvalmistuksessa	5
2.3.1 Valkuaisen proteiinit	6
2.3.1.1 Ovalbumiini	7
2.3.1.2 Konalbumiini.....	7
2.3.1.3 Ovomukoidi	8
2.3.1.4 Ovomusiini.....	8
2.3.1.5 Lysotsyymi.....	8
2.3.2 Proteiinien koaguloituminen.....	9
2.3.3 Valkuaisvahto.....	10
2.3.3.1 Vauquelin valmistus	14
3 Molekyyligastronomia ja kemian opetus	16
3.1 Kontekstuaalinen oppiminen.....	16
3.2 Kemian ymmärtäminen ja ajattelun tukeminen.....	17
3.2.1 Luonnontieteellinen ajattelu	17
3.2.2 Työtavat	19
3.3 Kokeellisuus kemian oppimisen tukena.....	20
3.3.1 Pienryhmäopiskelu	22
3.3.2 Kokeellisuus ja luova ongelmanratkaisu	23
4 Kehittämistutkimus	26
4.1 Tutkimuskysymykset	26
4.2 Kehittämistutkimuksen toteuttaminen	26
4.2.1 Tarveanalyysi.....	27
4.2.2 Oppimateriaalin kehittäminen.....	28
5 Tulokset.....	29
5.1 Molekyyligastronomia lukion opetuksessa	29
5.1.1 Molekyyligastronomian esiintyminen	29
5.1.2 Molekyyligastronomia ja kemian käsitteet.....	31
5.1.3 Yhteenvedo tarveanalyysistä	34

5.2 Oppimateriaali	34
5.2.1 Oppimateriaali 1: suljettu lähestymistapa.....	35
5.2.2 Oppimateriaali 2: avoin lähestymistapa	36
6 Johtopäätökset ja pohdinta	37
6.1 Tarveanalyysi	37
6.2 Oppimateriaali	38
6.3 Tutkimuksen merkitys.....	39
Lähteet.....	43
Liitteet	

1 Johdanto

”Monet meistä ovat kauhanvarressa unelmoidessaan antaneet ajatuksensa lentää ja pohtineet, miksi asiat kattilassa tapahtuvat juuri niin kuin ne tapahtuvat. Kastike pysyy pitkään vetisenä, mutta sakenee hetkessä ja palaa pohjaan ellei sitä koko ajan sekoita, munakas on parhaimmillaan nyt, mutta parin sekunnin kuluttua pilalla, rapu on harmaa, mutta punastuu samalla sekunnilla, kun se koskettaa kiehuvaa vettä. Miksi?” (Hopia, 2008)

Molekyyligastronomia on uusi tieteenala, joka on kehitetty 1980-luvun lopulla kahden tutkijan, Hervé Thisin ja Nicholas Kurtin, mielenkiinnosta ruuanvalmistusta kohtaan. Molekyyligastronomia tutkii ruuanvalmistuksen taustalla olevia kemiallisia ja fysikaalisia ilmiöitä. Suomessa molekyyligastronomiia on alettu kehittää vasta 2000-luvulla professori Anu Hopian toimesta.

Nykyinen lukion kemian opetussuunnitelman perusteet korostaa kemian opetuksen merkitystä osana monipuolista yleissivistystä sekä kemian yhteyttä jokapäiväisen arkielämän ymmärtämisessä. Molekyyligastronomian avulla voidaan kemian opetuksessa lähestyä kemiaa tavalla, jolla pyritään pois ulkoaopettelusta kohti ymmärtämistä.

Luonnontieteellisen ajattelun taustalla on halu ymmärtää luonnossa tapahtuvia ilmiöitä. Luonnontieteellisen ajattelun kehittäminen on asetettu yhdeksi kemian opetuksen tavoitteeksi nykyisissä lukion kemian opetussuunnitelmien perusteissa. Luonnontieteellinen ajattelu edellyttää korkeamman tason ajattelutaitoja: soveltamista, analysointia, arviointia ja kykyä luoda uutta tietoa. Luonnontieteellisen ajattelun ohella korkeamman tason ajattelutaidot ovat avain asemassa puhuttaessa oppimisprosessista oppilaan aktiivisen toimintana. (Aksela, 2005) Oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitojen kehittämiseksi tarvitaan uusia lähestymistapoja kemian opetukseen.

Koulussa on perinteisesti totuttu siihen, että opettaja esittää kysymyksiä, joihin oppilas vastaa. Kumpi on tärkeämpää, kysyä oikeita kysymyksiä vai vastata kysymyksiin oikein? Vanha sanonta ”ei kysyvä tieltä eksy” johdattaa oikeille jäljille: olennaisempaa on, että oppilas kysyy. Oppilas voi osoittaa kysymyksensä opettajalleen, mutta ennen kaikkea hänen tulisi esittää kysymykset itselleen. Opettaja ehkä vastaa oppilaan kysymykseen, tai johdattelee oppilaan ajatusta eteenpäin esittämällä vastakysymyksen. Erityisesti miksi-kysymyksillä oppilas pyritään samaan perustelevaan toimintaansa. Kysymyksillä oppilaan huomio pyritään kiinnittämään olennaisiin asioihin. (Jyrhämä, 2002)

Tässä tutkielmassa haluttiin kehittää oppimateriaali, joka asettaa oppilaan aktiiviseen rooliin oman oppimisensa edistäjänä tukien oppilaan korkeamman tason ajattelua. Kehitetyt oppilastyöt antavat oppilaalle mahdollisuuden esittää kysymyksiä ja hakea niihin vastauksia. Opettajan roolina on toimia oppilaan oppimisprosessin ohjaajana, tukien oppilaan ajattelun kehittymistä. Oppimateriaalista kehitettiin kaksi versiota, jotka eroavat toisistaan tehtävien avoimuuden suhteen. Ensimmäisen oppimateriaalin tehtävät noudattavat suljetumpaa ja toisen oppimateriaalin avoimempaa lähestymistapaa.

Tutkimusosassa esitetään tämän pro gradu –tutkielman tutkimuskysymykset ja tutkimustulokset (ks. luvut 4 ja 5). Teoreettiseen viitekehykseen tässä tutkimuksessa kuuluvat luvut 2 ja 3.

Molekyyligastronomian ja kemian yhteyttä käsitellään luvussa kaksi. Molekyyligastronomian osuudessa määritellään molekyyligastronomia sen perustajan Hervé Thisin mukaan (ks. luku 2.1) tarkoittamaan ruuanvalmistuksen taustalla olevien kemiallisten ja fysikaalisten ilmiöiden tutkimista. Lisäksi tarkastellaan ruuanvalmistuksen tutkimusta helpottavat ruuanvalmistuksen perusmolekyylit (ks. luku 2.2). Luvussa kaksi perehdytään lisäksi kananmunan valkuaiseen ruuanvalmistuksessa (ks. luku 2.3), joka on valittu teemaksi. Kananmunan valkuainen valittiin teemaksi, koska se on monipuolinen ja edullinen raaka-aine sekä ruuanvalmistuksen tutkimisen kannalta riittävän yksinkertainen raaka-aine oppilastöihin. Kananmunan valkuaisen kemiaa tarkastellaan siltä osin, kuin se tutkimusosuuden kokeellisten töiden ymmärtämiseksi vaaditaan.

Luku kolme käsittelee molekyyligastronomian ja kemian opetuksen yhdistämistä. Luvussa tarkastellaan kontekstuaalista oppimista, kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukemista sekä kokeellisuutta kemian opetuksen tukena. Luvussa on pyritty tuomaan esiin eri teorioiden hyödyt ja haasteet kemian opetukselle ja oppimiselle. Lisäksi luvussa kolme esitellään kokeellisten töiden suunnittelun pohjana käytettyjä teorioita pienessä ryhmässä oppimisen sekä luovan ongelmanratkaisun lähestymistavasta.

Luvussa neljä esitellään tutkimusta ohjaavat tutkimuskysymykset. Tutkimus on kehittämistutkimus, joka sisältää tarveanalyysin ja uuden oppimateriaalin toteutuksen. Luvussa viisi tarkastellaan ja analysoidaan tehdyn tutkimuksen tuloksia. Johtopäätökset käsitellään luvussa kuusi. Tutkielman liitteinä ovat uudet kehitetyt oppimateriaalit, opettajan materiaali, reseptit, *Ruokaan kahlehditut kuplat* –artikkeli sekä tarveanalyysin tulostaulukot.

2 Molekyyligastronomia ja kemia

Tässä luvussa molekyyligastronomia määritellään luvussa 2.1. Molekyyligastronomista tarkastelua helpottavat ruoka-aineiden jaottelu ruuanvalmistuksen perusmolekyyleihin, joka on tehty luvussa 2.2. Luvussa 2.3 syvennyttään kananmunan valkuaiseen ruuanvalmistuksessa sekä tarkastellaan esimerkkinä uutta molekyyligastronomista ruokalajia, Vauquelinia.

2.1 Molekyyligastronomian määrittelyä

Molekyyligastronomia syntyi vuonna 1988, kun kaksi tutkijaa, ranskalainen tohtori Hervé This (Ranskan maatalouden tutkimuslaitos, French National Institute for Agricultural Research, INRA) ja professori Nicholas Kurti (Oxfordin yliopisto), kiinnittivät huomiota siihen, että ruuanvalmistus perustui enemmän kokemuseräiseen tietoon ja perinteisiin kuin niiden ilmiöiden ymmärtämiseen, jotka ruuanvalmistukseen liittyvät. Kiinnostuksesta ymmärtää ruuanlaittoon liittyviä prosesseja syntyi tieteenala, jota he alkoivat kutsua molekyyligastronomiaksi (ranskaksi ”*gastronomie moleculaire*”). (This, 2002)

Molekyyligastronomian määrittelemisen on osoittautunut vaikeaksi, ja sen määritelmä on saanut monia muotoja. Syyksi tähän This esittää osaltaan sen, että tieteenalan alkuvaiheessa he tekivät professori Kurtin kanssa tieteenalan määrittelyssä joitain virheitä. (This, 2006) This aloittaa molekyyligastronomian määrittelemisen tekemällä eron ruuanlaiton ja gastronomian välille. Ensin mainittu tarkoittaa ruuan valmistamista ja jälkimmäinen kaikkea ihmisravintoon liittyvää tietoa. Molekyyligastronomiassa on kyse ruuanvalmistuksen ymmärtämisestä, ei muotivirtauksesta tai luksusruokien valmistamisesta. Molekyyligastronomia on ruuanvalmistuksen taustalla olevien kemiallisten ja fysikaalisten ilmiöiden tutkimista. (This, 2006)

Molekyyligastronomia tutkii esimerkiksi sitä, miksi majoneesista tulee kiinteää tai miksi kohokas paisuu. Molekyyligastronomian tarkoituksena on kerätä, tutkia, jäsentää ja analysoida ruuanlaittoon liittyviä uskomuksia ja reseptejä ja muokata niitä tutkimustulosten perusteella. (This, 2006) Reseptit, joita This (2006) pitää tärkeimpänä kirjoitettuna kulinaarisena tietona, rakentuvat perinteisesti kahdesta osasta. Ensimmäinen osa on ruuan määritelmä, kuten esimerkiksi majoneesi on öljyn ja kananmunan keltuaisen, suolan, pippurin sekä etikan emulsio.

Reseptin toinen osa koostuu yksityiskohtaisesta kuvauksesta ruuanvalmistukseen liittyvistä vaiheista. Tämä osuus saattaa sisältää Thisin (2006) kutsumia 'kulinaarisia täsmennyksiä' ('culinary precisions'), kuten vihjeitä, uskomuksia, sanalaskuja, jne. Esimerkiksi Ranskassa sanotaan, ettei naisen kannata tehdä majoneesia "tiettyinä päivinä kuukaudesta", koska tällöin majoneesi epäonnistuu. Sanonta ei kuitenkaan pidä paikkaansa Englannissa, sillä siellä naisen ei pitäisi näinä tiettyinä päivinä hieroa lihaan suolaa. (This, 2002) Esimerkkinä tietotaidosta This (2005a) kertoo esimerkin kokeista, jotka kypsentävät vihreät pavut suolavedessä (papujen kypsyyys päätellään vaihdellen tuoksusta, koostumuksesta tai mausta), jonka jälkeen pavut jäädytetään jääkylmällä vedellä. Papujen jäähdytyksen jääkylmällä vedellä kokit perustelevat sillä, että se kiinnittää lehtivihreän papuihin, ja näin kypsissä pavuissa säilyy vihreä väri. Kokkien perustelu on hataralla pohjalla, kun todetaan, että itse asiassa keitetyt pavut ovat vihreämpiä kuin keittämättömät. Onko jääkylmästä vedestä jotain hyötyä papujen vihreän värin säilyttämiseen? (This, 2005a)

Molekyyligastronomia on selkeästi osa elintarviketieteitä, mutta kuitenkin erillinen tieteenala, sillä se keskittyy ensisijaisesti ruuanvalmistuksen tutkimiseen sellaisena kuin ruokaa valmistetaan kodeissa ja ravintoloissa. Molekyyligastronomiasta haluttiin oma tieteenalansa juuri sen vuoksi, että elintarviketieteiden ja kotona tapahtuvan ruuanvalmistuksen välille oli kasvamassa Thisin (2002) mukaan kuilu. This (2002) sanoo, että elintarviketieteet keskittyivät lähinnä tutkimaan ruokaa ja ruoka-aineita ravintoaineiden lähteinä ja elintarviketeollisuuden raaka-aineina.

Molekyyligastronomia ei pidä sisällään teknologisia sovelluksia, sillä tieteenala on kiinnostunut vain tiedosta, ja teknologian tehtävä on soveltaa sitä tietoa käytäntöön (This, 2005b). Molekyyligastronomiasta tulee erottaa tieteeseen perustuva ruuanvalmistus (science-based cooking) ja kokeellinen keittiö (experimental cuisine). Tieteeseen perustuvalla ruuanvalmistuksella tarkoitetaan uusien ruokalajien (erityisesti gourmeeruokien) valmistamista soveltamalla elintarviketieteiden ja muiden tieteenalojen periaatteita ja työkaluja. Kokeellinen keittiö sisältää listan tavoitteita, kuten edistää ruuanvalmistusprosessien fyysikaalisen perustan tieteellistä ymmärrystä ja tehostaa tieteellisten ja kokeellisten lähestymistapojen löytämistä innovoimaan ruuanlaittoon liittyviä käytäntöjä, epätavallisia makuja ja uusia ruokaperinteitä (Experimental Cuisine Collective, 2007).

2.2 Ruuanvalmistuksen kemiaa

Ruuat ovat kompleksisia seoksia, joita on vaikea analysoida kemiallisesti. Ruuanvalmistukseen liittyy lukematon määrä reaktioita, joista kaikista ei olla vielä edes täysin selvillä. Yksinkertaistamaan ruuanvalmistukseen liittyviä reaktioita hyödynnetään biokemian luokittelua, jolloin ruuanvalmistukseen liittyvät perusmolekyylit luokitellaan seuraavasti: hiilihydraatit, rasvat, proteiinit, vesi ja mineraalit. (This, 2007)

Thisin luokittelun lisäksi kirjallisuudesta löytyy erilaisia luokitteluja ruuanvalmistuksen perusmolekyyleille. McGee (1984) tekee kirjassaan, *On Food and Cooking – The Science and Lore of the kitchen*, seuraavanlaisen jaottelun: vesi, hiilihydraatit, proteiinit sekä rasvat ja öljyt. Cameron (1985) jakaa kirjassaan, *The Science of Food and Cooking*, ruuanvalmistukseen liittyvät ravintoaineet neljään luokkaan: hiilihydraatteihin, rasvoihin, proteiineihin, mineraaleihin ja vitamiineihin. Hopia (2008) jaottelee kirjassaan, *Kemiaa keittiössä*, ruuanvalmistuksen perusmolekyylit proteiineihin, sokereihin, rasvoihin, veteen ja ilmaan. Tässä työssä ruuanvalmistuksen perusmolekyylejä käsitellään Thisin (2007) luokittelun mukaan.

2.3 Kananmunan valkuainen ruuanvalmistuksessa

Kananmunan valkuainen on monikäyttöinen raaka-aine ruuanvalmistuksessa. Kananmunan valkuaisen avulla syntyvät muun muassa kohokkaat, marengit ja sokerikakut. Vatkaamalla kananmunan valkuaista saadaan sen tilavuus moninkertaistumaan jopa kahdeksankertaiseksi, ja alun perin nestemäisestä valkuaisesta muodostettua vaahtoa. Kananmunan keltuainen puolestaan ei ole vain kykenemätön muodostamaan vaahtoja vaan pilaa myös valkuaisen vaahtonmuodostuskyvyn, mikäli valkuaisen joukkoon pääsee keltuaista. (McGee, 1984)

Kananmunan valkuaisen käyttäytyminen ruuanvalmistuksessa perustuu pääasiassa sen proteiinien koaguloitumiseen. Kuten edellä on mainittu, kananmunan valkuaisen proteiinit koaguloituvat herkästi esimerkiksi vatkaamalla tai vaivaamalla, kuumentamalla tai hapon vaikutuksesta. (Hopia, 2008; McGee, 1984) Mekaanisella vatkaamisella saadaan valkuaisen proteiinimolekyylien rakenne osittain särkymään ja proteiinit reagoimaan keskenään. Vatkauksen ja ilman vaikutuksesta

muodostuva valkuaisvaahto (proteiinien koaguloituminen) on kananmunan erityispiirre, jota ei ole muiden linnunmunien valkuaisilla. (Hopia, 2008)

2.3.1 Valkuaisen proteiinit

Valkuainen on 10-prosenttinen proteiiniliuos, joka sisältää yhdeksän erilaista proteiinia. Tärkeimmät kananmunan valkuaisen sisältämät proteiinit ovat ovalbumiini, konalbumiini (ovotransferriini), ovomukoidi, ovomusiini ja lysotsyymi. (Burley & Vadehra, 1989) Loput neljä proteiinia ovat avidiini, ovoglobuliinit (G₁, G₂ ja G₃), ovoinhibiittori sekä flavoproteiini. Niiden proteiinien, joiden denaturoitumislämpötilat tunnetaan, on koottu taulukkoon 2.1.

Taulukko 2.1 Valkuaisen proteiinien denaturoitumislämpötiloja. (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009; Powrie & Nakai, 1986)

Proteiini	Ovalbumiini	Konalbumiini	Ovomukoidi	Ovomusiini	Lysotsyymi
Denaturoitumis- lämpötila (°C)	84,0	61,0	70,0	-	75,0 (G ₁) 92,5 (G ₂)

Valkuaisen proteiinit koostuvat pitkistä aminohappoketjuista, jotka koostuvat sekä hydrofiilisistä että hydrofobisista aminohapoista. Kun aminohappoketju laskostuu proteiinien kolmiulotteiseen rakenteeseen tyypilliseen tapaan kerälle, hydrofobiset osat aminohappoketjua asettuvat muodostuvan proteiinkerän keskelle ja hydrofiiliset osat kerän ulkopuolelle kohti vettä. Proteiinimolekyylien tarrautumista toisiinsa estää valkuaisen kemiallinen ympäristö, kukin molekyylin ympärillä on negatiivisesti varautunut verkko (hydrofiiliset osat), jolloin molekyylit hylkivät toisiaan. (McGee, 1984; Exploratum, 2009)

Moni valkuaisen proteiini on biologisesti aktiivinen. Proteiineista esimerkiksi lysotsyymi toimii entsyyminä, ovomukoidi ja ovoinhibiittori toimivat inhibiittoriensyymeinä, avidiini ja flavoproteiini toimivat kompleksin muodostajina koentsyymeille. (Belitz et al., 2009)

2.3.1.1 Ovalbumiini

Ovalbumiini on valkuaisen vallitsevin proteiini (54 %). Se luokitellaan fosfoglykoproteiiniksi, sillä se muodostuu hiilihydraattien ja fosfaattien muodostamista peptidiketjuista. Nämä polypeptidiketjut sisältävät 385 aminohappotähdettä sekä neljä tioli-ryhmää (-SH) ja disulfidi-ryhmän (S₂). (Belitz et al., 2009; Powrie & Nakai, 1986) Ovalbumiinista on erotettavissa kolme muotoa A₁, A₂ ja A₃, jotka eroavat toisistaan fosfaattisisällöltään siten, että ensimmäinen muoto sisältää kaksi, toinen yhden ja kolmas ei yhtään sulfaattiryhmää. Ovalbumiinin molekyylipaino on noin 45 000 ja isoelektrinen piste (pI) 4,5. (Mine, 1995)

Ovalbumiini denaturoituu suhteellisen vaivattomasti, esimerkiksi ravistamalla tai vispaamalla sen liuosta. (Belitz et al., 2009) Ovalbumiinin denaturoitumislämpötila on 84,0 °C (Belitz et al., 2009; Powrie & Nakai, 1986). Varastoinnin aikana ovalbumiini muuttuu paremmin kuumennusta kestäväksi S-ovalbumiiniksi (denaturoitumislämpötila 92,5 °C). S-ovalbumiinin lämmönkestävyys johtuu muodostuvista disulfidisilloista (Belitz et al., 2009). Lisäksi ovalbumiini kykenee sitomaan tiettyjä kahden ja kolmen arvoisia ioneja, kuten magnesiumia, sinkkiä ja kuparia (Burley & Vadehra, 1989).

2.3.1.2 Konalbumiini

Konalbumiinia (ovotransferriinia) on valkuaisessa ovoalbumiinin jälkeen toiseksi eniten (12 %). Konalbumiini on glykoproteiini. Se muodostuu yhdestä peptidiketjusta, jossa on 686 aminohappotähdettä, 15 disulfidisiltaa ja jossa oligosakkaridiyksikön muodostaa neljä mannoosia ja kahdeksan N-asetyyli-glukosamiinia. (Belitz et al., 2009; Mine, 1995) Konalbumiiniyksikön molekyylimassa on noin 78 000 ja sen isoelektrinen piste (pI) on noin 6,1 (Mine, 1995).

Konalbumiini ylläpitää pientä vapaan raudan pitoisuutta toimimalla raudansitojaproteiinina. Se muodostaa lämmönkestävän kompleksin myös muiden metalli-ionien kanssa (Mn³⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ sekä Fe³⁺) pH:ssa 6. Konalbumiini hidastaa mikro-organismien kasvua. (Belitz et al., 2009; Burley & Vadehra, 1989) Konalbumiini ei denaturoidu yhtä herkästi kuin ovalbumiini (Belitz et al., 2009). Konalbumiinin denaturoitumislämpötila on 61,0 °C (Powrie & Nakai, 1986).

2.3.1.3 Ovomukoidi

Ovomukoidi (11 %) on kuumennusta kestävä glykoproteiini. (Belitz et al., 2009; Powrie & Nakai, 1986) Sen molekyylipaino on noin 28 000 ja isoelektrinen piste (pI) on noin 4,1. (Mine, 1995) Ovomukoidi sisältää 20–25 % hiilihydraatteja, joita ovat mannoosi, galaktoosi, glukosamiini ja sialihappo. Siitä voidaan erottaa kolme eri muotoa, jotka eroavat toisistaan N-asetyylineuramiinihapon (sialihappo) määrän suhteen. Proteiinissa on yhdeksän disulfididisidosta (S-S), mikä antaa sille stabiiliutta kestää lämmitystä ja estää koaguloitumista. (Belitz et al., 2009) Ovomukoidin denaturoitumislämpötila on 70,0 °C (Powrie & Nakai, 1986).

2.3.1.4 Ovomusiini

Ovomusiini (4 %) on myös glykoproteiini (Belitz et al., 2009; Burley & Vadehra, 1989), joka esiintyy pääosin paksussa valkuaiskerroksessa (Robinson & Monsey, 1971). Ovomusiini vaikuttaa suurelta osin paksun valkuaiskerroksen hyytelömäiseen rakenteeseen ja näin ollen myös koko valkuaisen rakenteeseen. (Burley & Vadehra, 1989) Ovomusiinin molekyylipaino on noin 5000–8000. Ovomusiinin hiilihydraattikoostumus on jopa 33 %, josta 10–12 % on heksosamiineja, 15 % heksooseja ja 2,6–8 % sialihappoa. (Mine, 1995)

2.3.1.5 Lysotsyymi

Lysotsyymi (3 %) toimii valkuaisessa bakteerien soluseinämiä hajottavana entsyyminä, josta voidaan erottaa lisäksi kolme muotoa: globuliinit G₁, G₂ ja G₃ (Belitz et al., 2009; Burley & Vadehra, 1989). Lysotsyymissä on 129 aminohappotähdettä ja neljä disulfididisiltaa. Sen molekyylipaino on noin 14 000 ja sen pI on 10,7. Globuliinien roolia valkuaisvaahdonmuodostuksessa pidetään tärkeänä, muuta niiden roolia ei ole vielä tarkalleen määritelty. (Mine, 1995)

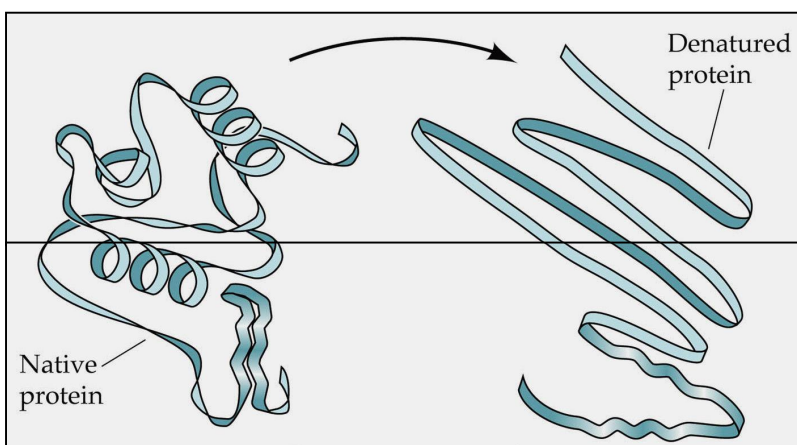
Lysotsyymi muodostaa biologisesti tärkeitä komplekseja muiden valkuaisen proteiinien kanssa, erityisesti ovomusiinin kanssa (Mine, 1995; Powrie & Nakai, 1986). Valkuaisen tärkeä funktionaalinen ominaisuus on sen korkea viskositeetti, joka paranee kananmunan vanhetessa

ovomusiini-lysoosyymi-kompleksien hajotessa. Kompleksi hajoaa pH:n kohotessa varastoinnin aikana pH:sta 6,8 yli 9,0 pH-arvoon. (Zayas, 1997) Lysoosyymien läsnä ollessa ovomukoidi koaguloituu herkästi. Lysoosyymien denaturoitumislämpötila on 75,0 °C. (Powrie & Nakai, 1986)

2.3.2 Proteiinien koaguloituminen

Nimitystä koagulaatio käytetään muutoksesta, jossa kananmunan rakenne muuttuu nestemäisestä liuoksesta hyytelömäiseen olomuotoon (Baldwin, 1986). Proteiinien koaguloituminen johtuu kahdesta syystä: proteiinien kemiallisesta muutoksesta ja muuntuneiden proteiinien saostumisesta (Anson & Mirsky, 1931).

Koaguloitumisen ensimmäisessä vaiheessa proteiinien rakenne muuttuu kemiallisesti (esimerkiksi happo- tai suolapitoisuutta tai lämpötilaa muuttamalla tai aiheuttamalla systeemiin ilmakuplia (Anson & Mirsky, 1931; Exploratorium, 2009; McGee, 1984) eli proteiinien sekundaari- ja tertiäärirakenteen 3-ulotteinen muoto hajoaa ja proteiineristä polypeptidiketjuiksi (ks. kuva 2.1) (Hopia, 2008; McGee, 1984). Proteiinien kemiallisen rakenteen muuntumista kutsutaan denaturaatioksi ja muuntunutta proteiinia denaturoituneeksi. Denaturoitunut proteiini ei enää ole liukoisessa muodossa. Siinä missä alkuperäinen proteiini (natiivi proteiini) oli isoelektrisessä pisteessään liukoinen, muuntunut proteiini on liukenematon. (Anson & Mirsky, 1931)



Kuva 2.1 Proteiinimolekyylin denaturaatio, jossa sekundaari- ja tertiäärirakenteet purkautuvat.

Koaguloitumisen toisessa vaiheessa denaturoituneet proteiinit reagoivat keskenään ja saostuvat (Anson & Mirsky, 1931; Exploratorium, 2009). Kokonaisuudessaan tätä tapahtumaa kutsutaan koaguloitumiseksi. Koaguloitumisen ensimmäinen vaihe, jossa proteiini denaturoituu, on irreversiibeli ja toinen vaihe, jossa denaturoitunut proteiini saostuu, on reversiibeli. (Anson & Mirsky, 1931)

Valkuaisen koaguloitumiseen voidaan vaikuttaa eri tavoin. Taulukkoon 2.2 on koottu kananmunan valkuaisen koaguloitumiseen vaikuttavia tekijöitä ja niiden vaikutus koaguloitumiselle.

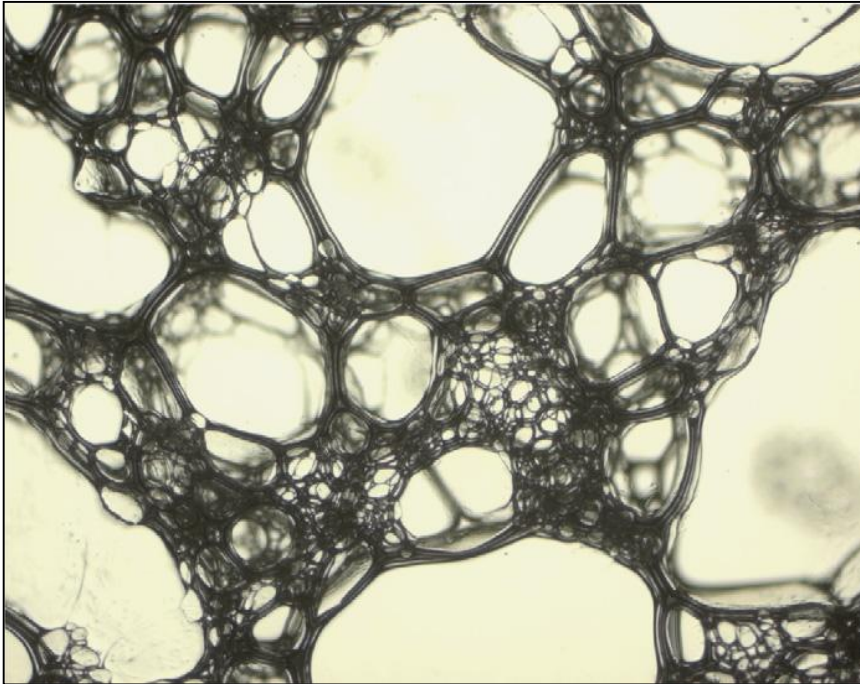
Taulukko 2.2 Valkuaisen koaguloitumiseen vaikuttavia tekijöitä. (Baldwin, 1986)

Tekijä	Vaikutus
Lämpötila	Lämpötilan nostaminen nopeuttaa koaguloitumista. Valkuainen alkaa koaguloitua 61 °C:ssa.
Laimentaminen	Laimentaminen nostaa koaguloitumislämpötilaa.
Suolat	Suolan lisääminen edistää koaguloitumista.
Sokeri	Sokerin lisäys nostaa koaguloitumislämpötilaa.
Happo	Happolisäys alentaa koaguloitumislämpötilaa.
Emäs	Emäslisäys aiheuttaa läpikuultavan geelin, kun pH on yli 11,9.

2.3.3 Valkuaisvaahto

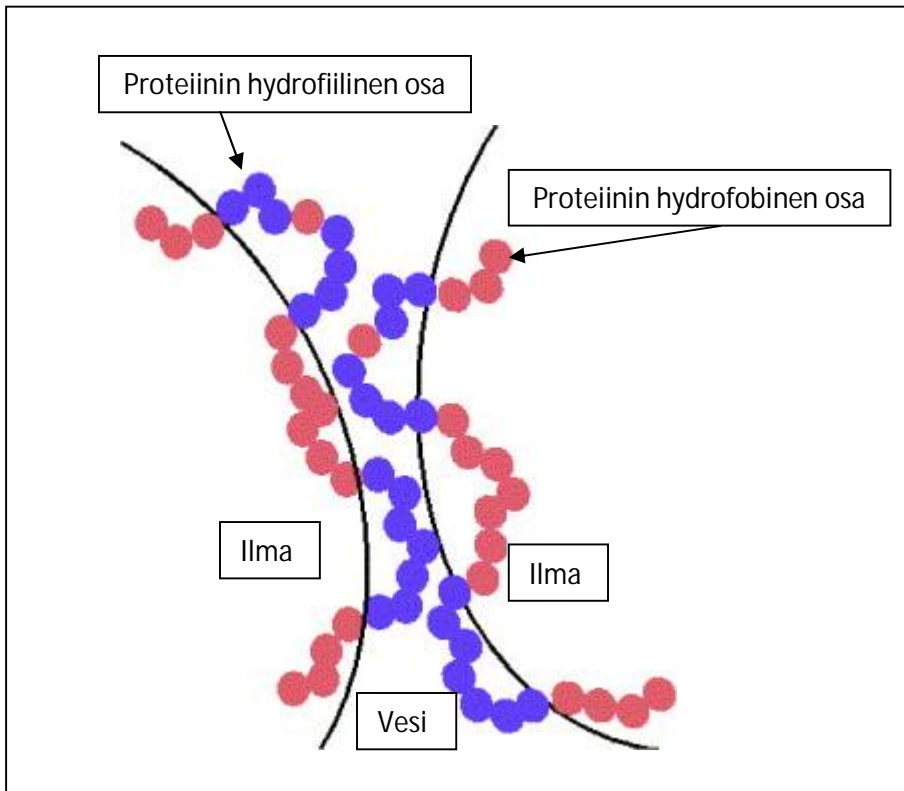
Valkuaisen proteiinkoostumus on erinomainen vaahdonmuodostukseen, sillä valkuainen sisältää proteiineja, jotka helpottavat vaahdonmuodostusta (globuliinit) ja proteiineja, jotka stabiloivat sitä (ovomusiini) (Baldwin, 1986; Belitz et al., 2009). Valkuaisen funktionaaliset proteiinit tärkeysjärjestyksessä valkuaisvaahdon muodostuksessa ovat globuliinit, ovalbumiini, konalbumiini, lysotsyymi, ovomukoidi ja ovomusiini. Valkuaisvaahdon muodostumisen molekyyllitason mekanismeja ei tiedetä tarkasti, vaikkakin yksittäisten valkuaisen proteiinien vaahdotumiso-minaisuuksia on vertailtu. (Mine, 1995)

Kananmunan valkuaisen vatkaaminen, esimerkiksi vispilällä, tuottaa systeemiin ilmakuplia. Nestemäisen valkuaisen proteiinit vangitsevat muodostuneet ilmakuplat ja vaahto alkaa muodostua. (Baldwin, 1986) Vaahdot ovat siis muodostuneet dispergoituneiden kaasukuplien sekoituessa jatkuvaan nestefaasiin (ks. kuva 2.2) (Belitz et al., 2009).



Kuva 2.2 Kuva valkuaisvaahdon rakenteesta. Denaturoituneet proteiinit muodostavat yhtenäisen filmin, joka intermolekulaarisilla vuorovaikutuksilla vesi-ilma-rajapinnassa stabiloi muodostuvan vaahdon rakenteen. (Corsi, Milchev, Rostiashvili, & Vilgis, 2006)

Valkuaisten vatkaaminen aiheuttaa valkuaisen proteiinien sekundääri- ja tertiäärirakenteiden hajoamisen osittain eli proteiinien osittaisen denaturoitumisen. Denaturoituneet proteiinit toimivat vaahdonmuodostuksessa pinta-aktiivisina aineina eli ovat samanaikaisesti vuorovaikutuksessa sekä veden että ilman kanssa. Tämä johtuu proteiinien amfifiilisestä luonteesta. (Du, Prokop, & Tanner, 2002) Proteiinit asettuvat veden ja ilmakuplien rajapintaan siten, että niiden hydrofiiliset osat ovat vuorovaikutuksessa veden kanssa ja hydrofobiset osat ilman kanssa (ks. kuva 2.3). Tämä ominaisuus stabiloi kaasukuplien dispergoitumista. (Baldwin, 1986; Belitz et al., 2009; This, 2007)



Kuva 2.3 Proteiinien asettuminen vesi-ilma-rajapintaan. Proteiinien steeriset esteet pitävät ilmakuplat erillään toisistaan, estäen ilmakuplia yhdistymästä ja muodostamasta suurempia kuplia. Tämä parantaa vaahton stabiiliutta. (Corsi et al., 2006)

Proteiinien asettuminen vesi-ilma-rajapintaan alentaa pintajännitystä ja stabiloi vaahtoa muodostamalla joustavan, yhtenäisen filmin kaasukuplien ympärille (Baldwin, 1986; Belitz et al., 2009; Du et al., 2002; This, 2007). Mitä herkemmin proteiini denaturoituu ja mitä nopeammin se kykenee asettumaan kaasu-neste-rajapintaan, ja näin muodostamaan stabiilin viskoosin filmin vierekkäisten molekyylien kanssa intermolekulaarisilla vuorovaikutuksilla, sitä parempi vaahtoamiskyky proteiinilla on. Proteiinien vaahtoutumisominaisuuksiin vaikuttavat proteiinimolekyylin molekyylimassa, hydrofobisuus ja molekyylin konformaation stabiilius. (Baldwin, 1986; Belitz et al., 2009; German, O'neill, & Kinsella, 1985; This, 2007)

Mitä pienempi molekyyli on kyseessä eli mitä pienempi molekyylimassa proteiinilla on, sitä paremmin sen pystyy asettumaan vesi-ilma-rajapinnalle (German et al., 1985). Proteiinimolekyylien konformaatioita ja stabiiliutta voivat muuttaa useat tekijät. Näitä tekijöitä ovat mm. esilämmitys, pH, proteiinipitoisuus, suolojen läsnäolo ja nestefaasin koostumus. Nämä tekijät parantavat filmin muodostumista ja sen ominaisuuksia rajapinnassa, parantamalla siten vaahtoutumisominaisuuksia.

Tutkimuksissa on voitu osoittaa valkuaisen esilämmittämisen, joka voi aiheuttaa osittaista denaturoitumista ilman koaguloitumista, parantavan ovalbumiinin vaahtoutumisominaisuuksia (vaahtoamiskapasiteettia ja stabiiliutta) alentamalla pintajännitystä. (Du et al., 2002)

Vaahdon pysyvyyteen vaikuttavat proteiinifilmin ominaisuudet: paksuus, proteiinipitoisuus, molekyylien väliset vuorovaikutukset. Mikäli ilmakuplien ympärille muodostuva proteiinifilmi olisi heikko, yhdistyisivät muodostuneet kaasukuplat ja vaahdon rakenne särkyisi. Proteiinien osittainen denaturoituminen valkuaisen vatkaamisen aikana vapauttaa proteiineista aminohappo-osia, jotka voivat osallistua intermolekulaarisiin vuorovaikutuksiin. Mitä vahvempia vuorovaikutuksia proteiinien välille syntyy, sitä pysyvämpää muodostuva vaahto on. (Belitz et al., 2009; This, 2007) Lisäksi vaahdon stabiiliuteen vaikuttavat valkuaisvaahtoon muodostuvien ilmakuplien koko. Vaahdottamisen alkuvaiheessa ilmakuplat ovat isoja, mitä pidempään vaahdottamista jatketaan sitä pienemmiksi ilmakuplat tulevat. Pienemmät ilmakuplat stabiloivat vaahtoa. (This, 2007) Taulukkoon 2.3 on koottu muutamien ainesosien vaikutuksia valkuaisen vaahtoutumiseen.

Taulukko 2.3 Lisätyn ainesosan vaikutus valkuaisvaahtoon. (Muokattu lähteestä Baldwin, 1986)

Lisätty ainesosa	Vaikutus
Happo	Parantaa vaahdon stabiiliutta (tietyillä pH-alueilla).
Vesi	Noin 40 % -laimennoksella vedenlisäys kasvattaa vaahdon määrää ja sen stabiiliutta.
Suolat	Parantaa valkuaisvaahtoon stabiiliutta. Etenkin CuSO_4 ja AlCl_3 parantavat vaahdon vahvuutta. Lisäksi pidentää vaahtoutumisaikaa.
Sokerit	Viivästyttää vaahdonmuodostumista ja muodostuvan vaahdon määrää. Suojaa valkuaisen funktionaalisten ominaisuuksien säilymistä, kun lisätään ennen kuumennusta.
Rasvat	Vähentää muodostuvan vaahdon määrää ja sen stabiiliutta.

2.3.3.1 Vauquelin valmistus

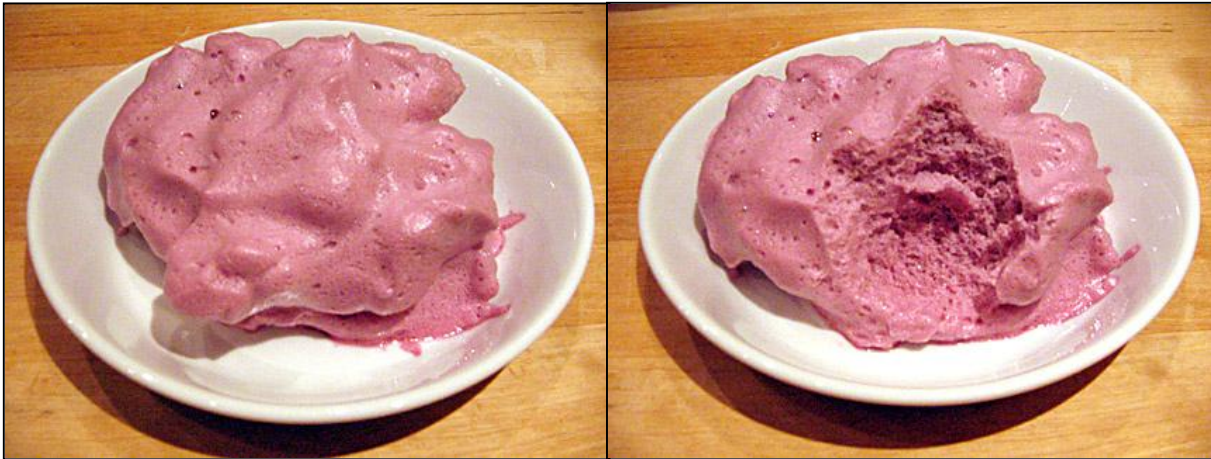
Vauquelin on This Hervén kehittämä uusi ruokalaji (resepti kokonaisuudessaan: liite 8). Hän on nimennyt sen Nicholas Vauquelinin (1763–1829) mukaan, joka oli aikoinaan yksi Lavoisierin opettajista. (This, 2006)

Vauquelin valmistukseen tarvitaan kananmunan valkuainen, josta valmistetaan valkuaisvaahto lisäämällä vaahdotuksen loppuvaiheessa valkuaisen joukkoon mehua tai muuta nestettä (ks. kuva 2.4). Mehun tai muun nesteen lisäämisellä vaikutetaan valmistettavan Vauquelinin maun lisäksi saatavan valkuaisvaahdon määrään. (This, 2006)



Kuva 2.4 Kuva valkuaisvaahdosta, johon on vaahdottamisen loppupuolella lisätty sokeroitua marjamehua. Vauquelin makuun voi vaikuttaa lisäämällä valkuaisen joukkoon ennen vaahdottamista veden sijaan esimerkiksi appelsiini- tai karpalomehua (n. 1,5 dl) sekä sokeria, joka parantaa vaahdon viskositeettia ja stabiiliutta. (Lersch, 2007)

Uusi ruokalaji valkuaisvaahdosta saadaan, kun vaahto laitetaan muutamaksi sekunniksi mikroaaltouuniin. Mikroaaltouunissa valkuaisvaahdosta muodostuu kemiallisesti hyytelömäinen vaahto (ks. kuva 2.5). (This, 2006)



Kuva 2.5 Kuvassa Vauquelin. Valkuaisvaahto on ollut mikroaaltouunissa (360W) neljä sekuntia. Oikeanpuoleisessa kuvassa havaitaan rakenteen muuttuminen vaahdosta kuumennuksen aikana hyytelömäiseen olomuotoon. (Lersch, 2007)

Valkuaisen proteiinit ylläpitävät vaahdon rakennetta, kun se kuumennetaan. Kuumennuksen aikana valkuaisvaahdon sisältämät ilmakuplat laajenevat ja vaahdon tilavuus siis kasvaa kuumennuksen aikana. Mikäli kuumennusta jatketaan liian pitkään, vaahdon rakenne sortuu, koska laajenevat kaasukuplat hajottaisivat proteiinien muodostaman verkoston. Ovalbumiini koaguloituu kuumennuksen aikana. Se muodostaa kiinteän verkoston ilmakuplien ympärille, mikä vastustaa vaahdon rakenteen romahtamista, vaikka kuumaa ilmaa ja vesihöyryä vapautuu. (McGee, 1984)

3 Molekyyligastronomia ja kemian opetus

Tässä luvussa tarkastellaan, miten molekyyligastronomia voidaan tuoda osaksi lukion kemian opetusta. Luvussa 3.1 tarkastellaan kemian opiskelua molekyyligastronomian kontekstissa. Luku 3.2 tarkastelee kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukemista molekyyligastronomian avulla. Luvussa 3.3 perehdytään kokeellisuuden rooliin kemian oppimisen tukena.

3.1 Kontekstuaalinen oppiminen

Kemian opiskelu molekyyligastronomian avulla on kontekstuaalista oppimista. Kontekstuaalinen oppiminen kemian opetuksessa pyrkii tarkastelemaan kemian ilmiöitä sellaisissa konteksteissa, joiden tiedetään olevan oppilaiden mielestä kiinnostavia. Vähäisimmillään kontekstuaalisuuden muoto on sellainen, missä perinteisen opetuksen yhteydessä otetaan esille sovelluksia ja esimerkkejä muilta kuin puhtaan kemian aloilta. (Lavonen, Meisalo et al., 2009) Tällöin kemiallinen tieto pyritään tuomaan esille jollakin oppilaan elämään läheisesti liittyvällä esimerkillä. Kontekstuaalisen lähestymistavan pyrkimyksenä on herättää oppilaan kiinnostus kemiaa kohtaan ja osoittaa, kuinka kemia liittyy arkielämään.

Tutkimukset (mm. GISEL-hanke) osoittavat, että etenkin tytöt eivät pidä opetusmenetelmistä, joita kemian opetuksessa tällä hetkellä käytetään. Tutkimustulokset tukevat myös päätelmää, jonka mukaan oppilaan asenne ja kiinnostus vaikuttavat siihen, kuinka paljon kemia opiskellaan ja opitaan koulussa. Kontekstuaalisella opetuksella on voitu kuroa kiinni kuilua tyttöjen ja poikien suhtautumisessa luonnontieteitä kohtaan (Bennett, Hogarth, & Lubben, 2005).

Gilbert (2006) esittelee artikkelissaan Bennettin (2003) tekemän tutkimuksen tuloksia, joista käy ilmi oppilaiden kiinnostuksen ja viihtyvyyden lisääntyneen luonnontieteiden oppitunneilla, kun opetuksessa käytettiin kontekstuaalista oppimateriaalia ja oppitunti noudatti kontekstuaalista lähestymistapaa. Kontekstuaalinen oppimateriaali helpotti oppilaita näkemään ja arvostamaan yhteyksiä tieteen ja heidän arkielämän välillä. Kontekstuaalista opetusta saaneet oppilaat oppivat luonnontieteellisiä käsitteitä vähintään yhtä tehokkaasti kuin perinteisempään opetukseen osallistuneet oppilaat. Kontekstuaalisesta oppimisesta tarvitaan lisää tutkimusta ennen kuin sen

vaikutuksia oppilaiden tieteelliseen tietoon ja ymmärtämiseen voidaan laajemmin arvioida. (Gilbert, 2006)

Tiedemaailmassa käydään keskustelua mahdollisuuksista liittää molekyyli-gastronomia kouluopetukseen. Tutkimusartikkeleita aiheesta ei ole julkaistu. This (2006) esittää artikkelissaan huolensa kasvavaa kielteistä asennetta tieteitä kohtaan. Hänen mukaansa asenteita voitaisiin saada muuttumaan tieteeseen pohjautuvien opetusaktiviteettien avulla. Käyttämällä ruuan vetovoimaa johdatteluna ja hyödyntämällä erilaisia aktiviteetteja, pyritään ohjaamaan lapsia kohti tieteellisiä, teknologisia ja kulttuurisia kysymyksiä sen sijaan, että keskityttäisiin ruokiin vain syömistarkoituksessa. This jatkaa artikkelissaan, että kysymysten tekeminen on tieteessä äärimmäisen tärkeää, ja lapsille tulisikin opettaa kysymysteeton taito. (This, 2006)

Van der Linden, McClements ja Ubbink (2008) korostavat artikkelissaan molekyyli-gastronomian mahdollisuuksia parantaa kommunikaatiota ja ymmärrystä taiteilijoiden, tiedemiesten, oppilaiden ja suuren yleisön välillä. Akateemisen tiedon levittäminen muihin koulutuksellisiin elimiin, kuten myös tietojen ja taitojen siirtyminen eri koulutustasojen välillä, onnistuu monella tavalla.

Tiedemiehille tyypillinen ajattelutapa on suotavaa esitellä lapsille ja nuorille alakoulusta lukioon. Ruoka tarjoaa erinomaisen tutun aiheen havainnollistamaan asioita. Sen lisäksi, että oppilaat oppivat molekyyli-gastronomian kautta arvokkaan tavan ajatella, ruoka oppiaiheena automaattisesti perehdyttää myös tietoon, joka on olennaista arvioitaessa esimerkiksi ruuan terveellisyyttä. (van der Linden et al., 2008)

3.2 Kemian ymmärtäminen ja ajattelun tukeminen

3.2.1 Luonnontieteellinen ajattelu

Kemian opetuksen tärkeimpiä päämääriä on kiinnittää oppilaiden huomio kemiallisen tiedon luonteeseen ja kemian tapaan tuottaa tietoa tieteellisillä tutkimuksilla (Aksela, 2005). Luonnontieteiden opetuksessa tiedollisten tavoitteiden lisäksi on tärkeää pyrkiä kohti laajempia kemian opetukselle asetettuja tavoitteita, kuten ”*tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja*

nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleissivistystä” sekä ”auttaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa sekä kemian merkitystä ihmisen ja luonnon hyvinvoinnille” (Opetushallitus, 2003). Näihin tavoitteisiin päästään oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitoja edistämällä.

Ajattelu on oppimisen kannalta ydinprosessi, jossa informaatiosta jalostetaan tietoa (Lavonen, Meisalo et al., 2009) Lavosen, Meisalon et al. (2009) mukaan ajattelun taitoja ovat mm. vertailu, yhteenvedon tekeminen, havaitseminen, luokittelu, sisäistäminen, arvostelu, johtopäätösten tekeminen, mielikuvien käyttäminen ja kuvittelu, tiedon kerääminen ja järjestäminen, hypoteesin esittäminen, tosiasioiden ja periaatteiden soveltaminen uudessa tilanteessa, päätöksenteko, muuttujien kontrollointi, yleistäminen, tutkimuksen suunnittelu ja tutkiminen ja virheiden korjaaminen. Oppilaiden luonnontieteellisen ajattelun edistämässä on keskeistä kehittää ja tukea oppilaan korkeamman tason ajattelutaitoja. Tässä tutkimuksessa ajattelutaidot eli kognitiiviset prosessit määritellään Andersonin ja Krathwohlin (2001) mukaisesti, jonka pohjana on käytetty Bloomin taksonomiaa (1956) (ks. taulukko 3.1). (Aksela, 2005; Lavonen, 2008)

Taulukko 3.1 Ajattelutaitojen luokittelu Bloomin (1956) ja Andersonin ja Krathwohlin (2001) taksonomioiden mukaisesti. (Aksela, 2005; Lavonen, 2008)

Kognitiiviset prosessit eli ajattelutaidot	Bloomin taksonomia (1956)	Andersonin ja Krathwohlin taksonomia (2001)
Alemman tason	Muistitieto	Muistaa
Alemman tason	Ymmärtää	Ymmärtää
Korkeamman tason	Soveltaa	Soveltaa
Korkeamman tason	Analysoida	Analysoida
Korkeamman tason	Syntetisoida	Arvioida
Korkeamman tason	Arvioida	Luoda/rakentaa uutta tietoa

Fisher (1990) luokittelee korkeamman tason ajattelutaidot luovan ja kriittisen ajattelun sekä ongelmanratkaisun taitoihin. Luova ajattelu edellyttää mm. motivaatiota ja sinnikkyyttä, sopivaa ilmapiiriä, virikkeitä sekä luovan ajatteluprosessin harjoitusta. Kriittiseen ajatteluun kuuluu halu

päätellä ja kohdata haasteita sekä kaipuu totuuteen. Kriittisen ajattelun katsotaan edellyttävän taitoa kuinka ja miten kysyä sekä taitoa tietää, mihin kysymykseen vastataan. Lisäksi kriittiseen ajatteluun kuuluu taito kuinka ja miten päätellä sekä taito valita sopiva päättelymenetelmä. Ongelmanratkaisu taidot edellyttävät monipuolisten taitojen kehittämistä ja ongelmanratkaisustrategioiden tuntemista. Ongelmanratkaisu edellyttää mm. positiivista asennetta ja kognitiivisia taitoja. (Fisher, 1990)

Nurmisen ja Akselan (2006) tutkimuksessa tulee esille, että ajattelutaitojen opettaminen on opettajille varsin vieras aihealue eikä siihen ainakaan tietoisesti ole opetuksessa panostettu. Nykytutkimuksen mukaan oppiminen perustuu oppilaan aktiiviselle toiminnalle (mm. Ahtee, Pehkonen, Krzywacki, Lavonen, & Jauhiainen, 2005; Aksela & Juvonen, 1999) ja korkeamman tason ajattelutaidot ovat keskeisessä asemassa kemian ymmärtämisessä, joten on tärkeää, että yhdeksi opetuksen tavoitteeksi asetetaan oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitojen tukeminen ja kehittäminen.

3.2.2 Työtavat

Kirjallisuudesta löytyy paljon erilaisia käsitteitä määritettäessä menetelmiä, joita käytetään opetuksessa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Käsitteitä, kuten työtapa, opetusmenetelmä, opetusmetodi tai opetusmuoto, käytetään lähes toistensa synonyymeinä. Tässä työssä käytetään termiä työtapa puhuttaessa opetuksen toteuttamisessa käytetyistä menetelmistä. Käytettäessä termiä työtapa opetus- ja oppimisprosessin tarkastelussa painottuu oppilasnäkökulma (Ahtee & Pehkonen, 2000). Siksi tutkija pitää sitä parhaana kuvaamaan menetelmiä, joita käytetään hyödynnettäessä molekyyli-gastronomiassa kemian opetuksen tukena. Työtapa määritellään siis siksi tieksi, jota opettajan ja oppilaiden työskentely etenee inhimillisen vuorovaikutuksen, luonnon kanssa tapahtuvan vuorovaikutuksen sekä työskentelyyn liittyvän loogisen ajatteluprosessin avulla kohti asetettuja tavoitteita (Meisalo & Erätuuli, 1985).

Sahlberg (1996) esittää työtavan yhdeksi selvimmistä tunnusmerkeistä olevan sen perustana oleva käsitteellinen viitekehys. Tässä työssä viitekehystenä työtavoille on kemian opetuksen tukeminen molekyyli-gastronomian avulla. Opettajan halutessa oppia ymmärtämään uuden työtavan merkitys ja käyttö omassa työssään, tulee hänen Sahlbergin (1996) mukaan tutustua työtavan rakenteen ja menettelytapojen ohella niihin teorioihin ja periaatteisiin, joista se on johdettu.

Kemian ilmiöiden jäsentäminen, peruskäsitteiden ymmärtäminen sekä luonnontieteellisen ajattelun kehittäminen edellyttävät opetukselta monipuolisia työtapoja. Valittujen työtapojen taustalla tulee olla pyrkimys kehittää ja tukea oppilaan korkeamman tason ajattelutaitoja. (Aksela, 2005) Menetelmät, joilla voidaan aktivoida oppilaan korkeamman tason ajattelutaitoja, ovat mm. soveltavat tehtävät, kyselyt, keskustelut, käsittekartat ja kokeelliset työt sekä niistä raportointi (Nurminen & Aksela, 2006).

Opetuksen työtapoja voidaan luokitella eritavoin esimerkiksi vuorovaikutuksen luonteen, opetuksen tavoitteiden tai sisältöjen ja oppimisprosessin perusteella. Tässä työssä käytetään Lavosen ja Meisalon työryhmän laatimassa *Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapopöytäkirja* (Lavonen, Meisalo et al., 2009) käytettyä jaottelua neljään ryhmään:

1. Kokeelliset työtapot
2. Luova ongelmanratkaisu työtapot
3. Pienessä ryhmässä opiskelun työtapot
4. Tieto- ja prosessikeskeiset työtapot

Esitetty jaottelu ei ole dikotominen ja esimerkiksi kokeellisten oppilastöiden aikana voidaan käyttää kaikkia edellä mainittuja luokkia työskentelyn eri vaiheissa (Lavonen, Meisalo et al., 2009). Tässä työssä perehdytään kokeellisiin työtapoihin (ks. luku 3.3), johon sisällytetään myös pienessä ryhmässä työskentelyn sekä luovan ongelmanratkaisun työtapoja.

3.3 Kokeellisuus kemian oppimisen tukena

Molekyyligastronomiassa pyritään tuottamaan luonnontieteellistä tietoa. Molekyyligastronomian perimmäisenä tarkoituksena on tutkia ruuanvalmistukseen liittyviä kemiallisia ja fysikaalisia ilmiöitä (This, 2006). Tutkimalla näitä ilmiöitä pyritään ymmärtämään, mihin ilmiöt perustuvat, miten niihin voidaan vaikuttaa sekä miten tutkimuksesta saatua tietoa voidaan soveltaa eteenpäin. Tutkittaessa esimerkiksi vatkausajan vaikutusta valkuaisvaahdon rakenteeseen, havaitaan pidemmän vatkausajan tuottavan kiinteämpää vaahtoa (ks. luku 2.3.3). Tutkimuksesta saatava tieto perustuu empiiriseen havaintoon vatkausajan vaikutuksesta vaahtoon rakenteeseen sekä tietoon proteiinien koaguloitumisesta (ks. luku 2.3.2) ja kyvystä sitoa ilmakehän muodostuvaan vaahtoon

(ks. luku 2.3.3). Tutkimuksesta saatua tietoa jatkaajan vaikutuksesta voidaan hyödyntää esimerkiksi marginin valmistuksessa, jossa tavoitteena on valmistaa kiinteää, kovaa valkuaisvaahtoa.

Kemia on kokeellinen luonnontiede. Tällä tarkoitetaan sitä, että kemian lähtökohtana on luonnossa tapahtuva ilmiö ja siitä tehtävät havainnot. Havaintojen pohjalta pyritään luomaan ilmiötä selittäviä malleja. Hyvä malli ennustaa uutta ja on sovellettavissa yhä uusiin kohteisiin. Luonnontieteellisen tiedon syvällinen ymmärtäminen edellyttää ymmärtämistä kolmella toisiinsa kytkeytyvällä tasolla: mihin tieto perustuu, miten se on saatu ja miten sitä voidaan soveltaa. (Ahtee, 1991)

Kokeellista työskentelyä pidetään itsestään selvänä osana kemian opetusta, tosin kokeellisuuden määrä ja perustelut ovat vaihdelleet suurestikin riippuen esimerkiksi vallalla olevasta filosofisesta suuntauksesta (Lavonen, Meisalo et al., 2009). Nykyisissä lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuudella on merkittävä rooli. Tavoitteeksi opiskelijan osaamiselle on asetettu muun muassa ”*osaa kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida tiedon luotettavuutta ja merkitystä*” sekä ”*opiskelija osaa tehdä ilmiöitä koskevia kokeita ja oppii suunnittelemaan niitä*”. (Opetushallitus, 2003)

Lavonen, Meisalo et al. (2009) perustelevat kokeellisuuden merkitystä kemian opetuksessa luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden omaksumisella, oppimaan oppimisella sekä oppilaan persoonallisuuden monipuolisella kehittämisellä. Aksela (2007) asettaa kokeellisuuden päätavoitteiksi kemian ymmärtämisen tukemisen, kiinnostuksen herättämisen ja sen tukemisen sekä kokeellisuuden taitojen kehittämisen.

Tässä työssä kokeellisella työskentelyllä tarkoitetaan kokeellista toimintaa, jossa oppilas määrätietoisesti tutkii luonnonilmiöitä, suunnittelee koejärjestelyjä ja tulkitsee tuloksia. Oppilaan aktiivisuus on ymmärrettävä ennen kaikkea aktiiviseksi tiedon käsittelyksi, ei pelkästään motoriseksi toiminnaksi. (Lavonen, Meisalo et al., 2009) Kokeellisessa työskentelyssä korkeamman tason ajattelutaitoja voidaan tukea luomalla oppilaille tehtäviä, joissa he muodostavat hypoteeseja, suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksia, muuttavat kokeen muuttujia, tulkitsevat tuloksia ja tarkastelevat niiden luotettavuutta (Aksela, 2007).

Kemiallisia ilmiöitä voidaan tarkastella kolmella toisiinsa kytkeytyvällä tasolla: makro-, mikro- ja symbolisella tasolla. Kemian ymmärtämisen haasteena on sen kolmitasoisuus ja etenkin se, että kemian opetuksessa kemiaa lähestytään usein abstrakteimmalta tasolta, symboliselta tasolta. (Gabel, 1999) Gabelin (1999) mukaan oppilaiden on vaikeaa oppia kemiaa makroskooppisella tasolla, mikäli oppitunneilla käsitellään heille vieraita aineita. Kokeellisten töiden parissa oppilaat työskentelevät ja havainnoivat ilmiöitä tavallisesti juuri makroskooppisella tasolla. Oppilaille vieraiden aineiden käyttäminen tutkimuskohteena tekee opiskelusta oppilaille abstraktimpaa, ja kemian oppiminen vaikeutuu. (Gabel, 1999) Phelps (1996) mukaan oppilaille tuttuun aineiden käyttö parantaa paitsi oppimista makroskooppisella tasolla myös oppilaiden motivaatiota oppia asioita, jotka liittyvät heidän arkielämään. Hyödyntämällä molekyyliogastronomiaa kemian opetuksessa käytetään oppilaille arkielämästä tuttuja aineita, jolla voidaan tukea oppilaiden motivaatiota ja oppimista.

Kokeellisten töiden teettämisen on osoitettu lisäävän oppilaiden vastuuta omasta oppimisestaan sekä kehittävän oppilaan taitoja suunnitella, ohjata ja arvioida omaa oppimistaan. Oppilastyöt siis kehittävät oppilaan metakognitioita eli metakognitiivisia tietoja. (Lavonen, Meisalo et al., 2009) Metakognitiivisia tietoja ovat oppilaan tiedot omista strategioistaan, tehtävän edellyttämistä kognitiivisista vaatimuksista sekä tietoa oppilaan omista heikkouksista ja vahvuuksista (Aksela, 2005). Metakognitiivisten tietojen avulla oppimisesta voi tulla oppilaalle itseohjautuva prosessi, jossa oppilas itse suunnittelee, arvioi ja ohjaa omaa oppimistaan ja tiedon esittämistään tullen vähemmän riippuvaiseksi opettajasta (Lavonen, Meisalo et al., 2009).

3.3.1 Pienryhmäopiskelu

Molekyyliogastronomiaa harjoitetaan Ranskan lisäksi Suomessa muun muassa kuukausittaisilla molekyyliogastronomian tapaamisilla. Näissä tapaamisissa eri alojen asiantuntijat ja muut aiheesta kiinnostuneet kokoontuvat yhdessä käymään keskustelua ja tekemään kokeita jostakin ennakkoon sovitusta molekyyliogastronomisesta aiheesta. (Hopia, 2009)

Myös kemian opetuksessa tulee ottaa huomioon tieteen sosiaalinen puoli. Nykypäivänä tieteenteko on mitä suurimmassa määrin ryhmä- tai tiimityöskentelyä kuin yksilösuorituksia. Laboratorioissa työskentelevien tutkijoiden vuorovaikutuksella on tärkeä rooli luovassa prosessissa. Ryhmän

tuottaman tiedon prosessointiin osallistuu useat ryhmän jäsenet tuoden uusia näkökulmia mukaan prosessiin. (Aksela, 2005)

Lavonen, Meisalo et al. (2009) osoittavat, että tutkittaessa luonnontieteiden opetusta on havaittu pienessä ryhmässä opiskelun edistävän erityisesti luonnon tutkimisen, yhteistyötaitojen ja ajattelun taitojen oppimista sekä muuttavan oppilaiden asenteita positiivisemmiksi luonnontieteitä kohtaan. Lisäksi oppilaiden on havaittu oppivan tietoja ainakin yhtä hyvin kuin muillakin menetelmillä (Lavonen, Meisalo et al. 2009). Pienessä ryhmässä opiskelun etuja ovat mm. korkeampien ajatteluprosessien aktivoituminen, sosiaalisten taitojen kehittyminen, oppilaiden oppiminen toisiltaan sekä oppilaan itsetunnon vahvistuminen. Työskentelystä pelkästään tyttöryhmissä on havaittu olevan hyötyä tytöille. Tietojen suhteen heterogeenisen ryhmän hyödyt korostuvat havaintojen selittämisessä. (Lavonen, 2008)

Ryhmässä toimimisen vaikutus oppimiseen ei ole yksinkertainen ja ennakolta ennustettavissa oleva ilmiö. Pienessä ryhmässä opiskelu edellyttää jatkuvaa opettajan ohjausta, hyvää ennakkosuunnittelua sekä oppilailta paneutumista ja panostamista sekä motivaatiota opiskella. Edellä mainittujen lisäksi haasteeksi pienissä ryhmissä opiskelulle koetaan se, että ryhmätyöskentely vie aikaa enemmän kuin perinteisenä pidetty opetus, jossa hyvin jäseneltyä tietoa pyritään siirtämään suoraan oppilaan ajatuksiin. (Lavonen, 2008)

3.3.2 Kokeellisuus ja luova ongelmanratkaisu

Molekyyligastronomia eli ruuanvalmistuksen tutkiminen edellyttää kykyä luovaan ongelmanratkaisuun. Esimerkiksi tarkasteltaessa eri marenkireseptejä havaitaan, että valkuaisvaahdon valmistustapoja on lähes yhtä monta kuin on reseptejäkin (ks. liite 6: reseptit). Jotta valkuaisvaahdon valmistustapaa on mahdollista kehittää, on ensin havaittava ongelma tai parannusmahdollisuus, ja sen jälkeen menetelmä ongelman ratkaisemiseksi.

Kemian opetuksessa käytettävät kokeelliset oppilastyöt eroavat toisistaan avoimuuden suhteen. Oppilaan näkökulmasta katsottuna tämä tarkoittaa tehtävien salliman itsenäisyyden asteen vaihtelua. Avoimissa tehtävissä oppilaille annetaan mahdollisuus mm. aloitteellisuuteen, ideointiin, päätöksentekoon ja vastuun ottamiseen. Avoimet tehtävät ovat edellytyksenä itsenäiselle työskentelylle. Avoimien tehtävien käyttöä rajoittavia tekijöitä voivat olla mm. käytettävissä oleva

aika, oppilaiden kognitiivinen taso sekä harjaantumattomuus itsenäiseen työskentelyyn. Oppilastöiden avoimuuden astetta voidaan kohottaa vähitellen työn edistyessä ja oppilaiden valmiuksien lisääntyessä. (Lavonen, Meisalo et al., 2009)

Avoimuuden lisääminen kokeellisissa töissä tuottaa lähtökohdan luovan ongelmanratkaisun käyttöön kemian opetuksessa. Luovalla ongelmanratkaisulla tarkoitetaan prosessia, johon kuuluu ongelman tai parannusmahdollisuuden huomaaminen, siihen liittyvien tosiasioiden ja näkemysten tunnistaminen, tavoitteenasettelu ja visioiminen, lähestymistapojen ja ideoiden tuottaminen, ideoiden arvioiminen ja ratkaisun valitseminen, hyväksyttäminen sekä toteuttaminen. (Lavonen, Meisalo et al., 2009) Tässä työssä käytetään Virkkalan (1994) laatimaa määritelmää luovalle ongelmanratkaisulle: ”*ongelmien ratkaisuun katsotaan sisältyvän luovuutta, jos ratkaisu on sen kehittäjälle uusi, ei aivan helposti löytynyt eikä ilmeinen.*”

Luova prosessi lähtee liikkeelle ongelman löytämisestä. Tavallisesti opetus tähtää valmiiden ongelmien yhden ainoan ratkaisun löytymiseen. Luovassa ongelmanratkaisussa ollaan olennaisesti erilaisessa tilanteessa, kun oppilaan on itse löydettävä sekä ongelma että menetelmä sen ratkaisemiseksi. Tällöin ei ole olemassa ”oikeaa ratkaisua”. (Uusikylä, 2002)

Tässä työssä luovaa ongelmanratkaisua tarkastellaan ryhmässä tapahtuvana prosessina. Luovissa ryhmäprosesseissa kiinnitetään huomiota oppilaiden väliseen vuorovaikutukseen. Oppilaita kannustetaan keskustelemaan prosessin aikana. Keskustelulla on suuri merkitys oppilaan koko persoonallisuuden ja metakognitioiden kehittymisen kannalta. (Lavonen, Meisalo et al., 2009) Lavosen, Meisalon et al. (2009) mukaan luovan ryhmäprosessin välttämätön ehto ongelmanratkaisussa on kaikkien ryhmän jäsenten positiivinen asenne. Positiivinen asenne näkyy mm. asioiden ja ideoiden tasapuolisena käsittelynä ja ongelmien näkemisenä haasteina. Muita välttämättömiä ehtoja luovalle ongelmanratkaisulle Lavonen, Meisalo et al. (2009) mainitsevat esimerkiksi omistajuuden eli ongelmien aitouden ja ongelmanratkaisuun sitoutumisen.

Oppilaiden työskennellessä luovan ongelmanratkaisun parissa opettajan tehtävä on toimia taustalla oppilaiden tukena, eräänlaisena konsulttina. Opettajan suurin haaste on luovan ja avoimen ilmapiirin virittäminen, sillä se on yksi ongelmanratkaisun onnistumisen edellytyksistä. Joskus luova ilmapiiri syntyy kuin itsestään, ja joskus sen aikaansaamiseksi tarvitaan sopivia menetelmiä, kuten roolileikin, näytelmän, assosiaatiroleikkien tai ajatuskarttojen käyttöä. Opettajan tulee pyrkiä tukemaan oppilaiden luovaa prosessia, ja samalla pyrkiä välttämään tarkoituksetonta oppilaiden

toiminnanvapauden rajoittamista. Opettajan oma innostus luovaan toimintaan on edellytys sen onnistumiselle. (Sahlberg, Meisalo, Lavonen, & Kolari, 1993) Arvioidessaan oppilaiden luovaa toimintaa, tulee opettajan antaa oppilaille rakentavaa palautetta eli palautetta sekä työn tulosten hyvistä että huonoista puolista. Arvosteleva ja kriittinen palaute on ehkä tehokkain keino tappaa oppilaiden luovuus. (Uusikylä, 2002)

4 Kehittämistutkimus

Tämän kehittämistutkimuksen (Edelson, 2002) tavoitteena on kehittää lukion kemian opetukseen oppimateriaali, jossa molekyyli­gastronomian avulla pyritään tukemaan kemian ymmärtämistä ja ajattelua. Luvussa 4 esitetään suoritettun kehittämistutkimuksen vaiheet ja toteuttaminen. Luvussa 5 tarkastellaan kehittämistutkimuksen tuloksia.

4.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymysten tarkoituksena on ohjata tutkimusta. Tutkimuskysymysten avulla tutkimus pystytään rajaamaan sekä saadaan etenemään loogisesti. Tämä kehittämistutkimus pyrkii vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1 Miten molekyyli­gastronomiaa käsitellään lukion kemian opetuksessa?

1.1 Kuinka paljon ja missä yhteydessä molekyyli­gastronomiaa esiintyy?

1.2 Minkä kemian käsitteen yhteydessä molekyyli­gastronomiaa esiintyy?

2 Minkälainen kokeellinen molekyyli­gastronominen oppimateriaali tukee kemian ymmärtämistä ja ajattelua?

4.2 Kehittämistutkimuksen toteuttaminen

Kehittämistutkimus koostuu kahdesta vaiheesta:

1. Tarveanalyysi (ks. luku 4.2.1)

2. Oppimateriaalin kehittäminen (ks. luku 4.2.2)

Tarveanalyysi suoritettiin kevään 2009 aikana ja oppimateriaali kehitettiin syksyllä 2009.

4.2.1 Tarveanalyysi

Tässä työssä tarveanalyysi suoritettiin oppikirjojen aineistolähtöisenä sisällönanalyysinä (Tuomi & Sarajärvi, 2002). Tarkastelu tehdään oppikirjoihin, koska tutkimusten mukaan toteuttaessaan opetussuunnitelmaa opetuksessaan opettajat tukeutuvat vahvasti oppikirjoihin (Uusikylä & Atjonen, 2000).

Tarveanalyysin tarkoituksena oli selvittää, miten ja missä yhteydessä molekyyliogastronomiaa esiintyy lukion kemian oppikirjoissa ja siten vastata tutkimuskysymykseen 1. Tarveanalyysissä analysoitiin yleisimmät lukion kemian opetuksessa käytetyt oppikirjasarjat, joista käytettiin kirjaintunnuksia A-E (yhteensä 25 oppikirjaa). Analysoidut oppikirjat on esitelty tarkemmin liitteessä 1.

Tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan molekyyliogastronomiaa, kuten se teoriaosassa on määritelty. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin kaikki muu tieteisiin tai kokeellisuuteen perustuva ruuanvalmistus sekä elintarviketieteet ylipäättään. Ruuanvalmistukseen liittyviä mainintoja, joissa ruuanvalmistukseen liittyvää kemiaa ei tarkastella, ei tarkastelussa huomioitu.

Kirjasarjoista analysoitiin kaikki molekyyliogastronomiaan liittyvät asiat ja tehtävät. Tarkastelussa rajoituttiin tarkastelemaan seuraavia yhteyksiä: leipäteksti, kuvateksti, lisätieto-ruutu, harjoitustehtävä, laboratoriotyö sekä muu yhteys. Harjoitustehtävät, joissa vastaukseksi oletetaan ruuanvalmistuksen taustalla olevan kemian perustelemista, otetaan huomioon molekyyliogastronomian mainintana. Samassa harjoitustehtävässä (esim. a- ja b-kohta) tai lisätietoruudussa esiintyneet erilliset molekyyliogastronomiset maininnat luokiteltiin omiksi maininnoikseen.

Tarveanalyysin perusteella muotoiltiin tutkimuskysymykset ja kehitettävän oppimateriaalin laajuus lopulliseen muotoon.

4.2.2 Oppimateriaalin kehittäminen

Tavoitteena oli suunnitella tarveanalyysin ja aiemman tutkimustiedon kontekstuaalisesta oppimisesta, kemian ymmärtämisestä ja ajattelun tukemisesta sekä kokeellisuudesta kemian oppimisen tukena (ks. luvut 3.1–3.3) pohjalta lukion kemian opetukseen oppimateriaali, joka käsittelee molekyyli­gastronomiaa. Molekyyli­gastronomian ei sellaisenaan ole tarkoitus olla opetuksen aiheena, vaan oppimateriaalin on tavoitteena herättää oppilaiden kiinnostus luonnontieteitä kohtaan tukemalla oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä (ks. luku 3.2.1). Kontekstuaalisen oppimisen tavoitteena on herättää oppilaiden mielenkiinto lähtemällä liikkeelle tilanteista, jotka kiinnostavat heitä (ks. luku 3.1). Lisäksi kontekstuaalisen oppimisen lähtökohdaksi on luoda yhteys arkielämän ja tieteen välille. Ongelmanratkaisu-lähestymistavan tavoitteena on käynnistää oppiminen käytännön ongelmien kautta ja herättää oppilaat spontaanisti esittämään kysymyksiä, joihin he alkavat hakea aktiivisesti vastauksia (ks. luku 3.3). Kytkemällä nämä lähtökohdat kokeellisuuteen saavutetaan kemian ja yleisesti luonnontieteille ominainen tapa hankkia ja tuottaa uutta tietoa (ks. luku 3.3). Oppimateriaalissa pyrittiin ennen kaikkea kiinnittämään huomiota oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitojen ja oman toiminnan tukemiseen.

5 Tulokset

Tässä luvussa esitellään tutkimustulokset tutkimuskysymysten mukaisesti. Luvussa 5.1 esitellään tarveanalyysin tulokset ja vastataan tutkimuskysymykseen 1, luvussa 5.2 tarkastellaan kehitettyä oppimateriaalia, jolla vastataan tutkimuskysymykseen 2.

5.1 Molekyyligastronomia lukion kemian opetuksessa

Tarveanalyysissä analysoitiin yhteensä 25 lukion kemian oppikirjaa, yhteensä viisi kirjasarjaa. Analysoiduista oppikirjoista 17 esiintyi molekyyligastronomiaa. Tarveanalyysin keskeisimmät tulokset on koottu taulukoihin 5.1–5.2. Tarveanalyysin aineisto on koottu kokonaisuudessaan liitteeseen 2 ja tutkitut oppikirjat liitteeseen 1.

Tarveanalyysissä havaittiin viiden kirjasarjan välillä olevan vaihtelua molekyyligastronomian esiintymisen osalta. Kaikkien kirjasarjojen ensimmäisestä osasta (Ihmisen ja elinympäristön kemia) ja kolmannesta osasta (Reaktiot ja energia) löytyi molekyyligastronomian mainintoja. Kirjasarjoista A, B ja E löytyi molekyyligastronomiaa kaikkiaan neljästä oppikirjasta. Kirjasarjoista A ja B molekyyligastronomiaa löytyi muiden kirjojen sisällöistä poisluettuna kirjat A5 ja B5, ja kirjasarjasta E poisluettuna kirja E4. Kirjasarjasta C molekyyligastronomiaa löytyi vain kahdesta oppikirjasta, C1 ja C3. Kirjasarjasta D löytyi molekyyligastronomiaa kaikkiaan kolmesta oppikirjasta D1, D2 ja D3. Eniten molekyyligastronomian mainintoja oli kirjasarjassa B (26 mainintaa) ja toiseksi eniten kirjasarjassa D (14 mainintaa). Vajaa puolet (n. 40 %) kaikista molekyyligastronomian maininnoista (63 mainintaa) löytyi kahdesta oppikirjasta: B4 (15 mainintaa) ja D1 (10 mainintaa). Muissa oppikirjoissa mainintojen määrä vaihteli yhdestä kuuteen mainintaa kirjassa. Terminä molekyyligastronomiaa ei esiintynyt oppikirjoissa.

5.1.1 Molekyyligastronomian esiintyminen

Yleisesti ottaen molekyyligastronomiaa esiintyi oppikirjoissa suhteellisen vähän (63 mainintaa). Enimmäkseen molekyyligastronomia maininnat olivat harjoitustehtävien yhteydessä (28 mainintaa) (ks. taulukko 5.1). Tyypillisesti harjoitustehtävässä oli kuvattu jokin ruuanvalmistukseen liittyvä

ilmiö ja tehtävän ratkaisuksi odotettiin kemiallista selitystä ilmiölle. Esimerkki tällaisesta harjoitustehtävästä: ”Seuraavassa on lueteltu arkielämän polymeereihin liittyviä ilmiöitä, joille voidaan antaa myös varsin selkeä kemiallinen selitys. Selitä ilmiö joko sanallisesti tai kaavoja ja reaktioyhtälöitä käyttäen. d) Viljan sitko perustuu valkuaisaineisiin. Kun jauhoja ja vettä vaivataan riittävän kauan, niistä syntyy taikina. Jos jauhoissa on vähän valkuaisaineita ja runsaasti tärkkelystä, taikina ei kohoa kunnolla.” (Kemisti 4, s. 104) Harjoitustehtäviä, jotka liittyivät molekyyliogastronomiaan, löytyi melko tasaisesti eri oppikirjojen väliltä, lukuun ottamatta oppikirjoja C1, D2, E3 ja E5, joista ei löytynyt molekyyliogastronomiaan liittyviä harjoitustehtäviä. Ylivoimaisesti eniten molekyyliogastronomiaan liittyviä harjoitustehtäviä oli kirjasarjassa B (12 mainintaa).

Harjoitustehtävien jälkeen seuraavaksi eniten molekyyliogastronomia tuli esiin leipätekstin (16 mainintaa) ja kuvatekstin (12 mainintaa) yhteydessä. Leipäteksteissä ja kuvateksteissä kuvailtiin tyypillisesti sanallisesti jotakin ruuanvalmistukseen liittyvää ilmiötä, kuten tämä leipätekstissä esiintynyt maininta: ”Pallomaiset proteiinit voivat denaturoitua jopa voimakkaan ravistelun tai vispauksen johdosta. Esimerkiksi marengin valmistaminen kananmunan valkuaisesta perustuu tähän ilmiöön.” (Kide 1, s. 109) Leipäteksteissä esiintyneitä mainintoja oli eniten kirjassa B4 (7 mainintaa), kun muissa oppikirjoissa, joiden leipätekstissä molekyyliogastronomiaa esiintyi, oli yhdestä kahteen mainintaa. Myös kuvatekstien kohdalla oppikirjassa B4 oli eniten mainintoja (3 mainintaa), muissa oppikirjoissa mainintoja oli yksi.

Tutkituista oppikirjoista vain kahdesta löytyi molekyyliogastronomiaan liittyvä kokeellinen laboratoriotyö (oppikirjoissa B4 ja D1). Kummassakin oppikirjassa oli vain yksi molekyyliogastronomiaan liittyvä laboratoriotyö, jotka molemmat liittyivät taikinan tutkimiseen. Oppikirjan D1 laboratoriotyössä tutkittiin sokerin määrän vaikutusta taikinan kohoamisnopeuteen ja kirjassa B4 tutkittiin taikinan sitkoa eri viljalajien välillä.

Taulukko 5.1 Molekyyligastronomia mainintojen esiintyminen oppikirjoittain ja lukumäärittäin.

Esiintymisyhteys Lähde	Leipäteksti	Kuvateksti	Lisätietoruutu	Harjoitustehtävä	Laboratoriotyö	Muu	Yht.
A1		1		1			2
A2				3			3
A3				1			1
A4	2			1		1	4
B1	1	1		4			6
B2				1			1
B3		1		3			4
B4	7	3		4	1		15
C1	2						2
C3		1		2			3
D1	2	1	4	2	1		10
D2	1						1
D3		1		1		1	3
E1		1					1
E2				3			3
E3	1			2			3
E5		1					1
Yht.	16	12	4	28	2	2	63

5.1.2 Molekyyligastronomia ja kemian käsitteet

Kemian käsitteitä, joiden opetuksen yhteydessä oppikirjoissa oli esitetty molekyyligastronomiia, löytyi yhteensä 20 erilaista (ks. taulukko 5.2). Oppikirjoissa esillä olleet kemian käsitteet hajaantuivat oppikirjojen välillä. Oppikirjoissa molekyyligastronomiia tuotiin esille yhdestä neljään eri kemian käsitteen yhteydessä. Yli puolet kaikista kemian käsitteistä, joiden yhteydessä tuotiin esiin molekyyligastronomiia, ovat sellaisia, jotka esiintyivät vain yhdessä oppikirjassa. Monipuolisimmin eri kemian käsitteiden yhteydessä molekyyligastronomiia toivat esiin oppikirjat A4, B1 ja D1, kussakin kirjassa neljän eri kemian käsitteen yhteydessä. Kaiken kaikkiaan monipuolisimmin eri kemian käsitteiden opetuksen yhteydessä hyödynsivät molekyyligastronomiia kirjasarjat B (11 eri käsitettä) ja A (9 eri käsitettä).

Useimmat oppikirjat hyödynsivät molekyyligastronomiaa kemiallisen reaktion ja reaktionopeuden opetuksen yhteydessä (kummassakin 4 mainintaa). Kemiallisen reaktion yhteydessä molekyyligastronomiaa toivat esiin oppikirjat A1, A3, D3 ja E3. Reaktionopeuden yhteydessä esitetyt molekyyligastronomian maininnat löytyivät kirjasarjojen 3. kurssin (Reaktiot ja energia) kirjoista, lukuun ottamatta kirjaa A3, josta ei löytynyt reaktionopeuden yhteydessä molekyyligastronomian mainintoja. Esimerkiksi oppikirjassa E3 reaktionopeuden käsitteen yhteydessä hyödynnettiin molekyyligastronomiaa harjoitustehtävän yhteydessä seuraavasti: ”*Selitä, miksi f) sämpylätaikina kohoaa nopeammin keittiön pöydällä kuin jääkaapissa.*” (Mooli 3, s. 107)

Tarveanalyysissä löytyi vain kerran sama harjoitustehtävä kahdesta eri oppikirjasta (A2 ja E2). Kyseessä oli vanha ylioppilaskoetehtävä syksyltä 1999. Harjoitustehtävässä oli annettu salaattinkastikkeen resepti, jonka pohjalta pyydettiin kemiallisia perusteluja seuraaviin kysymyksiin: ”*miksi a) ruokaetikka ja öljy erottuvat aikaa myöten omiksi kerroksikseen b) suola liukenee paremmin ruokaetikkaan kuin öljyyn c) pöytäliinalle läikkyneestä salaattinkastikkeesta aiheutuneen tahran saa poistettua helpommin saippualliuoksella kuin puhtaalla vedellä.*” (Mooli 2, s. 154) Sama tehtävä on esitetty kyseisissä oppikirjoissa eri kemian käsitteen yhteydessä. Kirja A2 tuo harjoitustehtävän esiin pesuaineiden ja tensidien yhteydessä ja kirja E2 liukoisuuden ja liukenemisen yhteydessä.

Ruuanvalmistuksen perusmolekyylien (ks. luku 2.2) opetuksen kohdalla molekyyligastronomiaa esiintyi vain kolmessa oppikirjassa (A4, B4 ja D1). Hiilihydraattien kohdalla molekyyligastronomian mainintoja oli kolmessa kirjassa (A4, B4 ja D1) ja proteiinien kohdalla kahdessa kirjassa (A4 ja B4).

Taulukko 5.2 Kemian käsitteet, joiden yhteydessä tuotiin esiin molekyyli-gastronomiaa.

Käsite	Lähde																Yht.		
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		E5	
Amiinit															X				1
Denaturoituminen				X					X			X							3
Hapettumisreaktio	X					X					X								3
Hiilihydraatit				X			X				X								3
Hydrolyysi							X												1
Kemiallinen reaktio (yleisesti)	X		X										X				X		4
Kiteytyminen		X																	1
Käymisreaktio							X												1
Liukoisuus ja liukeneminen					X											X			2
Molekyylien väliset vuorovaikutukset					X														1
Puhdas aine ja seos					X														1
Pitoisuus					X											X			2
Pesuaineet ja tensidit		X																	1
Proteiinit				X				X											2
Polymeerit				X				X											2
Reaktionopeus							X			X			X			X			4
Reaktioyhtälö										X									1
Selluloosa ja tärkkelys											X								1
Seos											X								1
Tasapainoreaktio																	X		1
Yht.	2	2	1	4	4	1	3	3	1	2	4	1	2	1	2	2	1	1	36

5.1.3 Yhteenveto tarveanalyysistä

Tarveanalyysin taulukon 5.1 perusteella oppikirjoissa kolme eniten esiintynyttä yhteyttä, joissa molekyyliogastronomiaa hyödynnettiin, ovat harjoitustehtävä (28 mainintaa), leipäteksti (16 mainintaa) sekä kuvateksti (12 mainintaa). Tarveanalyysissä kaksi useimmissa oppikirjoissa esiintynyttä kemian käsitettä (taul. 5.2) olivat kemiallinen reaktio ja reaktionopeus (kummassakin 4 mainintaa). Eniten molekyyliogastronomiaa käsiteltiin lukion kurssien KE1 ja KE3 oppikirjoissa. Molekyyliogastronomian esiintymisessä esiintyi vaihtelua eri oppikirjasarjojen välillä. Eniten molekyyliogastronomian mainintoja oli kirjasarjoissa B ja D.

5.2 Oppimateriaali

Tämän tutkielman oppimateriaalin aiheeksi valittiin molekyyliogastronomiset oppilastyöt, koska tarveanalyysissä selvisi, että molekyyliogastronomiaan liittyviä laboratoriotöitä oli oppikirjoissa vähän. Tarveanalyysin perusteella rajattiin teoriaosio (luku 2) yhteen ruuanvalmistuksen perusmolekyyliin – proteiiniin. Molekyyliogastronomiaan liittyvään oppimateriaaliin otettiin tutkimuskohteeksi kananmunan valkuainen ruuanvalmistuksessa (ks. luku 2.3). Kananmunan valkuainen valittiin teemaksi, koska se on monipuolinen ja edullinen raaka-aine sekä ruuanvalmistuksen tutkimisen kannalta riittävän yksinkertainen raaka-aine oppilastöihin.

Tutkielmassa kehitettiin ongelmaperustaisen oppimisen periaatteita hyödyntävä oppimateriaali. (liitteet 4 ja 5, opettajan materiaali: liite 3). Oppimateriaalin tavoitteena on herättää oppilaiden kiinnostus luonnontieteitä kohtaan tukemalla oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä kytkemällä kemian opetus oppilaiden arkielämään molekyyliogastronomian avulla.

Oppimateriaalista kehitettiin kaksi versiota, jotka eroavat toisistaan tehtävien avoimuuden suhteen. Ensimmäisessä oppimateriaalissa oppilastyöt ovat melko suljettuja, niissä töiden alku- ja lopputilanteet ovat määriteltyjä (Pehkonen, 2008). Oppimateriaalissa oppilaiden tehtävänä on suunnitella tutkimuksia, jolla he ratkaisevat annetut tehtävät. Tehtävien ratkaisuisissa oppilailla on jonkin verran mahdollisuuksia variointiin.

Toisessa oppimateriaalissa oppilastyöt noudattavat avointa lähestymistapaa. Töiden alku- ja lopputilanteet tai molemmat sisältävät useita vaihtoehtoja. Arkielämässä kohdattavat ongelmatilanteet ovat yleensä juuri tämäntyyppisiä. (Pehkonen, 2008)

Oppimateriaalien keskeisenä tavoitteena on tukea oppilaan korkeamman tason ajattelun kehittymistä konteksti- ja ongelmaperustaisten oppilastöiden avulla. Keskeisenä osana oppimateriaaleissa on tutkimuksiin liittyvien ilmiöiden havainnoiminen ja niistä johtopäätösten tekeminen. Oppimateriaalit kytkeytyvät arkielämään, jolloin uuden oppimisen tulisi olla oppilaille mielekästä. Oppimateriaalin tavoitteena on korostaa vapaan ajattelun ja luovuuden merkitystä. (Lavonen, Meisalo et al., 2009)

Oppimateriaaleissa käytettyjä työtapoja ovat kokeellinen työskentely ja luova ongelmanratkaisu. Ongelmanratkaisuun tulee tutustua pienissä ryhmissä, joissa on mieluummin 3-8 henkeä (Sahlberg et al., 1993; Lavonen, Meisalo et al., 2009). Työtavan tavoitteena on ajattelun taitojen ja ryhmässä työskentelyn taitojen kehittäminen. Opetuskeskustelulla varmistetaan, että opettaja asiantuntijana voi tarvittaessa hienovaraisesti ohjata oppilaiden ajatuskulkua eteenpäin.

Oppimateriaaleissa tutustutaan kananmunan valkuaisen vaahtoutumiseen ja valkuaisvaahtoon vaikuttaviin tekijöihin. Valkuaisvaahtoon perehtymisen jälkeen valmistetaan uutta ruokalajia, Vauquelinia, hyödyntämällä valkuaisvaahdosta opittuja asioita. Oppimateriaalit sisältävät kolme oppilastyötä. Oppimateriaaleissa hyödynnetään marengin ja Vauquelin valmistuksen reseptejä (liitteet 6-8) sekä artikkelia kananmunasta ruuanvalmistuksessa: ”*Ruokaan kahlehditut kuplat*” (liite 9).

5.2.1 Oppimateriaali 1: suljettu lähestymistapa

Oppimateriaali (ks. liite 4, opettajan materiaali: liite 3; reseptit: liitteet 6 ja 7; artikkeli: liite 9) sisältää kolme oppilastyötä. Oppimateriaalin keskeisenä tavoitteena on johdatella oppilaita kohti korkeamman tason ajattelua käyttämällä suljettuja tehtävänantoja. Näiden suljettujen tehtävänantojen on tarkoitus innostaa oppilasta tarkastelemaan asiaa lähemmin ja ohjata häntä miettimään, mitä kannattaa kokeilla ja tarkkailla. Luonnontieteelliselle ajattelulle on luonteensaomaista kysymysten esittäminen, jotka johdattelevat tutkittavaa asiaa eteenpäin. Paras tapa opettaa oppilasta tekemään kysymyksiä, on tehdä niitä hänelle malliksi (Ahtee & Pehkonen, 2000).

5.2.2 Oppimateriaali 2: avoin lähestymistapa

Oppimateriaalissa (ks. liite: 5, opettajan materiaali: liite 3; reseptit: liitteet 6 ja 8; artikkeli: liite 9) on kolme oppilastyötä. Oppimateriaalin keskeisenä tavoitteena on korkeamman tason ajattelun kehittyminen käyttämällä oppimateriaalissa avointa lähestymistapaa. Oppimateriaalissa korostuu oppilaan vastuu omasta oppimisestaan, luovan ajattelun kehittyminen sekä kommunikaatio- ja ryhmätyötaidot. Avoin oppimateriaali tarjoaa oppilaille enemmän harkinnanvapautta prosessin aikana, ja he joutuvat käyttämään monipuolisemmin ryhmänsä hallitsevia tietoja hyödykseen ongelmanratkaisussa (Ahtee & Pehkonen, 2000). Oppimateriaalilla pyritään tukemaan oppilaan luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä (ks. luku 3.2.1).

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Tämän tutkielman tarkoituksena oli kartoittaa, millä tavalla lukion oppikirjoissa käsitellään molekyyliogastronomiaa sekä kehitettiin uutta oppimateriaalia lukion kemian opetukseen. Tutkielman lähtökohtana oli molekyyliogastronomian hyödyntäminen kemian opetuksen tukena (luku 3). Molekyyliogastronomian tuomisessa kouluopetukseen hyödynnettiin teorioita kontekstuaalisesta oppimisesta (ks. luku 3.1), kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukemisesta (ks. luku 3.2) sekä kokeellisuudesta kemian opetuksessa (ks. luku 3.3).

Tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena oli uusien oppilastöiden kehittäminen kemian opetukseen. Oppimateriaalin kehittämisen lähtökohtana olivat lukion kemian oppikirjojen pohjalta tehdyn tarveanalyysin tulokset (ks. luku 5.1) ja aiemmat tutkimustulokset, erityisesti korkeamman tason ajattelua tukevista työtavoista (ks. luku 3.2.2). Oppimateriaalin tavoitteeksi asetettiin oppilaiden kemian ymmärtäminen ja ajattelun tukeminen.

6.1 Tarveanalyysi

Lukion kemian opetuksessa on käytössä viisi kirjasarjaa (ks. luku 5.1). Tehty tutkimus osoittaa, että molekyyliogastronomiaa esiintyy lukion kemian opetuksessa käytetyissä oppikirjoissa melko vähän. Tutkituista 25 oppikirjasta 17 oppikirjassa esiintyi molekyyliogastronomiaa ja viidestä kirjasarjasta kolmessa molekyyliogastronomiaa esiintyi yhteensä neljässä kirjassa. Lukion ensimmäisen ja kolmannen kemian kurssin (Ihmisen ja elinympäristön kemia sekä Reaktiot ja energia) oppikirjat olivat ainoat, joiden kaikkien kirjasarjojen kirjoissa esiintyi molekyyliogastronomiaa. Terminä molekyyliogastronomiaa ei esiintynyt tutkituissa oppikirjoissa. Tieteenalan uutuuden vuoksi tämä on ymmärrettävää. Tutkija toivoo, että tulevaisuudessa molekyyliogastronomia tuotaisiin oppikirjoissa esille.

Yleisimmin molekyyliogastronomiaa esiintyi oppikirjoissa harjoitustehtävien kohdalla, joissa tavallisesti tehtävän ratkaisuksi odotettiin ilmiön kemiallista selitystä. Seuraavaksi eniten molekyyliogastronomian mainintoja esiintyi leipätekstissä sekä kuvatekstissä.

Tutkimuksessa selvisi, että molekyyliogastronomiaan liittyviä laboratoriotöitä esiintyy oppikirjoissa vähän. Kokeellisia oppilastöitä esiintyi vain kaksi kappaletta, kahdessa eri kirjasarjan kirjassa. Laboratoriotyöt löytyivät ensimmäisen ja neljännen kemian kurssin (Ihmisen ja elinympäristön kemia sekä Metallit ja materiaalit) oppikirjoista. Molemmat kokeelliset työt liittyivät taikinan tutkimiseen.

Molekyyliogastronomian mainintoja esitettiin oppikirjoissa monipuolisesti yhteensä 20 eri kemian käsitteen kohdalla. Useimmiten molekyyliogastronomiaa tuotiin esiin kemiallisen reaktion ja reaktionopeuden käsitteiden kohdalla. Ruuanvalmistuksen perusmolekyylien (ks. luku 2.2) opetuksen kohdalla molekyyliogastronomiaa esiintyi vain kolmessa oppikirjassa.

6.2 Oppimateriaali

Tässä tutkielmassa kehitetty oppimateriaali sisältää uusia kokeellisia töitä, joiden perustana on käytetty kontekstuaalista oppimista sekä kemian ymmärtämistä ja ajattelun tukemista molekyyliogastronomian avulla. Oppimateriaalin teemaksi valittiin valkuaisvaahto, koska se on monipuolinen ja edullinen raaka-aine sekä ruuanvalmistuksen tutkimisen kannalta riittävän yksinkertainen raaka-aine oppilastöihin. Oppimateriaalin keskeisenä tavoitteena on tukea oppilaan korkeamman tason ajattelun kehittymistä konteksti- ja ongelma-perustaisten oppilastöiden avulla.

Oppimateriaalista kehitettiin kaksi versiota, jotka eroavat toisistaan avoimuuden suhteen. Ensimmäisessä oppimateriaalissa kokeelliset työt ovat suljetumpia ja toisessa materiaalissa on käytetty avoimempaa lähestymistapaa. Oppimateriaaleja voidaan käyttää kaikilla lukion kemian kursseilla, kun halutaan tukea oppilaiden korkeamman tason ajattelua ja pyrkiä kohti kemian ymmärtämistä. Erityisesti oppimateriaaleja voi suositella käytettäväksi lukion 1. kurssilla, *Ihmisen ja elinympäristön kemia*, joka on lukion ainut pakollinen kemian kurssi. Hyödyntämällä oppimateriaaleja etenkin 1. kemian kurssilla, voidaan osoittaa oppilaille kemian kytkeytyminen arkielämään ja siten motivoida oppilaita jatkamaan kemian opiskelua.

Oppimateriaalien kokeellisissa tehtävissä pyritään aktivoimaan ja tukemaan oppilaan korkeamman tason ajattelutaitoja (ks. luku 3.2) noudattamalla luovaa ongelmanratkaisua (ks. luku 3.3). Oppimateriaalien tehtävät tulisi suorittaa pienissä ryhmissä luovan ongelmanratkaisun periaatteiden mukaisesti (ks. luku 3.3). Halutessaan opettaja voi hyödyntää oppimateriaaleja myös etätehtävinä,

jolloin oppilaat suorittavat tutkimukset kotona, joko yksin tai pienessä ryhmässä, ja tutkimusten lopputulokset voidaan purkaa yhdessä oppitunnilla.

6.3 Tutkimuksen merkitys

Tässä tutkielmassa kehitettiin uutta oppimateriaalia kemian opetukseen hyödyntämällä kontekstuaalisen oppimisen menetelmää. Molekyyligastronomian hyödyntäminen kemian opetuksen tukena on kontekstuaalista oppimista (ks. luku 3.1). Kontekstuaalisen oppimisen tavoitteena on lähteä opetuksessa liikkeelle tilanteista, jotka ovat oppilaista mielenkiintoisia ja jotka osoittavat kemian kytkeytymisen arkielämään. Kontekstuaalisella oppimisella on voitu osoittaa olevan hyötyä esimerkiksi oppilaiden kiinnostuksen lisääntymisenä kemiaa kohtaan sekä tieteen ja arkielämän välisen yhteyden löytymisenä (Gilbert, 2006).

Molekyyligastronomian avulla voidaan lähestyä tieteellisiä näkökulmia nuorille hyvin tutussa ja usein mielekkäässä kontekstissa. Hyödyntämällä kemian opetuksessa kontekstuaalista oppimista, pystyttäisiin ehkäisemään nuorten kasvavaa kielteistä asennetta tieteitä kohtaan. Molekyyligastronomia luo myös erinomaisen kontekstin opettaa nuorille kysymysteeton taitoa. (This, 2006)

Toisena näkökulmana tutkimuksessa oli kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen molekyyligastronomian avulla (ks. luku 3.2). Kemian opetuksen tärkeimpiä päämääriä on oppilaiden huomion kiinnittäminen kemiallisen tiedon luonteeseen ja kemian tapaan tuottaa uutta tietoa (Aksela, 2005). Tällä päämäärällä pyritään nykyisissä lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa opetuksen tavoitteiksi asetettuihin tavoitteisiin kehittää muun muassa oppilaiden luonnontieteellistä ajattelua. Nykytutkimuksen valossa oppiminen on oppilaan aktiivista toimintaa (mm. Ahtee et al., 2005), ja kemian syvälinen ymmärtäminen vaatii oppilaalta korkeamman tason ajattelutaitoja: soveltamista, analysointia, arviointia ja kykyä luoda uutta tietoa (Aksela, 2005). Tukemalla oppilaiden korkeamman tason ajattelua voidaan kehittää oppilaiden luonnontieteellistä ajattelua (ks. luku 3.2.1).

Tutkimuksissa on voitu osoittaa, että ajattelutaitojen opettaminen on opettajille varsin vieras aihealue (Nieminen & Aksela, 2006). Mikäli opettajat eivät ole tietoisia ajattelutaidoista, eivätkä panosta niiden opettamiseen tai huomioi niitä opetuksessaan, ei oppilaiden korkeamman tason

ajattelutaidot kehity kemian opetuksessa. Yhdeksi kemian opetuksen tavoitteeksi tulisi asettaa oppilaiden tietoisuuden lisääminen ajattelutaidoista sekä panostaa niiden kehittämiseen ja tukemiseen kemian opetuksessa. Niemisen ja Akselan (2006) tutkimuksen valossa tulee opettajiksi opiskeleville ja opettajille järjestää koulutusta, jossa he voivat kehittää omaa tietoisuuttaan ajattelutaidoista sekä niiden hyödyistä ja hyödyntämisestä kemian opetuksessa.

Tällä tutkimuksella haluttiin osaltaan tukea oppilaiden korkeamman tason ajattelun kehittämistä kemian opetuksessa. Tästä syystä kehitetyt oppimateriaalit pyrkivät tukemaan oppilaiden ajattelun kehittämistä molekyyligastronomian avulla. Koska kemian opetuksessa korkeamman tason ajattelutaitojen tietoinen opettaminen (vrt. Nieminen & Aksela, 2006) tuntuu olevan varsin vierasta opettajille ja tästä syystä varmasti myös oppilaille, haluttiin kehittää oppimateriaalit käyttämällä suljetumpaa ja avoimempaa lähestymistapaa (ks. luku 3.3.2). Tällä pyrittiin siihen, että oppilastöiden avoimuutta voidaan vähitellen kohottaa työn edistyessä ja oppilaiden valmiuksien kehittyessä (Lavonen, Meisalo et al., 2009).

Siirryttäessä suljetummista avoimempiin tehtäviin, oppilas ottaa enemmän vastuuta omasta oppimisestaan, saaden mahdollisuuden mm. aloitteellisuuteen, ideointiin ja päätöksentekoon (Lavonen, Meisalo et al., 2009). Avoimuuden lisääminen johtaa oppilaat tilanteeseen, jossa he saavat hyödyntää luovaa ongelmanratkaisua (ks. luku 3.3.2). Luova ongelmanratkaisu voidaan määritellä Virkkalan (1994) mukaan seuraavasti: *”ongelmien ratkaisuun katsotaan sisältyvän luovuutta, jos ratkaisu on sen kehittäjälle uusi, ei aivan helposti löytynyt eikä ilmeinen.”*

Ensimmäisen oppimateriaalin keskeisenä tavoitteena on johdatella oppilaita kohti korkeamman tason ajattelua käyttämällä suljettuja tehtävänantoja. Suljettujen tehtävänantojen on tarkoitus innostaa oppilasta tarkastelemaan asiaa lähemmin ja ohjata häntä miettimään, mitä kannattaa kokeilla ja tarkkailla. Toisessa oppimateriaalissa keskeisenä tavoitteena on oppilaiden luonnontieteellisen ajattelun kehittäminen käyttämällä oppimateriaalissa avointa lähestymistapaa. Avoin oppimateriaali tarjoaa oppilaille enemmän harkinnanvapautta prosessin aikana, ja he joutuvat käyttämään monipuolisemmin ryhmänsä hallitsevia tietoja hyödykseen ongelmanratkaisussa.

Molekyyligastromiaa on ruuanvalmistuksen tutkiminen kokeellisesti. Tästä syystä kolmas lähtökohta tutkielmassa oli kokeellisuus kemian opetuksen tukena (ks. luku 3.3). Kokeellisuudella on aina ollut merkittävä rooli kemian opetuksessa (Lavonen, Meisalo et al. 2009). Näin jo siitäkin syystä, että kemia on kokeellinen luonnontiede ja sen lähtökohtana on luonnossa tapahtuvat ilmiöt

ja niiden havainnointi (Ahtee, 1991). Kokeellisuuden tavoitteeksi kemian opetuksessa on asetettu muuan muassa kemian ymmärtämisen tukeminen sekä kiinnostuksen herättäminen ja sen tukeminen (Aksela, 2007). Hyödyntämällä molekyyliogastronomiaa kemian opetuksessa voidaan valita oppilaille arkielämästä tuttuja tutkimuskohteita. Kokeellisten töiden teettäminen kehittää oppilaan metakognitiivisia tietoja (Lavonen, Meisalo et al., 2009) ja oppilaille arkielämästä tutut tutkimuskohteet motivoivat oppilaita oppimaan asioita (Phelps, 1996).

Kokeellisuuden avulla voidaan tukea oppilaan ajattelun kehittämistä, kun kokeellisuuden lähtökohtana hyödynnetään pienessä ryhmässä työskentelyä (ks. luku 3.3.1) ja luovaa ongelmanratkaisua (ks. luku 3.3.2). Tässä työssä on hyödynnetty edellä mainittuja työtapoja, joiden viitekehyksenä on käytetty kemian opetuksen tukemista molekyyliogastronomian avulla. Opettajan tulee tutustua edellä mainittujen työtapojen rakenteiden ja menettelytapojen ohella myös teorioihin ja periaatteisiin, joista ne on johdettu. (Sahlberg, 1996)

Jatkossa olisi hyvä tutkia, miten kehitetty oppimateriaali tukee lukion kemian oppilaiden kemian ymmärtämistä ja ajattelua. Tämän tutkimuksen pohjalta oppimateriaalia voidaan kehittää edelleen sekä tuottaa uusia oppimateriaaleja tukemaan korkeamman tason ajattelua. Myös oppimateriaalin käytön haasteita olisi syytä tarkastella. Lisäksi mielenkiintoisia lisätutkimuksen aiheita ovat mm.: Miten molekyyliogastronomia vaikuttaa oppilaiden kiinnostukseen kemiaa kohtaan? Miten molekyyliogastronomian hyödyntäminen kemian opetuksessa vaikuttaa oppilaiden opiskelumotivaatioon? Miten molekyyliogastronominen lähestymistapa kemian opetuksessa vaikuttaa kemian käsitteiden oppimiseen ja ymmärtämiseen? Miten molekyyliogastronomian avulla voidaan tukea oppilaiden käsitteenymmärrystä? Nämä tutkimuskysymykset ovat hyvä alku laajemmalle tutkimukselle molekyyliogastronomian hyödyntämisen mahdollisuuksista kemian opetuksessa ja oppimisessa.

Tällä tutkimuksella on pyritty osaltaan kehittämään kemian opetusta siten, että kemian opetuksessa pyrittäisiin tiedollisten tavoitteiden lisäksi kohti laajempia, opetussuunnitelmaankin kirjattua, tavoitetta kehittää oppilaiden kemian ymmärtämistä ja ajattelua. Tutkimuksella on suuri merkitys kemian opetuksen kehittämiseksi, sillä se on ensimmäinen tutkimus, jossa tarkastellaan molekyyliogastronomian ja kemian opetuksen yhdistämistä.

Molekyyliogastronomia on tieteenalana varsin nuori ja sitä kautta useille opettajille varmasti vielä kohtuullisen uusi tuttavuus. Tästä syystä tulisi opettajaksi opiskeleville ja opettajille tarjota

koulutusta, jotta he olisivat tietoisia molekyyli­gastronomian tarjoamista mahdollisuuksista ja hyödyistä kemian opetuksessa, ja pystyisivät hyödyntämään molekyyli­gastronomiaa osana kemian opetustaan. Molekyyli­gastronomian avulla opettajat saavat erinomaisen kontekstin kehittää ja tukea oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitoja. Tämän jälkeen he voivat ohjata oppilaitaan huomioimaan ympäröivää maailmaa hieman enemmän luonnontieteilijän silmin. Molekyyli­gastronomia antaa uudenlaisen lähestymistavan kehittää oppilaiden korkeamman tason ajattelua kokeellisten oppilastöiden avulla.

Lähteet

Kirjallisuus

- Ahtee, M., (1991). *Työtavat ja luonnontieteiden opetus*, teoksessa Luonnontieteiden opetuksen työtapoja, Pasi Sahlberg (toim.), s. 25–29.
- Ahtee, M., & Pehkonen, E., (2000). *Johdatus matemaattisten aineiden didaktiikkaan*, Helsinki: Edita.
- Ahtee, M., Pehkonen, E., Krzywacki, H., Lavonen J., & Jauhiainen, J., (2005). *Kommunikointi luokassa – opetuksen ydin?*, teoksessa Ainedidaktiikan ja oppimistutkimuksen haasteet opettajankoulutukselle, Ainedidaktinen symposium, Arja Virta, Kaarina Merenluoto ja Päivi Pöyhönen (toim.), www-julkaisu:
http://www.edu.utu.fi/laitokset/tokl/tutkimus/julkaisut/ad_symposium2005_julkaisu.pdf
 (Luettu 18.11.2009)
- Aksela, M., & Juvonen, R., (1999). *Kemian opetus tänään*, Opetushallitus, Helsinki: Edita Oy.
<http://www.edu.fi/julkaisut/kemia1.pdf> (Luettu 17.11.2009)
- Aksela, M., (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach*, Helsinki: Helsingin yliopiston kemian laitos. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/supporti.pdf> (Luettu 17.11.2009)
- Aksela, M., (2007). *Kokeellisuus kemian opetuksessa I*, Luentokalvot, Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Kemian laitos, Kemian opettajankoulutusyksikkö. (Luettu 17.11.2009)
- Anon., (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*, Opetushallitus.
- Anson, M. L., & Mirsky, A. E., (1931). The reversibility of protein coagulation, *J. of Phys. Chem.* **35**,185–193.
- Baldwin, R. E., (1986). *Functional Properties of Eggs in Foods*, teoksessa *Egg Science and Technology*, **3. p.**, MacMillan Publishers, Iso-Britannia, luku 16, s. 345-383.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P., (2009). *Food Chemistry*, **4. p.**, Springer, Saksa.

- Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F., (2005). *A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching secondary science*, University of York, Department of Educational Studies Research Paper, **5**.
- Burley, R. W., & Vadehra, D. V., (1989). *The Avian Egg Chemistry and Biology*, **1.p.**, John Wiley & Sons, USA.
- Cameron, A., (1985). *The Science of Food and Cooking*, Avon: The Bath Press.
- Corsi, A., Milchev, A., Rostiashvili, V. G., & Vilgis, T. A., (2006). Interface stability and copolymers: Application to food systems, *Food Hydrocolloids*, **21**, 870-878.
- Du, L., Prokop, A., & Tanner, R. D., (2002). Effect of Denaturation by Preheating on the Foam Fractionation Behavior of Ovalbumin, *Journal of Colloid and Interface Science*, **248**, 487–492.
- Edelson, D. C., (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of Learning Sciences*, **11**, 105-121.
- Experimental Cuisine Collective, (2007). <http://www.experimentalcuisine.org/>
(Luettu 26.1.2009)
- Exploratorium | The museum of science, art and human perception at the Palace of Fine Arts, (2009). <http://www.exploratorium.edu/cooking/eggs/eggcomposition.html> (Luettu 17.9.2009)
- Fisher, R., (1990). *Teaching children to think*, Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Gabel, D., (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future, *Journal of Chemical Education*, **76**, 548-553.
- German, J. B., O’neill, T. E., & Kinsella, J. E., (1985). Film Forming and Foaming Behavior of Food Proteins, *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, **62**, 1358–1366.
- Gilbert, J., (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, **28**, 957-976.
- GISEL-hanke, Gender Issues , Science Education and Learning.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/tutkimus/gisel/> (Luettu 18.11.2009)
- Hopia, A., (2008). *Kemiaa keittiössä*, Nemo, Keuruu; Otavan Kirjapaino.
- Hopia, A., (2009). Molekyyligastronomia-blogi. www.molekyyligastronomia.fi (Luettu 18.11.2009)

- Jyrhämä, R., (2002). *Ei kysyvää tieltä eksy – pedagogisen ajattelun kehitysvaiheita*, teoksessa Luovuutta, motivaatiota ja tunteita – Opetuksen tutkimuksen uusia suuntia, PS-Kustannus, Jyväskylä, s. 73-95.
- Lavonen, J., (2008). Ainedidatiikka 1, Luentokalvot, Helsingin yliopisto, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta, Soveltavan kasvatustieteen laitos. (Luettu 12.11.2009)
- Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K., Juuti, K., Heikinheimo, S., & Poutiainen, S., (2007). *Työtapaopas*, Helsingin yliopisto, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta, Soveltavan kasvatustieteen laitos, Malu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/> (Luettu 14.11.2009).
- Lersch, M., (2007). *Egg white foam + microwave = Vauquelin*, www-sivustolla Khymos.org. <http://khymos.org/> (Luettu 17.9.2009)
- McGee, H., (1984). *On Food and Cooking – The Science Lore of the Kitchen*, Lontoo: HarperCollins Publishers.
- Meisalo, V., & Erätuuli, M., (1985). *Fysiikan ja kemian didaktiikka*. Helsinki: Otava.
- Mine, Y., (1995). Recent advances in the understanding of egg white protein functionality, *Trends in Food Science and Technology*, **6**, 225-232.
- Nurminen, E., & Aksela, M., (2006). *Kemian opettajien käsityksiä ajattelutaidoista kemian opetuksen tukena*, teoksessa Tutkimusperustainen opettajankoulutus ja kestävä kehitys, Ainedidaktinen symposiumi Osa 1, Helsingin yliopisto, Soveltavan kasvatustieteenlaitos, Jari Lavonen (toim.), s. 144–152.
- Powrie, W. D., & Nakai, S., (1986). *The Chemistry of Eggs and Eggs Products*, teoksessa *Egg Science and Technology*, **3. p.**, MacMillan Publishers, Iso-Britannia, luku 6, s. 97-139.
- Pehkonen, E., (2008). Ainedidatiikka 2, Luentokalvot, Helsingin yliopisto, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta, Soveltavan kasvatustieteen laitos. (Luettu 12.11.2009)
- Robinson, D. S., & Monsey, J. B., (1971). Studies of the composition of egg-white ovomucin, *Biochem. J.*, **121**, 537–547.
- Sahlberg, P., Meisalo, V., Lavonen, J., & Kolari, M., (1993). *Luova ongelmanratkaisu koulussa*, Painatuskeskus, Helsinki.

- Sahlberg, P., (1996). *Kuka auttaisi opettajaa, Post-moderni näkökulma opetuksen muutokseen yhden kehittämisprojektin valossa*, Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research, 119.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, (2009). www-sivustollaan *Fineli*[®] - elintarvikkeiden koostumustietopankki. www.fineli.fi (Luettu 9.6.2009)
- This, H., (2002). Molecular gastronomy, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **41**, 83-88.
- This, H., (2005). Modelling dishes exploring culinary 'precisions': the two issues of molecular gastronomy, *British Journal of Nutrition*, **93**, 139-146.
- This, H., (2005). Molecular gastronomy, *Nature Materials*, **4**, 5-7.
- This, H., (2006). Food for tomorrow? *European Molecular Biology Organization Reports*, **7**, 1062-1066.
- This, H., (2007). *Kitchen mysteries – revealing the science of cooking*, Columbia University Press, USA.
- Uusikylä, K., (2002). *Voiko luovuutta opettaa?*, teoksessa *Luovuutta, motivaatiota ja tunteita – Opetuksen tutkimuksen uusia suuntia*, PS-Kustannus, Jyväskylä, s. 42-53.
- Uusikylä, K., & Atjonen, P., (2000). *Didaktiikan perusteet*, Juva: WS Bookwell Oy.
- Van der Linden, E., McClements, D., & Ubbink, J., (2008). Molecular Gastronomy: A Food fad or an Interface for Science-based Cooking?, *Food Biophysics*, **3**, 246-25.
- Virkkala, V., (1994). *Luova ongelmanratkaisu: tiedonhankinta ja yhdistely toimiviksi kokonaisuuksiksi ammateissa, harrasteissa ja kotielämässä*, **3. p.**, Helsinki.
- Zayas, J. F., (1997). *Functionality of Proteins in Food*, Springer, USA.

Kuvat

- Kuva 2.1 http://winconlin.de/uni/downloads/Chemie/Proteins_lecture_2006.pdf
(Luettu 6.10.2009)
- Kuva 2.2 Corsi, A., Milchev, A., Rostiashvili, V. G., & Vilgis, T. A., (2007). Interface stability and copolymers: Application to food systems, *Food Hydrocolloids*, **21**, 870-878.
- Kuva 2.3 Corsi, A., Milchev, A., Rostiashvili, V. G., & Vilgis, T. A., (2007). Interface stability and copolymers: Application to food systems, *Food Hydrocolloids*, **21**, 870-878.
- Kuva 2.4 Lersch, M., (2007). *Egg white foam + microwave = Vauquelin*, www-sivustolla Khymos.org. <http://khymos.org/> (Luettu 17.9.2009)
- Kuva 2.5 Lersch, M., (2007). *Egg white foam + microwave = Vauquelin*, www-sivustolla Khymos.org. <http://khymos.org/> (Luettu 17.9.2009)

Liite 1: Tutkitut oppikirjat

Oppikirjat, joissa esiintyi molekyyli­gastronomiaa

- A1: Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., Pihko, P., & Salo, K., (2005). *Lukion kemia – REAKTIO 1, Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Tammi.
- A2: Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P., (2006). *Lukion kemia – REAKTIO 2, Kemian mikromaailma*. Helsinki: Tammi.
- A3: Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P., (2006). *Lukion kemia – REAKTIO 3, Reaktiot ja energia*. Helsinki: Tammi.
- A4: Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P., (2006). *Lukion kemia – REAKTIO 4, Metallit ja materiaalit*. Helsinki: Tammi.
- B1: Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., & Mäkelä, R., (2004). *Kemisti 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: WSOY.
- B2: Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., & Mäkelä, R., (2005). *Kemisti 2 – Kemian mikromaailma*. Helsinki: WSOY.
- B3: Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T., & Vakkilainen, K-M., (2005). *Kemisti 3 - Reaktiot ja energia*. Helsinki: WSOY.
- B4: Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T., & Vakkilainen, K-M., (2006). *Kemisti 4 – Metallit ja metriaalit*. Helsinki: WSOY.
- C1: Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J., (2004). *KIDE 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia, KE1*. Helsinki: Otava.
- C3: Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J., (2005). *KIDE 3 – Reaktiot ja energia, KE3*. Helsinki: Otava.

- D1: Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M., (2004). *Neon 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Edita.
- D2: Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M., (2005). *Neon 2 – Kemian mikromaailma*. Helsinki: Edita.
- D3: Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M. (2006). *Neon 3 – Reaktiot ja energia*. Helsinki: Edita.
- E1: Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L., (2005). *MOOLI 1 –Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Otava.
- E2: Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L., (2005). *MOOLI 2 –Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Otava.
- E3: Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L., (2005). *MOOLI 3 –Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Otava.
- E5: Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L., (2005). *MOOLI 5 –Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Otava.

Oppikirjat, joissa ei esiintynyt molekyyli­gastronomiaa

- A5: Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P., (2007). *Lukion kemia – REAKTIO 5, Reaktiot ja tasapaino*. Helsinki: Tammi.
- B5: Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T., & Vakkilainen, K-M., (2007). *Kemisti 5 – Reaktiot ja tasapaino*. Helsinki: WSOY.
- C2: Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J., (2004). *KIDE 2 – Kemian mikromaailma, KE2*. Helsinki: Otava.
- C4: Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J., (2004). *KIDE 4 – Kemian mikromaailma, KE4*. Helsinki: Otava.
- C5: Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J., (2005). *KIDE 5 – Reaktiot ja energia, K5*. Helsinki: Otava.
- D4: Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M., (2006). *Neon 4 – Metallit ja materiaalit*. Helsinki: Edita.
- D5: Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M., (2006). *Neon 5 – Reaktiot ja tasapaino*. Helsinki: Edita.
- E4: Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L., (2005). *MOOLI 4 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Otava.

Liite 2: Tarveanalyysin aineisto

Taulukko 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia –kurssiin (KE1) liittyvät molekyyli­gastronomian maininnat.

Lähde	Mitä sanotaan?	Esiintymisyhteys	Kemian käsite
A1	Hedelmi­en ja juuresten leikkauspinnan tummuminen johtuu entsyymien katalysoimista hapettumisreaktioista. Hapettavana aineena on ilman happi. Tummumista ei tapahdu, jos estetään ilman hapen pääsy leikkauspintaan, tehdään entsyymi toimintakyvyttömäksi tai jos läsnä on antioksidantteja. Siksi esimerkiksi kuoritut juurekset säilytetään vedessä, omenalohkoille puristetaan sitruunamehua ja hedelmäsäilykkeisiin lisätään antioksidantteja. (s. 124)	Kuvateksti	Hapettumisreaktio
A1	Mistä havaitset kemiallisen reaktion tapahtuvan, kun b) hiiva vaikuttaa taikinassa? (s. 134)	Harjoitustehtävä	Kemiallinen reaktio
B1	Kemialliset sidokset pitävät kermavaahdon koossa. Valkuaisainemolekyylit sitoutuvat toisiinsa muodostaen kalvon, jonka sisälle ilmapu­lat jäävät. Rasvamolekyylit puolestaan liittyvät kuplat toisiinsa. (s. 60)	Kuvateksti	Molekyylien väliset vuorovaikutukset
B1	Aineiden liukoisuuteen vaikuttaa myös molekyylikoko. Mitä suurempi molekyyli on sitä hitaammin se liikkuu ja liukenee. Siksi esimerkiksi perunajauhon suurikokoiset tärkkelysmolekyylit liukenevat huonosti veteen, vaikka ne sisältävät runsaasti poolisia kohtia. Veden lämmittäminen kuitenkin edistää vetysidosten muodostumista veden ja tärkkelysmolekyylien poolisten ryhmien välille. Kuumassa vedessä vesi- ja tärkkelysmolekyylit muodostavat hyytelömäisen saostuman eli geelin. Tätä ilmiötä hyödynnetään tavallisesti kiisseliä valmistettaessa. (s. 91)	Teksti	Liukeneminen ja liukoisuus
B1	Pohdi seuraavia tapauksia ja mieti, miten selittäisit ilmiöt b) Kakkutaikina tai majoneesikastike juoksettu. (s. 95)	Harjoitustehtävä	Puhdas aine ja seos
B1	Selitä seuraavat osmoosin avulla (katso tehtävä 102). b) Miksi pihvi kannattaa suolata vasta paistamisen jälkeen? (s. 104)	Harjoitustehtävä	Pitoisuus
B1	Selitä seuraavat osmoosin avulla (katso tehtävä 102). c) Miksi kuoritut perunat keitetään suolavedessä? (s. 104)	Harjoitustehtävä	Pitoisuus
B1	Selitä seuraavat osmoosin avulla (katso tehtävä 102). Miksi porkkanaraasteeseen tai sulamassa oleviin pakastemarjoihin kannattaa lisätä sokeria? (s. 104)	Harjoitustehtävä	Pitoisuus
C1	Sama ilmiö tapahtuu, kun munanvalkuainen keitetäessä koaguloituu eli hyytyy. Silloin sen proteiinien tertiäärirakenne purkautuu ja vähemmän poimuttuneet proteiinimolekyylit tarttuvat toisiinsa. Ne sitovat vettä siten, että tuloksena on keitetystä kananmunasta tuttu valkea, geelimäinen aine. (s. 108)	Teksti	Denaturoituminen

C1	Pallomaiset proteiinit voivat denaturoitua jopa voimakkaan ravistelun tai vispauksen johdosta. Esimerkiksi marengin valmistaminen kananmunan valkuaisesta perustuu tähän ilmiöön. (s. 109)	Teksti	Denaturoituminen
D1	Monien ruokien ja elintarvikkeiden valmistus kotona ja teollisuudessa perustuu erilaisten seosten valmistamiseen. Tyypillinen esimerkki on majoneesi, jota tehdessä ruokaöljy sekoitetaan vesipitoiseen seokseen. Jos sekoitus onnistuu, ruokaöljy hajoaa majoneesiseokseen niin pieniksi pisaroiksi, että silmämääräisesti seos vaikuttaa tasa-aineiselta, vaikka kyseessä on emulsio. (s. 25)	Teksti	Seos
D1	Emulsioita valmistettaessa käytetään usein apuna emulgaattoreita. Ne ovat aineita, jotka helpottavat nesteiden sekoittumista toisiinsa ja parantavat emulsion pysyvyyttä pitämällä faasit toisiinsa sekoittuneina. Majoneesin valmistuksessa sinappi ja kananmunan keltuainen sisältävät aineita, jotka toimivat emulgaattoreina. (s. 27)	Teksti	Seos
D1	Miksi pullataikina nousee? Hiivasienten aiheuttama alkoholikäyminen muuttaa taikinan sisältämän sokerin etanoliksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi. Syntyvät hiilidioksidikuplat jäävät taikinaan muodostuvan verkkorakenteen sisään, ja taikina nousee. Etanoli haihtuu pullasta uunissa tai muodostaa uusia aromiaineita, kuten muita alkoholeja, orgaanisia happoja, aldehydejä ja ketoneja, jotka antavat pullalle osan sen mausta ja tuoksusta. Tutki, miten sokerimäärä vaikuttaa pullataikinan kohoamisnopeuteen. (s. 135)	Laboratoriotyö	Hiilihydraatit
D1	Taikinassa jauhojen tärkkelys pilkkoutuu lyhyemmiksi ketjuiksi ja hiivan entsyymit muuttavat sen käymisreaktiossa uusiksi yhdisteiksi sekä hiilidioksidiksi, joka vapautuessaan kohottaa taikinan. (s. 142)	Kuvateksti	Hiilihydraatit
D1	Tavallisia käsittelyjä kasvisravinnon valmistuksessa ovat kuorinta, paloittelu ja kasvien ryöppäys tai keittäminen. Kuorinta ja paloittelu lisäävät kasviksissa hapen vaikutukselle altista pintaa. Paloitellut omenat tummuvat nopeasti hapettumisreaktioiden vaikutuksesta. Salaatteja tehtäessä nämä reaktiot estetään erilaisilla kastikkeilla. Kastikkeiden sisältämät happamat aineet tuhoavat reaktioita katalysoivia entsyymejä, kun taas rasva-aineet parantavat kasvisravinnon rasvaliukoisten ainesosien imeytymistä verenkiertoon. (s. 144)	Lisätieto-ruutu	Hapettumisreaktio
D1	Kasvien soluseinämien selluloosarakenteet rikkoutuvat keitettäessä, jolloin kasvi pehmenee. Seinämien pektiini muuttuu liukoiseen muotoon, ja vesi pääsee tunkeutumaan soluihin. Solujen sisäosien tärkkelys liusteröityy, ja vesiliukoiset aineet pääsevät siirtymään keitinliemeen. Keitetystä perunasta tärkkelysjyvät sulautuvat yhteen hyytelömäiseksi rakenteeksi. Haarukka uppoaa helposti kypsään perunaan. Joidenkin perunalajikkeiden solut irtoavat toisistaan keittämisen aikana, ja siksi peruna on jauhoinen ja halkeaa helposti. (s. 144)	Lisätieto-ruutu	Selluloosa, tärkkelys
D1	Kun tärkkelyspitoisia aineita, kuten jauhoja, kuumennetaan kuivina, niiden väri muuttuu ruskeaksi. Tämä johtuu siitä, että kuumennettaessa tärkkelysmolekyylit pilkkoutuvat pienempimolekyylisiksi hajoamistuotteiksi. ... Tämän vuoksi ruskean kastikkeen valmistukseen tarvitaan enemmän vehnä jauhoja kuin yhtä paksuun valkokastikkeeseen. Tapahtumaan kutsutaan dekstrinaatioksi. (s. 144)	Lisätieto-ruutu	Selluloosa ja tärkkelys
D1	Hedelmä- ja marjahyytelöiden valmistus taas perustuu pektiiniin, jota on runsaasti hedelmissä ja marjoissa. Keitettäessä pektiini muodostaa veden kanssa kolloidisen liuoksen, joka hyytyy jäädytettäessä lisätyn sokerin ja marjojen sisältämien happojen vaikutuksesta. (s.144)	Lisätieto-ruutu	Hiilihydraatit
D1	Anna kemiallinen selitys seuraaville ilmiöille: a) Perunasta valmistettu laatikkoruoka alkaa maistua makealta (imeltyy), kun sitä valmistuksen alkuvaiheessa pidetään lämpimässä paikassa. (s. 145)	Harjoitustehtävä	Hiilihydraatit
D1	Anna kemiallinen selitys seuraaville ilmiöille: b) Marjahyytelöiden valmistuksessa suositellaan hieman raakoja ja vastikään kypsyneitä marjoja. (s. 145)	Harjoitustehtävä	Hiilihydraatit
E1	Yksinkertainen keino poistaa haihtuvien amiinien haju kalasta on lisätä kalaruokiin sitruunaa. Tällöin amiinit neutraloituvat sitruunahapolla ja niiden epämiellyttävä haju katoaa. (s. 135)	Kuvateksti	Amiinit

Taulukko 2. Mikrokemian maailma –kurssiin (KE2) liittyvät molekyyli­gastronomian maininnat.

Lähde	Mitä sanotaan?	Esiintymisyhteys	Kemian käsite
A2	Oksaalihappo on yksinkertaisin dikarboxyylihappo HOOC-COOH eli (COOH) ₂ . Luonnossa sitä on mm. raparperissa, käenkaalissa, suolaheinässä ja pinaatissa. Raparperista uutettiin veteen oksaalihappoa. Uutteeseen lisättiin kaliumhydroksidiliuosta, jolloin saostui valkeaa kalsiumoksalaattia. c) Mitä tapahtuu, jos lisäät raparperikiisseliin maitoa? (s. 111)	Harjoitustehtävä	Kiteytyminen
A2	Keittokirjassa annetaan salaatikastikkeen valmistamiseksi seuraava ohje: 1 osa ruokaetikkaa, suolaa, 3 osaa kasvisöljyä, sokeria. Ainekset sekoitetaan keskenään ja ravistetaan voimakkaasti. Esitä kemiallinen perustelu, miksi a) ruokaetikka ja öljy erottuvat aikaa myöten omiksi kerroksikseen? (s. 112)	Harjoitustehtävä	Pesuaineet ja tensidit
A2	Keittokirjassa annetaan salaatikastikkeen valmistamiseksi seuraava ohje: 1 osa ruokaetikkaa, suolaa, 3 osaa kasvisöljyä, sokeria. Ainekset sekoitetaan keskenään ja ravistetaan voimakkaasti. Esitä kemiallinen perustelu, miksi b) suola liukenee paremmin ruokaetikkaan kuin öljyyn?(s. 112)	Harjoitustehtävä	Pesuaineet ja tensidit
B2	63. a) Hedelmien tummuminen johtuu hapettumisesta. Tutki, millaisilla aineilla voit estää esimerkiksi omenan tummumisen. Millaisia keinoja tähän annetaan keittokirjoissa? Miten menetelmät selitetään kemiallisesti? (s. 44)	Harjoitustehtävä	Hapettuminen
D2	Proteiinien denaturoituminen voi olla palautumaton tai palautuva muutos. Lämpö, paine, hyvin korkea tai matala pH, säteily ja monet kemikaalit voivat aiheuttaa palautumattoman muutoksen proteiinien rakenteeseen. Esimerkiksi munanvalkuaisen proteiinit denaturoituvat ja muuttuvat kumimaiseksi massaksi kananmunaa keitetessä. Tämä on palautumaton muutos. (s. 107)	Leipäteksti	Denaturoituminen
E2	Mitä tapahtuu, jos b) perunat keitetään suolattomassa vedessä? (s. 71)	Harjoitustehtävä	Pitoisuus
E2	Keittokirjassa annetaan salaatikastikkeen valmistamiseksi seuraava ohje: 1 osa ruokaetikkaa, suolaa, 3 osaa kasvisöljyä, sokeria. Ainekset sekoitetaan keskenään ja ravistetaan voimakkaasti. Esitä kemiallinen perustelu, miksi a) ruokaetikka ja öljy erottuvat aikaa myöten omiksi kerroksikseen? (s. 154)	Harjoitustehtävä	Liukoisuus ja liukeneminen
E2	Keittokirjassa annetaan salaatikastikkeen valmistamiseksi seuraava ohje: 1 osa ruokaetikkaa, suolaa, 3 osaa kasvisöljyä, sokeria. Ainekset sekoitetaan keskenään ja ravistetaan voimakkaasti. Esitä kemiallinen perustelu, miksi b) suola liukenee paremmin ruokaetikkaan kuin öljyyn?(s. 154)	Harjoitustehtävä	Liukoisuus ja liukeneminen

Taulukko 3. Reaktiot ja energia –kurssiin (KE3) liittyvät molekyyli­gastronomian maininnat.

Lähde	Mitä sanotaan?	Esiintymisyhteys	Kemian käsite
A3	3. Mistä havaitset kemiallisen reaktion tapahtuvan, kun b) kakku kypsyy? (s. 14)	Harjoitustehtävä	Kemiallinen reaktio
B3	63. Mieti kemiallinen perustelu seuraaville ruoan säilytyksessä tai ruoanvalmistuksen nopeuttamisessa käytetyille menetelmille. d) kuumennus (s. 60)	Harjoitustehtävä	Reaktionopeus
B3	99. Selvitä, millaisissa tilanteissa a) viljan tai perunan tärkkelys hydrolysoituu ruoan valmistuksen yhteydessä. (s. 83)	Harjoitustehtävä	Hydrolyysi
B3	99. Selvitä, millaisissa tilanteissa b) lihan proteiini hydrolysoituu ruoan valmistuksen yhteydessä. (s. 83)	Harjoitustehtävä	Hydrolyysi
B3	Myös leipomisessa tapahtuu alkoholikäymistä taikinan kohotessa. Etanolin ohella syntyvä hiilidioksidi saa taikinan nousemaan ja etanoli poistuu leivästä viimeistään paistettaessa. (s. 99)	Kuvateksti	Käymisreaktio
C3	26A Leivonnaisten valmistuksessa käytetään kohotusaineita, jotka tuottavat taikinaan hiilidioksidia. Hiivan vaikutuksesta sokerista ja tärkkelyksestä muodostuu alkoholia, hiilidioksidia ja aromiaineita. Ruokasoodan ja leivinjauheen teho perustuu vetykarbonaatti-ionien reaktioon, jossa vapautuu hiilidioksidia. (s. 26)	Kuvateksti	Reaktioyhtälö
C3	32. Selitä seuraavat havainnot: b) Paine­kattilan käyttö lyhentää keittoaikaa ruuanvalmistuksessa. (s. 107)	Harjoitustehtävä	Reaktionopeus
C3	35. Paloitellun omenan leikkauspinnat tummentuvat melko nopeasti. Tämä johtuu entsyymien katalysoimasta hapettumisesta. Värin tummuminen on kuitenkin paljon hitaampaa, jos leikkauspinoille tiputetaan sitruunamehua. Mikä kemiallinen ilmiö on todennäköisin syy reaktion hidastumiseen? (s. 107)	Harjoitustehtävä	Reaktionopeus
D3	Kuva 1.8 Aine vie enemmän tilaa kaasumaisessa muodossa kuin nesteenä tai kiinteänä. Kun maissinjyviä kuumennetaan öljyssä, niiden sisältämä vesi höyrystyy. Koska vesihöyryn tilavuus on noin 1 000 kertaa suurempi kuin nesteenä jyvien sisällä, maissinjyvät pokshtelevat popcorniksi. (s. 35)	Kuvateksti	Kemiallinen reaktio
D3	Taulukko 2.4 Ruoka-aineiden pilaantuminen johtuu haitallisten mikro­bien kasvusta. Mikro­bien kasvua estetään erilaisin keinoin. Menetelmä: savustus, Vaikutustapa: Savun yhdisteet estävät kemiallisia reaktioita, Esimerkkejä: savukala ja -liha (s. 78)	Muu	Reaktionopeus
D3	89. b) Miksi perunat kypsyvät kattilassa keitettynä 20 minuutissa, mutta painekattilassa 10 minuutissa? (s. 89)	Harjoitustehtävä	Reaktionopeus
E3	3. Selitä, miksi c) pullataikinaa tehtäessä maito lämmitetään noin käden­lämpöiseksi (s. 12)	Harjoitustehtävä	Kemiallinen reaktio
E3	Leivonnaisten kohottamiseen käytettävä leivinjauhe sisältää natriumvetykarbonaattia NaHCO_3 . Tämä aine hajoaa kuumassa uunissa tuottaen hiilidioksidia seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti: $2 \text{NaHCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{CO}_2 (\text{g})$. Syntyvä hiilidioksidikaasu kohottaa taikinan. (s. 55)	Leipäteksti	Kemiallinen reaktio
E3	133. Selitä, miksi f) sämpylätaikina kohoaa nopeammin keittiön pöydällä kuin jääkaapissa. (s. 107)	Harjoitustehtävä	Reaktionopeus

Taulukko 4. Metallit ja materiaalit –kurssiin (KE4) liittyvät molekyyli­gastronomian maininnat.

Lähde	Mitä sanotaan	Esiintymisyhteys	Kemian käsite
A4	<p>Kolloidi Liuotin Liuennut aine Esimerkkejä</p> <p>vaahto neste kaasu kermavaahto, valkuaisvaahto</p> <p>emulsio neste liuottimeen liukenematon neste majoneesi</p> <p>geeli neste geelin muodostaja (tärkkelys, liivate, pektiini) taikina, hyytelö, kiisseli</p> <p>(s. 111)</p>	Muu	Polymeerit
A4	Korkea lämpötila tuhoaa mikro-organismit sekä parantaa ruuan säilyvyyttä ja sulavuutta. Siksi kirurgiset leikkausvälineet, elintarviketeollisuuden laitteet ja säilykkeet steriloidaan, pakastetut vihannekset ryöpätään ja ruokaa valmistetaan kuumentamalla. (s. 121)	Leipäteksti	Proteiinit
A4	Tärkkelys liukenee ainoastaan kiehuvaan veteen. Se muodostaa kolloidisia liuoksia. Vesimolekyylit pääsevät rikkomaan ketjujen välisiä vetysidoksia. Muutamassa päivässä tärkkelys­ketjut kuitenkin liimautuvat uudestaan toisiinsa vetysidoksilla ja liuos samenee pikkuhiljaa. Tämän ilmiön huomaa myös leivän kuivuessa ja vanhetessa: tuoreen leivän pehmeys muuttuu vanhan kannikan sitkeydeksi.(s. 124)	Leipäteksti	Hiilihydraatit
A4	13. d) Selvitä, miksi kananmunan valkuainen hyytyy keitettäessä. (s. 169)	Harjoitustehtävä	Denaturoituminen
B4	Piimäjuuston valmistuksessa hapot (piimän maitohappo) ja lämpö denaturoivat maidon valkuaisaineiden sekundaärrakenteen. (s. 92)	Kuvateksti	Proteiinit
B4	82. Seuraavassa on lueteltu arkielämän polymeereihin liittyviä ilmiöitä, joille voidaan antaa myös varsin selkeä kemiallinen selitys. Selitä ilmiö joko sanallisesti tai kaavoja ja reaktioyhtälöitä käyttäen. a) Ruispuuro muuttuu makeaksi pitkään keitettäessä. (s. 104)	Harjoitustehtävä	Hiilihydraatit
B4	82. Seuraavassa on lueteltu arkielämän polymeereihin liittyviä ilmiöitä, joille voidaan antaa myös varsin selkeä kemiallinen selitys. Selitä ilmiö joko sanallisesti tai kaavoja ja reaktioyhtälöitä käyttäen. d) Viljan sitko perustuu valkuaisaineisiin. Kun jauhoja ja vettä vaivataan riittävän kauan, niistä syntyy taikina. Jos jauhoissa on vähän valkuaisaineita ja runsaasti tärkkelystä, taikina ei kohoa kunnolla. (s. 104)	Harjoitustehtävä	Proteiinit
B4	82. Seuraavassa on lueteltu arkielämän polymeereihin liittyviä ilmiöitä, joille voidaan antaa myös varsin selkeä kemiallinen selitys. Selitä ilmiö joko sanallisesti tai kaavoja ja reaktioyhtälöitä käyttäen. e) Hyvä ja murea paisti saadaan riittävän pitkään riiputetusta lihasta. Riiputuksessa raakaa lihaa pidetään kylmässä 1-2 viikkoa. (s. 104)	Harjoitustehtävä	Proteiinit
B4	90. Tutki kotona, mitä valkuaisaineelle (kokeile kohdissa a-d kananmunan valkuaisella ja pehmeähköllä liivatehyytelöllä) tapahtuu seuraavissa tilanteissa. Mikä on ilmiöiden kemiallinen selitys? a) kuumennus (s. 106)	Harjoitustehtävä	Proteiinit
B4	Pullan leipominenkin on polymeerikemiaa. Viljan jyvissä on tärkkelyksen lisäksi valkuaisaineita. Ne ovat tarpeen, jotta jauhoista saataisiin kuohkeaa leipää. Kun taikinaa vaivataan, valkuaisainemolekyylit muodostavat verkon, johon tärkkelys sitoutuu. (s. 108)	Kuvateksti	Polymeerit
B4	Eri viljalajien jauhoista saadaan erilaisia taikinoita. Vehnätaikinassa on tärkeää saada aikaan hyvä sitko. Sitko syntyy sitkoproteiinin, gluteenin, vaikutuksesta. Aluksi jauhojen valkuaisaineet ja tärkkelysjyväset ovat sekaisin ja erillään, mutta taikinaa alustettaessa valkuaisaineet imevät vettä sisäänsä ja paisuvat, jolloin muodostuu säikeinen sitkoverkko. Tämä verkko sitoo hiivan avulla tuotetut kaasukuplat, jolloin taikina kohoo. Hyvä sitko on kimmoisaa ja venyvä. (s. 109)	Leipäteksti	Polymeerit

B4	Ruisleivonta perustuu tärkkelykseen ja sitä hajottaviin entsyymeihin. Mitä hienompia jauhot ovat, sitä nopeammin taikina muodostuu ja sitä paremmin se sitoo vettä ja liisteröityy. Tärkkelyksen liisteröityminen tekee ruisleivälle ominaisen rakenteen. Jos vilja on vanhaa tai itänyttä, tärkkelys ei pysty sitomaan vettä ja liisteröitymään yhtä hyvin, jolloin leivästä tulee tiivis ja taikinamainen. Siksi on tärkeää, että leivonnassa käytetään tuoreita ja hyvälaatuisia ruisjauhoja. (s. 109)	Leipäteksti	Polymeerit
B4	Ruisleivän happamuus saadaan aikaan raskilla eli hapanjuurella. Juuren valmistuksessa esitaikinan maitohappobakteerien ja hiivojen aiheuttamassa käymisessä syntyy yhdisteitä, jotka antavat mm. leivälle maun ja aromin. Jokaisella leipomolla on oma juurensa, ja siksi eri leivät maistuvat hiukan erilaisilta. Myös vehnäleivonnassa voidaan käyttää raskia. (s. 109)	Leipäteksti	Polymeerit
B4	Kananmunan valkuainen sisältää vettä ja proteiineja, keltuainen rasvaa, proteiineja ja karotenoideja (väriaineet). Kun kananmunaa kuumennetaan, proteiinit denaturoituvat ja jähmettyvät eli koaguloituvat. Kananmuna on kokonaan hyytynyt 70 asteessa. Laimentaminen kohottaa koaguloitumislämpötilaa, ja esimerkiksi maidon lisääminen nostaa hyytymislämpötilan noin 80 asteeseen. Suolat nostavat hyytymistä, ja siksi esimerkiksi uppomunat hyydytetään suolavedessä. (s. 110)	Leipäteksti	Polymeerit
B4	Liian pitkä kuumennus tai huono jäähditys saattavat värjätä keltuaisen harmahtavaksi. Tämä johtuu siitä, että keltuaisen sisältämä rauta reagoi aminohapoista vapautuneiden sulfidi-ionien kanssa, jolloin syntyy tummaa rautasulfidia. Sulfidi-ioni voi vapautua myös rikkivetynä H ₂ S, joka aiheuttaa pilaantuneen kananmunan hajun. (s. 110)	Leipäteksti	Polymeerit
B4	Valkuaista vatkaessa sen sisältämä albumiini-proteiini denaturoituu osittain ilman ja nesteen rajapinnalla, jolloin albumiini jäykistyy ilmakehien ympärille ja syntyy vaahtoa. Valkuaisen vatkaminen on tarkkaa puuhaa, sillä liika vatkaminen sitoo liikaa ilmaa, jolloin vaahtoverkosto hajoaa ja vaahto menettää joustavuutensa. Hapolla voidaan tehdä vaahdosta kuumuutta kestävämpää ja pysyvämpää. Valkuaisen joukossa oleva rasva estää vaahtoutumisen kokonaan. Sokeri tekee vaahdosta muovautuvampaa, vaikka se lisääkin vaahtoutumiseen tarvittavaa aikaa. Mitä hienompaa sokeri on, sitä parempi vaahto saadaan. (s. 110)	Leipäteksti	Polymeerit
B4	Juuston valmistuksessa maito ensin lämmitetään ja siten saostetaan juoksuun tai hapatteen avulla. Saostunutta massaa puristamalla erotetaan vesiliukoiset heraproteiinit. Juuston kovuus riippuu proteiiniaineksestä ja heran määrästä. (s. 111)	Leipäteksti	Polymeerit
B4	Popcornien valmistuksessa kattilan reunoille muodostuu tahmeaa massaa, jota on vaikea pestä pois. Tämä johtuu siitä, että ruokaöljy polymeroituu vähitellen kuumennettaessa. Kuvan polymeeri on muodostunut, kun monta kertaa kuumennettu rypsiöljy on ollut kattilassa useita kuukausia. (s. 111)	Kuvateksti	Polymeerit
B4	Työ 7. Polymeerejä. D. Kotityö 1. Tutki taikinan sitkoa. Ota astiaan vettä ja jauhoja ja alusta niistä sitkeä taikinapallo. Sitkon muodostuminen kestää ainakin kymmenen minuuttia. Pese taikinaa juoksevan, kylmän veden alla, kunnes tärkkelys on huuhtoutunut kokonaan. Jäljelle jää pelkkä valkuaisainemolekyylien muodostama verkko. Millaista se on? Kirjoita tuloksesi vihkoon ja vertaile muiden opiskelijoiden tutkimustuloksiin. Onko eri viljalajien sitkoissa eroa? (s. 136)	Laboratoriotyö	Polymeerit

Taulukko 5. Reaktiot ja tasapaino –kurssiin (KE5) liittyvät molekyyli­gastronomian maininnat.

Lähde	Mitä sanotaan?	Esiintymisyhteys	Kemian käsite
E	Leivin­jauheen sisältämä natriumvetykarbonaatti hajoaa lämmön vaikutuksesta hiilidioksidiksi, joka kohottaa leivonnaisen. Reaktio etenee vain yhteen suuntaan eli se on ns. reversiibeli reaktio. (s. 8)	Kuvateksti	Tasapainoreaktio

Kananmunan valkuaisesta vaahtoa, mutta miten?

Oppimateriaalien lähtökohtana on kontekstuaalinen oppiminen sekä kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen hyödyntämällä kokeellisia oppilastoita (ks. luku 3). Oppimateriaalista kehitettiin kaksi versiota, joista ensimmäisessä on käytetty suljetumpaa ja toisessa avoimempaa lähestymistapaa. Oppimateriaalien tavoitteena on oppilaiden korkeamman tason ajattelun kehittäminen käyttämällä ongelmanratkaisua ja pienissä ryhmissä työskentelyä. Työtapojen tavoitteena on harjaannuttaa oppilaiden ajattelun taitoja, kommunikaatio- ja ryhmässä työskentelyn taitoja. Oppimateriaalin teemana on kananmunan valkuaisen kemia ja tutkimuskohteena valkuaisvaahto.

Oppimateriaalin 1 osiot ja ajankäyttö

Oppimateriaalin 1 (liite 4) ensimmäisessä osiossa oppilaat valmistavat valkuaisvaahtoa ja pohtivat valkuaisen rakenteen muuttumista vaahdotuksen aikana sekä vaahdon rakennetta. Tutustumalla Ruokatieto.fi –sivuston *Kananmunatietoa* –osioon sekä ”*Ruokaan kahlehditut kuplat*” –artikkeliin oppilaat pyrkivät löytämään vastauksia annettuihin aihealueisiin (1-3). Nämä tehtävät voidaan antaa oppilaille kotitehtäväksi. Seuraavaksi oppilaiden tulee laatia tutkimussuunnitelma yhteen annetuista tutkimuskysymyksistä (1-3) sekä toteuttaa suunnitelma. Ensimmäiseen osioon kuluu noin 50–75 minuuttia, riippuen siitä tehdäänkö kaikki vaiheet oppitunnilla vai onko alkuosa teetetty kotitehtävänä. Lisäksi työnpurkamiselle ja keskustelulle on varattu aikaa 10–15 minuuttia.

Toisessa osiossa oppilaat tutustuvat kolmeen eri reseptiin (liite 6), joissa keskeisenä on marengin valmistus. Oppilaiden tulee tarkastella resepteistä, kuinka valkuaisvaahto kehoitetaan valmistamaan sekä kuinka reseptien ohjeet eroavat toisistaan. Tämän voi antaa oppilaille kotitehtäväksi. Seuraavaksi oppilaat keskittyvät yhteen resepteistä. Valitun reseptin pohjalta oppilaat laativat tutkimussuunnitelman, jossa tutkitaan yhtä valkuaisvaahdon valmistamiseen liittyvää ominaisuutta. Tehtävässä on annettu oppilaille esimerkkiaiheita tutkimukselle. Toiseen osioon kuluu noin 75–100 minuuttia, riippuen siitä tehdäänkö kaikki vaiheet oppitunnilla vai onko alkuosa teetetty kotitehtävänä. Lisäksi työnpurkamiselle ja keskustelulle on varattu 10–15 minuuttia.

Kolmannessa osiossa oppilaiden tulee valmistaa Vauquelinia (liite 7) hyödyntämällä ensimmäisessä ja toisessa osiossa oppimiaan tietoja valkuaisvaahdon valmistuksesta. Sen lisäksi tarkastellaan kypsentämisen ja kypsennysajan vaikutuksia valkuaisvaahtoon. Kolmanteen osioon kuluu noin 75 minuuttia, josta 10–15 minuuttia on varattu keskustelulle.

Jos oppimateriaalin kaikki osiot suoritetaan, tulee aikaa varata ainakin noin 200 minuuttia seuraavan jaon mukaisesti:

I osio: 50 minuuttia (kotitehtävä + 50 minuuttia oppitunnista)

II osio: 75 minuuttia (kotitehtävä + yksi 75 minuutin oppitunti)

III osio: 75 minuuttia (yksi 75 minuutin oppitunti)

Oppimateriaalin 2 osiot ja ajankäyttö

Oppimateriaalissa 2 (liite 5) oppilaat tutustuvat neljään erilaiseen reseptiin (liitteet 6 ja 8), joissa kuvataan valkuaisvaahdon valmistus. Oppilaiden tulee tarkastella resepteistä, kuinka valkuaisvaahdo kehotetaan valmistamaan sekä kuinka reseptien ohjeet eroavat toisistaan. Tämän jälkeen oppilaat tutustuvat Ruokatieto.fi –sivuston *Kananmunatietoa* –osioon sekä ”*Ruokaan kahlehditut kuplat*” –artikkeliin ja pyrkivät löytämään vastauksia heitä askarruttaneisiin kysymyksiin. Tähän osioon kuuluu noin 75 minuuttia, josta on varattu keskustelulle 10–15 minuuttia.

Tämän jälkeen oppilaat valitsevat yhden resepteistä, johon tutustuvat tarkemmin. Valitun reseptin pohjalta oppilaat laativat tutkimussuunnitelman, jossa tutkitaan yhtä valkuaisvaahdon valmistamiseen liittyvää ominaisuutta, sekä toteuttavat suunnitelmansa. Tähän osioon kuuluu noin 100 minuuttia, josta on varattu aikaa keskustelulle 25–40 minuuttia.

Oppimateriaalin suorittamiseen kokonaisuudessaan tulee aikaa varata ainakin noin 150 minuuttia seuraavan jaon mukaisesti:

I osio: 75 minuuttia (yksi 75 minuutin oppitunti: reseptien tutkiminen + kysymyksiin vastausten hakeminen)

II osio: 100 minuuttia (yksi 75 minuutin oppitunti tutkimussuunnitelman teko ja suoritus + 25 minuutti loppukeskustelulle)

Tarvittavat materiaalit yhdelle tutkimusryhmälle

- * vispilä
- * kulhoja – ainakin 4 kpl
- * kananmunia – ainakin 8 kpl
- * mehua
- * sokeria

Lisäksi – ryhmän tutkimuskohteesta riippuen

- * tomusokeria
- * happoa
- * vesihaude

Oppilaan arviointi

Arvioinnin tavoitteena on tukea ja ohjata oppilaan työskentelyä tavoitteiden saavuttamiseksi. Kun arvioinnilla pyritään tukemaan luovaa toimintaa, on arvioinnissa tunnistettava, mikä on luovaa toimintaa. Ongelmanratkaisuprosessissa tulee arvioida koko prosessia, ei vain lopputulosta. Ryhmätyöskentelyn arvioinnissa tulee siis arvioida oppilaan panosta koko ongelmanratkaisuprosessissa. Arvosteleva ja kriittinen arviointi on ehkä tehokkain luovuuden tappaja. Arvioinnissa tulee kiinnittää huomiota rakentavaan palautteeseen.

Seuraavaan on koottu muutamia esimerkkejä seikoista, joita tulee ottaa huomioon ryhmän arvioinnissa:

- * monipuolinen ja laaja-alainen tarkka havainnointi
- * ongelmien tunnistaminen, ongelmaherkkyys
- * ongelma-alueen analysointi ja jäsentäminen
- * ongelmaan liittyvien tosiasioiden löytäminen
- * uusien tietojen hankkiminen havainnoimalla, luonnontieteellisillä kokeilla
- * useiden vaihtoehtoisten ratkaisumahdollisuuksien löytäminen
- * parhaiden ratkaisuvaihtoehtojen valinta ja arviointi
- * ideoiden toteuttaminen
- * uusien sovellusmahdollisuuksien löytäminen

Seuraavaan on koottu esimerkkejä seikoista, joita tulee ottaa huomioon oppilaan arvioinnissa:

- * aloitteellisuus ja vastuunotto ryhmässä
- * ideointikyky sekä toisten esittämien ehdotusten huomioiminen ja tukeminen
- * aikaisemmin esitettyjen ideoiden laajentaminen ja yhdistely
- * valmius tarkoituksenmukaiseen työnjakoon

Töiden loppukeskusteluissa tulee ottaa esiin näitä näkökulmia tai pyytää oppilaita kirjallisia kommentteja työstä suoriutumisesta. Oppilaan kypsyyttä osoittaa hänen kykynsä arvioida omia suorituksiaan, omaa asemaansa ja panostaan ryhmätyöskentelyssä. Kehitettyjen oppimateriaalien kannalta, joissa tavoitteena on oppilaan ajattelun kehittäminen, olennaisempia arvioinnin kriteerejä on oppilaan työskentelyn jälkeinen pohdinta siitä, millä tavoin tutkimusta voidaan kehittää tai kuinka opittua asiaa voidaan soveltaa eteenpäin.

Hyödyllisiä molekyyliogastronomian verkkosivuja:

Molekyyliogastronomia-blogi, Anu Hopia, 2009. <http://molekyyliogastronomia.fi/> (Luettu 14.11.2009)

khymos.org -blogi, Martin Lersch, 2009. <http://khymos.org/> (Luettu 14.11.2009)

Exploratorium, 2009. <http://www.exploratorium.edu/cooking/> (Luettu 14.11.2009)

Fooducation.org, Erik Fooladi, 2009. <http://www.fooducation.org/> (Luettu 14.11.2009)

Naturfag.no, 2009. <http://www.naturfag.no/kjemi/seksjon/mg.html> (Luettu 14.11.2009)

Oppimateriaalien lähteet:

Hopia, A., (2008). *Kemiaa keittiössä*, Nemo, Keuruu: Otavan Kirjapaino.

Isotalo, K., Kuittinen, R., & Tennberg, R., (1996). Kotiruoka, Helsinki: OTAVA.

Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K., Juuti, K., Heikinheimo, S., & Poutiainen, S., (2007). *Työtapaopas*, Helsingin yliopisto, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta, Soveltavan kasvatustieteen laitos, Malu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>
(Luettu 14.11.2009)

mtv3.fi, (2009). http://www.mtv3.fi/koti/makuja/reseptit_2008_husun_reseptit.shtml?965545
(Luettu 5.11.2009)

Ruokatieto.fi, (2009). <http://www.ruokatieto.fi/> (Luettu 5.11.2009)

Sahlberg, P., Meisalo, V., Lavonen, J., & Kolari, M., (1993). *Luova ongelmanratkaisu koulussa*, Painatuskeskus, Helsinki, s. 160–164.

Uusikylä, K., (2002). *Voiko luovuutta opettaa?*, teoksessa *Luovuutta, motivaatiota ja tunteita – Opetuksen tutkimuksen uusia suuntia*, PS-Kustannus, Jyväskylä, s. 42-53.

Liite 4: Oppimateriaali 1

Kananmunan valkuaisesta vaahtoa, mutta miten?

Valkuaisvaahdon valmistaminen on yksinkertaista, siinä ei voi epäonnistua. Vai onko se sittenkään niin yksinkertaista? Miksi valkuaisesta ylipäätään muodostuu vaahtoa? Otetaan selvää!

Tutkimus sisältää kolme vaihetta: ilmiöön perehtymisen kahden kokeellisen tutkimusosion avulla ja ilmiön soveltamisen uuden ruokalajin, Vauquelinin, valmistuksessa.

Työ 1. Valkuaisesta vaahtoa

Ryhmä valmistaa valkuaisesta valkuaisvaahtoa, ja vastaa seuraaviin kysymyksiin:

- * miten valkuaisen rakenne muuttui vaahdottamisen aikana?
- * millaista valkuaisvaahto on?

Pohdinta

- * miksi valkuaisesta muodostui vaahtoa sitä vatkaessa?

Valkuaisvaahdon muodostumisen teoriaa

Ryhmä tutustuu Ruokatieto.fi –sivuston *Kananmunatietoa* –osioon:

http://kananmuna.ruokatieto.fi/Suomeksi/Tietoa_kananmunasta/Koti/Ominaisuudet_ruuanvalmistuksessa

sekä artikkeliin "Ruokaan kahlehditut kuplat".

Tarkastelkaa seuraavia asioita:

1. Miten valkuaisvaahto muodostuu?
2. Mitkä tekijät vaikuttavat vaahdonmuodostumiseen?
3. Milloin vaahto on valmis?

Ryhmä valitsee yhden vaihtoehdoista (1-3), ja laatii hypoteesin ja tutkimussuunnitelman, jossa tutkitaan:

- 1) Miten kananmunan ikä vaikuttaa vaahtoutumiseen?
- 2) Miten valkuaisen lämpötila vaikuttaa vaahtoutumiseen?
- 3) Miten vatkausaika vaikuttaa vaahtorakenteeseen?

Opettajan hyväksyttyä ryhmän tutkimussuunnitelman, ryhmä toteuttaa tutkimussuunnitelmansa. Työn suorituksen aikana havainnot kirjataan ylös. Työn suorituksen jälkeen ryhmä tekee johtopäätöksen ja perustelee kokeensa tuloksen. Ryhmien tuloksista keskustellaan koko opetusryhmän kesken.

Työ 2. Valkuaisvaahtorakenteeseen ja määrään vaikuttaminen

Ryhmä tutustuu kolmeen eri reseptiin, joissa valmistetaan marenkia:

1. Marengit
2. Puolukka-marenkikakku
3. "Yritetään nyt kumminkin" –marengit

Resepteistä tarkastellaan vaihetta, jossa kuvataan valkuaisvaahtorakenteen valmistaminen.

Pohditaan aluksi

1. Miten resepteissä kehoitetaan valmistamaan valkuaisvaahto?
 - * Kiinnittäkää huomiota mm. mitä valkuaisen joukkoon lisätään ja mitä missäkin vaiheessa tehdään.
2. Miten reseptien valmistusohjeet eroavat toisistaan?
3. Mikä resepteistä tuntuu parhaalta valkuaisvaahtorakenteen valmistamiseksi? Miksi?

Tehtävä

Ryhmä valitsee resepteistä yhden, johon syventyy tarkemmin. Valitun reseptin pohjalta laaditaan tutkimussuunnitelma tutkimukselle, jossa tutkitaan yhtä valkuaisvaahdon valmistamiseen liittyvää ominaisuutta.

Esimerkkejä tutkimusaiheista:

- 1) Miten sokerin lisääminen vaikuttaa vaahdon rakenteeseen?
- 2) Onko sokerikiteiden koolla vaikutusta vaahdon rakenteeseen?
- 3) Miten hapon lisääminen vaikuttaa valkuaisvaahdotumiseen?
- 4) Miten vesihaude vaikuttaa vaahdon muodostumiseen?
- 5) Mikä vaikutus nesteen lisäämisellä on valkuaisvaahdotumiseen?

Opettajan tulee hyväksyä suunnitelma ennen kuin ryhmä voi aloittaa tutkimussuunnitelman kokeellisen testaamisen. Työn suorituksen aikana havainnot kirjataan ylös. Ryhmien tuloksista keskustellaan koko opetusryhmän kesken.

Työ 3. Vauquelinin valmistus

Ryhmä tutustuu reseptiin, jossa kuvataan Vauquelinin valmistukseen tarvittavat raaka-aineet ja valmistus.

Pohditaan ensin

1. Miksi valmistuksessa käytetään sokeroitua mehua?
2. Miten mehun lisääminen vaikuttaa valkuaisvaahdotumiseen? Miksi?

Vauquelin valmistus

Ryhmä laatii edellisten töiden (1-3) perusteella ohjeen valkuaisvaahdon valmistamiselle, jonka jälkeen ryhmä valmistaa Vauquelinia.

Työn suorituksen aikana ryhmä tutkii, miten kypsentyminen ja kypsennysaika vaikuttavat valkuaisvaahdon rakenteeseen.

Työn jälkeen ryhmä perustelee muulle luokalle laatimansa reseptin valkuaisvaahdon valmistukselle ja esittelee tutkimustuloksensa kypsentämisen ja kypsennysajan vaikutuksista valkuaisvaahdon rakenteeseen. Ryhmien tuloksista keskustellaan koko opetusryhmän kesken.

Liite 5: Oppimateriaali 2

Kananmunan valkuaisesta vaahtoa, mutta miten?

Valkuaisvaahdon valmistaminen on yksinkertaista, siinä ei voi epäonnistua. Vai onko se sittenkään niin yksinkertaista? Miksi valkuaisesta ylipäätään muodostuu vaahtoa? Otetaan selvää!

Tutustutaan ryhmissä neljään eri reseptiin:

1. Marengit
2. Puolukka-marenkikakku
3. "Yritetään nyt kumminkin" –marengit
4. Vauquelin

Resepteistä 1-3 tarkastellaan erityisesti vaihetta, jossa kuvataan valkuaisvaahdon valmistaminen.

Pohditaan

1. Miten resepteissä kehoitetaan valmistamaan valkuaisvaahto?
 - * Kiinnittäkää huomiota mm. mitä valkuaisen joukkoon lisätään ja mitä missäkin vaiheessa tehdään.
2. Miten reseptien valmistusohjeet eroavat toisistaan?
3. Mikä resepteistä tuntuu parhaalta valkuaisvaahdon valmistamiseksi? Miksi?

Ryhmä kokoaa pohdintatehtävästä vapaamuotoisen miellekartan sekä kirjaa ylös mieleen heränneitä kysymyksiä ja epäselviä asioita.

Tutustutaan

Ryhmä tutustuu Ruokatieto.fi –sivustoon *Kananmunatietoa* –osioon sekä artikkeliin "Ruokaan kahlehditut kuplat", ja pyrkii löytämään vastauksia ryhmää askarruttaviin kysymyksiin:

http://kanamuna.ruokatieto.fi/Suomeksi/Tietoa_kanamunasta/Koti/Ominaisuudet_ruuanvalmistuksessa

Tämän jälkeen valkuaisvaahdon valmistuksesta ja ominaisuuksista keskustellaan vielä yhdessä koko opetusryhmän kanssa.

Tehtävä

Ryhmä valitsee resepteistä yhden, johon syventyy tarkemmin. Valitun reseptin pohjalta laaditaan tutkimussuunnitelma tutkimukselle, jossa tutkitaan yhtä valkuaisvaahdon valmistamiseen liittyvää ominaisuutta. Ryhmän tulee siis muodostaa tutkittavasta ominaisuudesta hypoteesi, ja suunnitelma hypoteesin testaamiseksi. Opettajan tulee hyväksyä suunnitelma ennen kuin ryhmä voi aloittaa tutkimussuunnitelman kokeellisen testaamisen.

Työskentelyn päätteeksi ryhmä laatii työselostuksen tekemästään tutkimuksesta. Työselostuksessa tulee esittää hypoteesi tehdystä tutkimuksesta, tutkimuksen tulokset sekä tutkimuksesta tehtävät johtopäätökset.

Loppukeskustelu

Ryhmien tuloksista keskustellaan koko opetusryhmän kesken.

Liite 6: Reseptit

Marengit

2 munanvalkuaista

8 rkl sokeria tai tomusokeria

Vatkaa valkuaiset kovaksi vaahdoksi. Lisää sokeri ruokalusikallinen kerrallaan ja vatkaa voimakkaasti lisäysten välillä. Jatka vatkaamista vielä, kun koko sokerimäärä on lisätty.

Nosta marenkivaahtoa lusikalla nokareiksi pellille leivinpaperin päälle tai pursota siitä erimuotoisia pikkumarenkeja. Voit pursottaa myös marenkilevyn leivinpaperille piirretyn kaavan mukaisesti. Kuivaa marengit 75–100 asteen lämmössä täysin kuiviksi 1½–2 tuntia. Avaa uunin luukku raolleen ja kuivaa vielä uunin jälkilämmössä.

Puolukka-marenkikakku

Pohja

100 g voita
1 dl sokeria
2 keltuaista
1 dl kaurahiutaleita
2 dl vehnäjauhoja
2 tl kanelia
2 tl kardemummaa
2 tl leivinjauhetta
1dl maitoa



Puolukkahilloke

0,5 l puolukoita
1 dl hillosokeria
1 rkl vettä

Valkuaisvaahto

2 valkuaista
2 tippaa sitruunamehua
1,5 dl hienoasokeria
1 tl vaniljasokeria
1 rkl perunajauhoja
2 rkl mantelilastuja

Valmista ensin puolukkahilloke. Soseuta hieman puolukoita perunanuijalla tai sauvasekoittimella. Laita kattilaan puolukat, hillosokeri ja vesi. Keitä miedolla lämmöllä noin viisi minuuttia ja ota kattila pois hellalta ja anna jäähtyä.

Valmista torttupohja. Vaahdota kevyesti margariini ja sokeri. Sekoita joukkoon munankeltuaiset. Yhdistä kaikki kuivat aineet ja sekoita joukkoon. Lisää maito ja sekoita tasaiseksi taikinaksi.

Kaada taikina halkaisijaltaan 22 cm voideltuun irtopohjavuokaan ja tasoita pinta.

Paista 180 asteisessa uunissa 15 minuuttia. Laita valkuaiset puhtaaseen kulhoon ja lisää pari tippaa sitruunamehua ja vaahdota. Lisää joukkoon sokeri ja vaniljasokeri. Jatka vaahdottamista kunnes valkuaisvaahto on kovaa. Sekoita joukkoon perunajauhot sekä mantelilastut.

Ota torttu uunista ja levitä puolukkahilloke päälle. Levitä marenki puolukkahillokkeen päälle.

Kypsennä torttua 20 minuuttia kunnes pinta on kauniin ruskea.

Anna tortun jäähtyä huoneenlämpöiseksi ja nauti.

Lähde: http://www.mtv3.fi/koti/makuja/reseptit_2008_husun_reseptit.shtml?965545
(Luettu 5.11.2009)

”Yritetään nyt kumminkin” –marengit

3 munanvalkuaista

1 kahvikupillinen tomusokeria

pieni loraus tummaa rommia

1. Laita kaikki ainekset kulhoon.
2. Vaahdota aineksia sähkövatkaimella kulhossa hiljalleen kiehuvan vesihauteen päällä, kunnes vaahto on kovaa ja kiiltävää ja vaahdonharjat pysyvät hyvin muodossaan.
3. Upota teräskulho kylmään veteen ja jatka vatkaamista, kunnes seos on jäähtynyt.
4. Pursottimella voit tehdä haluamasi muotoisia marenkeja leivinpaperilla päällystetylle uunipellille.
5. Paista hyvin miedossa lämmössä hitaasti, kunnes marengit ovat sellaisia kuin niiden pitää olla, esimerkiksi 75-100 asteessa noin kaksi tuntia, tai kolme tuntia tai kolme ja puoli tuntia... Tavallisen uunin luukku kannattaa pitää raollaan, jotta marengeista haihtuva vesi pääsee uunista ulos.
6. Jos marengit ovat onnistuneet, onneksi olkoon! Jos eivät, älä välitä – maistuvathan ne edes hieman rommille.

Liite 7: Vauquelin resepti oppimateriaaliin 1

Vauquelin

1 kananmunan valkuainen

1,5 dl sokeroitua mehua tai marjasiirappia

Aloitetaan valmistamalla valkuaisvahto.



Kun vahto on valmista, asetetaan osa siitä lautasella mikroon (360 W) noin 4 sekunniksi.



Liite 8: Vauquelin resepti oppimateriaaliin 2

Vauquelin

1 kananmunan valkuainen

1,5 dl sokeroitua mehua tai marjasiirappia

Aloitetaan vatkaamalla valkuaista. Varmistetaan, että vatkaukseen käytettävä kulho on puhdas, mieluiten metallinen. Kun vatkamista on jatkettu noin 5-10 minuuttia, lisätään siirappi hiljalleen koko ajan vatkatien.



Kun vaahto on valmista, asetetaan osa siitä lautasella mikroon (360 W) noin 4 sekunniksi.



Ruokaan kahlehditut kuplat

Vahto tekee tavallisesta ruuasta herkkua. Ilman vaahtoa cappuccino olisi vain tavallista espressoja ja kermavaahto tavallista kermaa. Kohokkaitakaan ei olisi, ellei taikinaan ensin saataisi vaahtoa.

Vahto on ilma- tai kaasukuplia nesteessä. Puhdas vesi ei pysty muodostamaan vaahtoa, koska veden pintajännitys on siihen liian suuri. Vesi saadaan kuitenkin vaahtoamaan pintajännitystä alentavilla aineilla, kuten saippualla.

Ruuissa pintajännitystä alentavia aineita ovat esimerkiksi tietyt proteiinit ja hiilihydraatit. Mitä enemmän pintajännitystä alentavia aineita ruuassa on, sitä enemmän vaahtoa muodostuu. Muodostuva vahto kuitenkin hajoaa helposti, joten syntyvien kuplien seinämät on vahvistettava oikealla tavalla.

Kananmunan avulla syntyvät esimerkiksi kohokkaat, marengit ja jotkut kakut. Onnistuessaan kokki voi saada aikaan vaahton, jonka tilavuus on jopa kahdeksan kertaa alkuperäistä suurempi.

Munanvalkuaisen vaahto alkaa muodostua, kun kokki vatkaa siihen ilmaa. Joutuessaan kosketuksiin ilman kanssa vesiliukoiset proteiinikerät avautuvat ketjuiksi ja asettuvat ilman ja veden rajapinnalle ympäröiden muodostuvat kuplat.

Voimakkaan vatkauksen vaikutuksesta proteiinimolekyylien rakenne osittain myös särkyä ja ne reagoivat keskenään. Toisin sanoen proteiinit koaguloituvat eli hyytyvät. Samanlainen hyytyminen tapahtuu myös kuumennuksen vaikutuksesta esimerkiksi munakaassa.

Osittain hyytyneet proteiinit jäykistyvät ja vahvistavat kuplien seinämiä. Mitä pidempään vatkaukselta jatkaa, sitä kovempi vaahto muodostuu. Tämä vat-

Kokin kemiaa

Ruokatorstain sarjassa kerrotaan kemiallisista reaktioista, jotka liittyvät ruuanlaiton tuttuihin ilmiöihin.

kauksen ja ilman vaikutuksesta tapahtuva hyytyminen on kananmunan erityispiirre, jota ei ole muiden linnunmunien valkuaisilla.

Kermavaahdon syntymisen alkuvaihe on samanlainen kuin munanvalkuaisella: maidon proteiinit avautuvat osittain joutuessaan ilman ja veden rajapinnalle. Maidon proteiineilla tämä ominaisuus on kuitenkin huomattavasti heikompi kuin kananmunalla, eikä maidon vaahto kestä kovin pitkään ilman rasvan apua.

Vatkaamisen aikana kerman rasvapisarot pakkautuvat ilmakuplien väleihin ja takertuvat samalla toisiinsa. Niistä muo-



LEILA NIEMINEN

dostuu kuplien väliin vaahtoa vahvistavaa "sementtiä". Kermavaahdon tekoon käytettävässä kermassa on oltava rasvaa vähintään 20 prosenttia, jotta vaahto pysyy vaahtona.

Sen sijaan rasvattomasta maidosta syntyy kevyt vaahto, joka kruunaa muun muassa cappuccinon. Se syntyy pelkästään proteiinien avulla.

Vaahtoa voi syntyä myös joihinkin juomiin, kun niistä vapautuu hiilidioksidia. Jotta juoma pystyy vaahtoamaan, siinäkin on oltava liuenneena veden pintajännitystä alentavia aineita. Esimerkiksi oluen vaahtokukka muodostuu, kun nesteestä vapautuvien hiilidioksidikuplien ympärille muodostuu ohut vesikalvo.

Oluen proteiinien ja hiilihydraattien lisäksi myös humalassa on aineita, jotka alentavat veden pintajännitystä.

ANU HOPIA

■ *Elintarvikekemian dosentti Anu Hopia työskentelee tutkijana Helsingin yliopistossa.*