

**Keittiökemian soveltaminen kontekstilähtöisessä monialaisessa kemian  
opetuksessa**

Pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

Kemian opettajakoulutuslaitos

29.5.2018

Riku Laasala

## Tiivistelmä

Pro gradu -tutkielma toteutettiin kehittämistutkimuksena, jonka tarkoitus oli kehittää kemian opetukseen uutta oppimateriaalia keittiökemian kontekstissa. Tutkielmassa myös kartoitettiin oppilaiden näkemyksiä keittiökemiasta kemian opetuksessa. Tutkielman kirjallisessa osassa selvitettiin keittiökemian ja molekyyliastronomian historiaa sekä tutkittiin molekyyliastronomian ja kemian välistä yhteyttä tarkemmin tarkastelemalla yhden elintarvikkeen kemiaa ja ruoanlaitossa esiintyviä kemiallisia ilmiöitä. Lisäksi pohdittiin, kuinka ruoan kanssa työskenteleminen voi vaikuttaa oppilaiden tunteisiin ja heidän motivaatioon.

Kirjallisessa osassa käsiteltiin suklaaseen liittyvää kemiaa. Suklaa koostuu pääosin kiinteistä kaakaopartikkeleista, polymorfisesta kaakaovoin rasvasta, suklaan vesiliukoisesta faasista ja sokerista. Näitä neljää elementtiä käytetään hyväksi suklaan eri käsittelytavoissa. Suklaan ominaisuuksia, karamellisaatioreaktiota ja Maillard-reaktiota voidaan käyttää hyväksi orgaanisen kemian soveltavissa töissä. Keittiökemia voi parantaa oppilaiden motivaatiota kemian opiskeluun, sillä siinä poiketaan rutiinista. Ruoka on osa jokaisen arkipäivää, joten kyseinen konteksti koskettaa jokaisen arkipäivää. Keittiökemiassa käsitellään fysiikkaan, kemiaan ja biologiaan liittyviä asioita, joten keittiökemia on hyvin monialainen konteksti luonnontieteiden opetuksessa.

Tutkielman kokeellinen osa koostui kolmesta kokonaisuudesta. Ensimmäisessä kokonaisuudessa oppilaille suoritettiin kyselytutkimus. Sen tuloksia analysoitiin siitä näkökulmasta, onko keittiökemia toimiva konteksti ja mitä tulee ottaa huomioon materiaaleja luodessa. Toisessa kokonaisuudessa suoritettiin oppikirja-analyysi eräästä olemassa olevasta keittiökemiaan liittyvästä oppikirjasta ja kolmannessa osassa kehitettiin viisi työohjetta osin kyselytutkimuksen ja oppikirja-analyysin pohjalta.

Kyselytutkimusten tulosten mukaan keittiökemia koettiin motivoivaksi työtavaksi, koska ruoan kanssa työskentely kiinnosti oppilaita. Tutkimustulosten mukaan tulevaisuudessa keittiökemiaan liittyvissä työohjeissa tulee kiinnittää huomiota ahaa-elämyksiin, jotka parantaisivat oppimistuloksia. Oppikirja-analyysin mukaan keittiökemian töitä kehittäessä kannattaa keskittyä työvaiheiden selkeyteen sekä työn ja teorian väliseen yhteyteen. Näitä huomioonotettavia seikkoja otettiin huomioon esimerkkityöohjeiden kehittämisessä.

## Esipuhe

Peruskoulun ja lukion uudet opetussuunnitelmat 2010-luvun puolesta välistä korostavat monialaista osaamista ja kiinteitä arkielämän yhteyksiä. Halusin tutkia, millä tavoin kemian opetuksesta saisi samaan aikaan oppilaiden arkipäivää koskettavaa ja hauskaa. Halusin myös luoda materiaalia siinä kemian opetuksen kontekstissa, joka on itselleni melko vieras. Tämän vuoksi keittiökemian tutkiminen kemian opetuksessa valikoitui aiheekseni.

Tutkimuksen suunnittelu aloitettiin syksyllä 2017, jonka aikana suoritettiin kirjallisuushakua. Kirjallisuuden hakuun käytettiin hyväksi JYKDOKia, Google Scholaria ja opetuksen tutkimuksen tietokantaa ERIC:a. Lisäksi painettua materiaalia käytettiin hyödyksi tutkielmassa. Tutkielman kirjallinen osa kirjoitettiin syksyllä 2017. Oppimateriaalin kehittäminen aloitettiin kirjallisen osan kirjoittamisen yhteydessä syksyllä 2017. Lopullinen oppimateriaali valmistui keväällä 2018. Tutkielman ohjaavana opettajana toimi kemian aineenopettajakoulutuksen yliopistonopettaja FT Jouni Välisaari.

Tutkimusalue oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen, sillä opin paljon itsekin elintarvikekemiasta ja itseäni kiinnostava konteksti sai minut innostumaan entistä enemmän kemian opettamisesta ja sen tutkimisesta. Koin, että tutkielman lopputuotteena sain materiaalia, jota voin hyödyntää myöhemmin opetuksessani. Lisäksi saamani tulokset kokeellisessa osassa yllättivät erittäin positiivisesti.

Tutkielmani ohjaus oli mielestäni todella onnistunutta ja saumatonta, ja sain työskennellä tutkielmani parissa juuri niin tehokkaasti kuin halusinkin. Tästä syystä haluan kiittää ohjaajaani Jouni Välisaarta motivoinnista, hyvistä ja elintärkeistä neuvoista sekä loistavista kehitysehdotuksista, jotka veivät tutkielmaa paljon eteenpäin. Kiitän kaikkia tutkimukseen osallistuneita. Kiitän suuresti myös perhettäni, tyttöystävääni, opiskelukavereitani ja ystäviäni tuesta, kannustuksesta ja ymmärryksestä paikoitellen erittäin stressaavina aikoina. Ilman teitä tutkielma ei olisi edennyt ollenkaan haluamallani tavalla ja teidän ansiosta koin aitoa mielihyvää tutkielman kirjoittamisesta.

Jyväskylässä 29.5.2018

Riku Laasala

## Sisällys

KIRJALLINEN OSA .....	1
1. Johdanto .....	2
2. Molekyyligastronomian historia .....	3
3. Molekyyligastronomian ja kemian välinen yhteys .....	6
3.1. Suklaa .....	7
3.1.1. Suklaaganache ja suklaachantilly .....	7
3.1.2. Suklaan temperointi .....	13
3.1.3. Suklaa ja sen terveydelliset vaikutukset .....	15
3.2. Karamellisaatio .....	19
3.3. Maillard-reaktio .....	20
4. Molekyyligastronomian ja opetuksen välinen yhteys .....	22
4.1. Peruskoulun opetussuunnitelma .....	22
4.2. Lukion opetussuunnitelma .....	24
4.3. Tunteet ja motivointi .....	29
4.4. Palautteen ja arvioinnin merkitys tunteille ja motivaatiolle .....	33
4.5. Kokeellisen työn arviointimatriisi ja peruspilarit .....	35
4.6. Motivaation rakentuminen .....	38
4.7. Opetuksen integraatio ja inklusio .....	40
4.8. Kontekstisidonnainen oppiminen ja eheyttävä opetus .....	45
4.9. Monialainen osaaminen .....	51
4.9.1. Laaja-alainen osaaminen .....	51
4.9.2. Ilmiöpohjainen oppiminen .....	53
5. Keittiökemian edut ja huomioitavat asiat kemian opetuksessa .....	56
5.1. Integraatio, kontekstilähtöinen oppiminen ja eheyttävä oppiminen .....	56
5.2. Opettajien näkemykset keittiökemiasta .....	58
KOKEELLINEN OSA .....	60
6. Tutkimuksen taustaa .....	61
7. Tutkimuskysymykset .....	61
8. Tutkimusmenetelmät .....	62
8.1. Kyselytutkimus .....	62
8.2. Oppikirja-analyysi .....	63
8.3. Esimerkkityöohjeiden kehittäminen .....	63
9. Tutkimusaineisto .....	64
10. Tulokset ja tulosten analyysi .....	65

10.1.	Kyselytutkimus .....	65
10.1.1.	Oppilaiden asenteet kemian opiskelua kohtaan .....	65
10.1.2.	Oppilaiden suosimat työtavat kemian opiskelussa .....	66
10.1.3.	Oppilaiden kokemukset keittiökemiasta oppilasvierailuilla .....	68
10.1.4.	Oppilaiden kokemat tunteet ja elämykset keittiökemian opiskelussa.....	69
10.1.5.	Oppilaiden mielipiteet keittiökemiasta .....	70
10.2.	Oppikirja-analyysi.....	72
10.2.1.	Kirjan rakenne.....	73
10.2.2.	Kirjan pedagogiset ratkaisut, helppo työ.....	80
10.2.3.	Kirjan pedagogiset ratkaisut, haastava työ.....	84
10.2.4.	Kirjan pedagogiset ratkaisut, motivoiva työ .....	89
10.2.5.	Analyysi .....	93
10.3.	Esimerkkityöohjeiden kehittäminen .....	94
10.3.1.	Tutkimus suklaan rakenteesta .....	95
10.3.2.	Suklaan sulamispisteen tutkiminen .....	98
10.3.3.	Suklaan temperointityö .....	101
10.3.4.	Karamellisaatiotyö .....	104
10.3.5.	Maillard-reaktiotyö.....	107
10.3.6.	Yhteenveto .....	110
11.	Johtopäätökset .....	112
12.	Kirjallisuusviitteet .....	117

Liitteet

## **KIRJALLINEN OSA**

## 1. Johdanto

*”Kasa kiviä lakkaa olemasta kasa kiviä, kun joku suunnittelee rakentavansa siitä kirkon.”*

– Antoine de Saint-Exupery (1900-1944), ranskalainen kirjailija ja lentäjä

Tämä Pro gradu –tutkielma pohjautuu keväällä 2017 tehtyyn kandidaattitutkielmaan, jossa otettiin selvää, millainen rooli keittiökemialla eli molekyyliogastronomialla on kouluopetuksessa (Laasala, 2017). Kandidaattitutkielmassa havainnoitiin, kuinka aktiivisesti molekyyliogastronomian tutkimusta on suoritettu Suomessa, Ranskassa ja Tanskassa, ja kuinka sitä on integroitu kouluopetukseen mainituissa maissa. Kandidaattitutkielmaan kuului myös kyselytutkimus, jossa selvitettiin suomalaisten opettajien näkemyksiä molekyyliogastronomiasta työtapana. Opettajilta selvitettiin, millaisena työtapana he näkevät molekyyliogastronomian, mitä erityisiä hyötyjä siitä on opetuksessa, mitä haasteita sen toteuttamisessa on sekä sopivia tapoja toteuttaa molekyyliogastronomiia kouluopetuksessa.

Luonnontieteiden opettajille suoritettiin keväällä 2017 kyselytutkimus keittiökemian toteuttamisesta luonnontieteiden opetuksessa (Laasala, 2017). Kyselytutkimuksen tuloksen perusteella voitiin yleistää, että keittiökemian käyttö opetuksessa kiinnostaa opettajia ja hyvin usealla vastaajalla oli myös kokemusta sen käytöstä opetuksessa. Merkittävimmät syyt keittiökemian kannatukselle tutkimuksen mukaan ovat kiinteä arkielämän yhteys, yleissivistävyys ja toteutettavuus kotikeittiössä. Yleisesti keittiökemiaa pidetään innovatiivisena ja motivoivana menetelmänä toteuttaa luonnontieteitä.

Kyselytutkimuksen tulosten mukaan, vaikka keittiökemia nähdään innovatiivisena ja motivoivana tapana toteuttaa luonnontieteiden opetusta, sen toteuttamista ei nähdä mutkattomana tapana suorittaa luonnontieteiden opetusta (Laasala, 2017). Mainittavimmat rajoittavat tekijät keittiökemian toteutuksessa ovat ajan puute, sopivien työtilojen ja –välineiden puute sekä oppimateriaalin puute.

Kyselytutkimuksessa kartoitettiin opettajilta, millä työtavoilla keittiökemiaa voisi toteuttaa opetuksessa (Laasala, 2017). Merkittävä osa kyselytutkimuksen vastaajista toteuttaisi keittiökemiaa teorian ohella oppilastyönä, koska tällöin saadaan nopeasti arkielämän yhteys oppitunnilla käytävään teoriaan. Myös demonstraatio ja erillinen laboratoriokerta nähtiin

sopivana tapana toteuttaa keittiökemiaa. Tässä tutkielmassa pohditaan myös yksittäisten opettajien esittämien ehdotusten toteutettavuutta keittiökemian kontekstissa. Erilaisia työtapoja analysoidaan kokeellisen osan yhteydessä luvussa 10.3.

## 2. Molekyyligastronomian historia

*”Sivilisaation valitettava ilmentymä on se, että Venuksen kaasukehän lämpötilaa voi mitata, muttemme tiedä mitä kohokkaidemme sisällä tapahtuu.”*

- Nicolas Kurti (1908-1998), unkarilaissyntyinen fyysikko, toinen molekyyligastronomian kehittäjistä.

Luonnontieteellisiä ilmiöitä sekä luonnontieteellistä tietämystä on sovellettu ruuanlaitossa sekä muissa elintärkeissä prosesseissa pitkään. 1600-luvulla ranskalainen luonnontieteilijä Denis Papin hyödynsi keksimäänsä höyrypaine kattilaa maukkaan liemen valmistamiseen luiden avulla (Robinson, 1947). 1780-luvulla Antoine Laurent de Lavoisier tutki lihaliemen valmistukseen liittyviä prosesseja sekä elementtejä jotka saattaisivat parantaa prosessia (This, 2006). 1700-1800-lukujen vaihteessa yhdysvaltalainen fyysikko Benjamin Thompson julkaisi tutkimuksia sen ajan keittiövälineistä ja tulisijoista, minkä ansiosta oli mahdollista optimoida keittiön välineet siten, että kokit saattoivat tehdä mahdollisimman herkullista ruokaa (Snitkjær, 2011). Vuonna 1823 ranskalainen kemisti Michel Eugène Chevreul (1786-1889) julkaisi ensimmäiset tutkimukset eläinperäisistä rasvahapoista (Wisniak, 2002). Nämä tutkimukset johtivat steariini- ja oleiinihapon löytämiseen. Tutkimustuloksia käytettiin myöhemmin hyväksi margariinin valmistuksessa.

Modernina aikana ruuanlaittoon liittyviä luonnontieteellisiä ilmiöitä tarkasteltiin ensimmäisen kerran vuonna 1969 (Burke et al., 2012). Silloin unkarilaissyntyinen fyysikko Nicholas Kurti piti televisioitun konferenssin ”Fyysikko Lontoon Royal Institutionin keittiössä”, jossa hän valmisti pari vuotta aiemmin keksityllä mikroaaltouunilla käänteisen *Baked Alaskan*, jossa oli kylmä marenkikuori ja kuuma likööritäyte. 1980-luvulla ranskalainen kemisti Hervé This aloitti ruuanlaittoon liittyvien prosessien luonnontieteellisen tutkimisen empiirisesti todetuista ruuanlaittoon liittyvistä perinteistä, koska This’n mukaan ne perustelevat erittäin tarkat havainnot kummallisista perusteista. (This, 2006) This tutki esimerkiksi sitä, pitääkö paikkansa, että imettävän sian pää on leikattava irti heti, kun se on otettu uunista, tai muuten sen nahka



menettää rapeutensa. This tutki myös Ranskassa voimakkaasti vaikuttanutta uskomusta, jonka mukaan naisten ei kuulu valmistaa majoneesia kuukautisten aikana, sillä muuten se epäonnistuu. This etsi perusteluja myös Englannissa vaikuttaneeseen uskomukseen, jonka mukaan naiset eivät saa hieroa suolaa lihaan samaan aikaan kun heillä on kuukautiset. Vuodesta 1980 lähtien eri uskomuksia ja ruuanlaittoon liittyviä ohjeistuksia on kerätty ja kokeiltu luonnontieteellisessä näkökulmassa pelkästään ranskalaisesta keittiöstä yli 25 000 kappaletta (This, 2008).

Ruuanlaiton luonnontieteellinen tarkastelu koki eräänlaisen mullistuksen vuonna 1984, kun amerikkalainen toimittaja Harold McGee julkaisi kirjan *On Food and Cooking – The Science and Lore of the Kitchen*, jossa esiteltiin ensimmäistä kertaa ruuassa, ruuanlaitossa sekä aineenvaihdunnassa tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia ilmiöitä. (McGee, 2004) Kirjasta ja sen myöhemmistä painoksista löytyy tietoa eri elintarvikkeiden valmistukseen liittyvästä fysiikasta ja kemiasta. Näitä ovat esimerkiksi väkevien alkoholien valmistusprosessit, Maillard-reaktio, eri ruoka-aineiden terveysvaikutukset ja eri substanssien aiheuttamista myrkytystilat sekä niiden parantaminen tai lieventäminen, esimerkiksi krapula ja sen hoito. McGee esitti kirjassa, että luonnontieteellinen tarkastelu on jäänyt pitkään sivurooliin tai tyystin huomiotta ruuanlaitossa ja esitti, että luonnontieteellinen tarkastelu toisi kiinnostavan tulokulman ruuanlaittoon, sillä tiede sidotaan tässä kontekstissa luonnolliseen ja ihmistä läheisesti ympäröivään maailmaan.

Vuonna 1988 ranskalainen kemisti Hervé This *Institut National de la Recherche Agronomique*'lta sekä Nicholas Kurti perustivat tieteenalan, joka etsii mekanismeja eri ilmiöistä, jotka liittyvät ruuanlaittoon sekä ruuan nauttimiseen (This, 2012). Tätä uutta tieteenalaa alettiin kutsua nimellä ”molekulaarinen ja fysikaalinen gastronomia”, joka tarjosi mahdollisuuden kommunikoida muiden jo olemassa olevien tieteenalojen kanssa.

Molekyyligastronomia määriteltiin aluksi tieteenalaksi, joka optimoi reseptejä luonnontieteellisten ilmiöiden tutkimusten nojalla, kyseenalaistaa ruuanlaittoon liittyviä uskomuksia ja luo uusia valmistusmenetelmiä ja ruokalajeja (This, 2012). Myöhemmin termiä muokattiin ja nykyään molekyyligastronomia tutkii ruokaa, siihen liittyviä prosesseja sekä aineenvaihdunnassa tapahtuvia kemiallisia prosesseja (Töyrylä, 2012). Molekyyligastronomian luominen on luonut uusia suuntauksia ravintolamaailmaan ja sovelluksia luonnontieteiden peruskoulu- ja lukio-opetuksessa sekä ammattikokkien koulutuksessa Ranskassa, Kanadassa, Italiassa ja Suomessa (This, 2008).

Molekyyligastronomian eräessä ”perustajamaassa” Ranskassa tieteenala levisi erittäin nopeasti, sillä Hervé This oli molekyyligastronomian perustamisen aikoihin nuori ja erittäin aktiivinen toimija (This, 2011). Termi nousi suuren yleisön tietoisuuteen vuonna 1995 This’n väitöskirjassa ”*La gastronomie moléculaire et physique*”, jossa This pohti muun muassa luonnontieteiden ja ruuanlaiton välistä kuilua (This, 1995). This totesi väitöskirjassaan että ”kokit ja keittiömestarit eivät käy laboratoriossa ja kemistit, biologit ja fyysikot käyvät ravintolassa vain palveltavana”. Samalla hän totesi että ”kokit jotka paistavat lihaa käyttävät prosesseissaan kemiaa ja toisaalta fyysikot jotka tutkivat emulsiota eivät ole kovin kaukana kokkien tekemästä majoneesista”. This on myöhemmin kertonut, ettei ollut tutkinut väitöskirjassaan molekyyligastronomiaa ruuan luonnontieteellisenä tarkasteluna ”jollaisena se perustettiin”, vaan se sekoitti tieteen ja teknologian keskenään (This, 2011).

Vuosituhanen alussa aloitettiin molekyyligastronomian integroiminen ranskalaiseen kouluopetukseen (This, 2011). Työpajojen muodossa suoritettava opetuskokonaisuus *ateliers expérimentaux du goût* (suom. makujen kokeellinen työpaja) on seurausta opetusministeriön linjauksesta, jonka mukaan ruoka ja ruuanlaitto oli saatava takaisin kouluopetukseen. Työpaja soveltaa ruuassa ja sen valmistuksessa esiintyvien luonnontieteellisten ilmiöiden lisäksi taidetta, kulttuuria, tekniikkaa ja teknologiaa ja muodostaa näistä eheän ja sopuisan kokonaisuuden. Työpajan luominen alkoi This’n vuonna 1999 julkaisemasta lastenkirjasta, joka tarkastelee luonnontieteellisiä ilmiöitä ruoan kontekstissa tavalla, jonka lapsikin voi ymmärtää.

*Ateliers expérimentaux du goût* todettiin varsin tehokkaaksi työtavaksi luonnontieteiden opetuksessa, joten Ranskan opetusministeriö otti käyttöön lisää samanlaisia opetuskokonaisuuksia 2000-luvun puolessa välissä (This, 2011). Samaan aikaan opetusministeriö määräsi, että samanlaisia opetuskokonaisuuksia perustettaisiin myös lukiotasolle. Tämän johdosta ranskalaisiin lukioihin perustettiin oma opetuskokonaisuus *ateliers science & cuisine*, joka on työpaja joka yhdistää ruoan ja luonnontieteet innovatiiviseksi ja motivoivaksi kokonaisuudeksi. Myös ranskalaisissa yliopistoissa molekyyligastronomiaa on sovellettu jopa siinä määrin, että se on integroitu erilliseksi opintosuunnaksi. Esimerkiksi Pierre ja Marie Curien yliopistossa Pariisissa biokemian opetuskokonaisuus muutettiin biokemian ja molekyyligastronomian opetuskokonaisuudeksi, jotta kyseiseen opetuskokonaisuuteen saataisiin kiinteä arkielämän yhteys ja se motivoisi enemmän opiskelijoita suuntautumaan alalle. Monissa ranskalaisissa yliopistoissa järjestetään yksittäisiä molekyyligastronomian kursseja ja molekyyligastronomiaa on alettu käyttämään

myös Ranskan kahdessa parhaassa teknillisessä yliopistossa, pariisilaisessa AgroParisTechissä ja montpellier’läisessä SupAgrossa.

Yliopistotasolla molekyyliogastronomiaa ei ole sovellettu vain luonnontieteissä (This, 2011). Pariisin yhteiskunnallinen instituutti on kehittänyt monialaisia oppikokonaisuuksia, joiden eräs osa on molekyyliogastronomia. Näiden kokonaisuuksien tarkoitus on tunnistaa opetuksen tarkoitus ja resurssien sekä niiden puutteen tuomat rajoitukset. Lisäksi näiden oppikokonaisuuksien tarkoitus on olla sekoittamatta tiedettä ja teknologiaa keskenään, mikä on jotain, johon Hervé This on kertonut kompastuneensa väitöskirjassaan vuonna 1995.

Molekyyliogastronomiaa alettiin tutkia Suomessa vuonna 2008 Anu Hopian johdolla. (Ahvenniemi, 2009) Tieteenala on siis suomalaisittain melko uusi asia, mutta molekyyliogastronomiasta on kirjoitettu yksi väitöskirja, ainakin kolme Pro gradu -tutkielmaa sekä joitakin opinnäytetöitä ja kandidaatintutkielmia (Vartiainen *et al.* 2013). Molekyyliogastronomiaan on myös viitattu joissakin luonnontieteen opetukseen liittyvässä Pro gradu -tutkielmassa (Majuri, 2016; Betancourt, 2017).

Suomalaisessa opetuksessa molekyyliogastronomiaa esiintyy instituutioissa, joissa käsitellään elintarvikkeita tai halutaan näyttävyyttä, kuten ravintolakoulut, yliopistot ja kaupalliset organisaatiot (Laasala, 2017). Suomalaisissa yliopistoissa keittiökemian merkitys korostuu Turun yliopistossa, jossa voi opiskella pääaineena elintarviketieteitä. Helsingin yliopistossa on tutkittu keittiökemian työmenetelmiä luonnontieteiden opetuksessa ja yksittäisiä molekyyliogastronomian kursseja järjestetään myös Jyväskylän yliopistossa.

### **3. Molekyyliogastronomian ja kemian välinen yhteys**

*”Will näytti kauhistuneelta. Millainen sieluton hirviö voi olla pitämättä suklaasta?”*

- Cassandra Clare kirjassaan *Clockwork Angel* (2010)

Tässä luvussa käsitellään molekyyliogastronomian ja kemian välistä yhteyttä. Ruoanlaitossa esiintyy todella paljon erilaisia kemiallisia ja fysikaalisia ilmiöitä. Tässä tutkielmassa ollaan otettu esimerkiksi suklaa ja siihen liittyvä kemia sekä karamellisaatio ja Maillard-reaktio, joita

esiintyy paljon ruoanlaitossa (Lehtovaara & Hopia, 2011). Karamellisaatiossa sokeri hajoaa sakkaroosista pelkistäviksi sokereiksi, eli fruktoosiksi ja glukoosiksi ja muiksi yhdisteiksi. Nämä pelkistävät sokerit reagoivat eteenpäin aminohappojen kanssa, mistä syntyy erilaisia väri- ja makuaineita, jotka ovat ominaisia kypsennetyn ruoan aromissa.

### **3.1. Suklaa**

Suklaa on yleisesti pidetty ja herkullinen elintarvike. Jotta keittiökemiasta saadaan mahdollisimman kiinnostava lähestymistapa luonnontieteiden opetukseen, on keksittävä aihe, joka koskettaa mahdollisimman monia ihmisiä. Eräs oiva esimerkki on tutkia suklaan kemiaa, sillä suklaa on yleisesti pidetty elintarvike ja raaka-aine, joka on mukana monen arjessa ja juhlassa. Suklaan miellyttävä maku herättää tunteita, mikä jättää muistijäljen ja täten tekee oppimisprosessista huomattavan tehokkaan. Tunteiden merkitystä oppimisessa käsitellään myöhemmin tässä tutkielmassa. Suklaaganache käsittelee eri faaseja sekä niiden muodostumisia. Suklaan temperointi sopii soveltavaksi työksi, kun käsitellään esimerkiksi rasvoja sekä niiden ominaisuuksia tai yleisesti työtapoja, joissa oikean lämpötilan ylläpitäminen on tärkeää. Koska suklaa on merkittävä osa suomalaista arkea ja juhlaa, keittiökemia on oiva konteksti tutkia myös suklaan terveysvaikutuksia.

#### **3.1.1. Suklaaganache ja suklaachantilly**

Ganache on suklaan ja kerman seos. (McGee, 2004) Sana *ganache* on ranskan kielestä ja tarkoittaa suomeksi tyynyä. Nimitys johtuu ganachen rakenteesta ja suutuntumasta, joka on pehmeä ja ylellinen. Ganache keksittiin 1800-luvun puolessavälissä Ranskassa tai Sveitsissä. Klassinen esimerkki suklaaganachesta ovat palloksi muotoillut suklaatryffelit, jotka on kuorrutettu joko kaakaojauheella tai ohuella kerroksella temperoitua suklaata.

Ganache on eräs yksinkertaisimmista ja tutuimmista tavoista suklaan valmistustavoista. (McGee, 2004) Suklaan ja kerman seosta voi sekoittaa moniin muihinkin makuihin, sitä voi vatkata, jotta ganachen suutuntuma ei ole niin raskas tai toisaalta syventää sen makua vielä enemmän sekoittamalla voita joukkoon. Ganachea käytetään suklaatryffeliin täyteenä ja leivonnaisissa, kuten kakun kuorrutteenä ja täyteenä. *Pot de crème* valmistetaan sulattamalla suklaata kaksinkertaiseen määrään kermaa ja on osaltaan ganache, joka tarjotaan sellaisenaan.

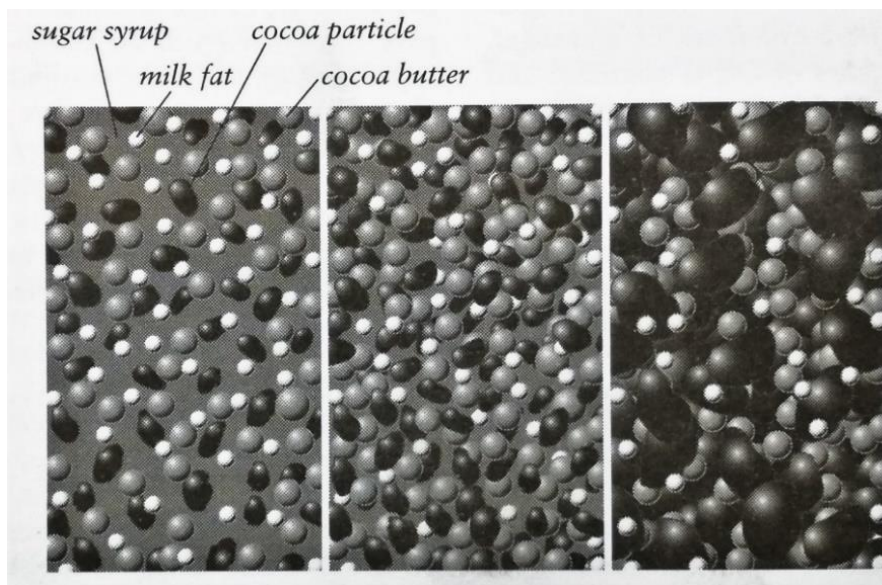
Ganachen makua voidaan muuttaa lisäämällä siihen haluttua aromia, kuten likööriä, vaniljaa tai kahvia (Mercier, 2008).

Ganachen rakennetta voidaan säädellä muokkaamalla suklaan ja kerman suhdetta. (McGee, 2004) Pehmeä ganache valmistetaan sekoittamalla suurin piirtein saman verran suklaata ja kermaa. Toisaalta napakka ganache, joka pitää muotonsa paremmin ja jossa on voimakkaampi suklaan maku, sekoitetaan suhteessa, johon tulee kaksi osaa suklaata ja yksi osa kermaa. Ganachen valmistus aloitetaan kuumentamalla kerma lähes kiehuvaan. Suklaa lisätään pieniksi palasiksi hienonnettuna kuuman kerman joukkoon, jossa sen annetaan sulaa samalla sekoittaen. Seoksesta muodostuu emulsion ja suspension monimutkainen yhdistelmä. Seosta kyllästää siirappi, joka muodostuu kerman vedestä ja suklaan omasta sokerista. Ganachen suspensio-ominaisuudet aikaansaavat kermassa oleva maitorasva sekä suklaan kaakaorasva ja siinä olevat kiinteät kaakaopartikkelit.

Tasaisessa ja pehmeässä ganache-seoksessa on tarpeeksi siirappia, jotta rasva ja kiinteät partikkelit pysyvät aloillaan, mutta napakassa ganachessa on vähemmän siirappia ja suhteellisesti enemmän kaakaopartikkeleita jotka imevät hitaasti kosteutta siirapista, jolloin siirapin määrä vähenee vielä enemmän. (McGee, 2004) Jos suklaassa on paljon kiinteitä kaakaopartikkeleita, ne imevät siirapista niin paljon kosteutta, että ne turpoavat ja tarttuvat toisiinsa. Tämän johdosta vedettömäksi muuttunut emulsio hajoaa, jolloin rasvartikkelit kerääntyvät yhteen ja erottuvat kiinteiden kaakaopartikkeleiden keskeltä. Tästä syystä suklaapitoiset napakat ganachet ovat jokseenkin huonosti säilyviä ja niiden pinnalle syntyy kuvan 1 mukainen vaalea kerros ajan myötä. Suklaan pinnalle muodostuu vaalea kerros, kun suklaan kiinteät kaakaopartikkelit imevät itseensä siirapin kosteuden ja turpoavat. Suklaassa olevat rasvat alkavat tästä syystä erottumaan suklaan pinnalle kuvan mukaisella tavalla. Kuvassa 2 on havainnollistettu mainittua ilmiötä mikroskooppisella tasolla. Vasemmalla puolella on pehmeän ganachen rakenne, kun suklaata ja kermaa on yhtä paljon. Keskellä on tiiviin ganachen rakenne lähtötilanteessa, jossa kaakaopartikkelit eivät ole vielä ottaneet itseensä kosteutta siirapista. Oikealla on tiivis ganache, kun kaakaopartikkelit ovat saaneet itseensä vettä siirappiemulsiosta. Rasvartikkelit puristuvat ulos laajentuneiden kaakaopartikkeleiden keskeltä ja nousevat pinnalle, mikä aiheuttaa suklaassa vaalean kerroksen suklaan pinnalla.



**Kuva 1:** Suklaan pinnalle muodostuva vaalea kerros. (Madhusoodhanan, 2014)



**Kuva 2:** Ganachen rakenne havainnollistettuna mikrotasolla (McGee, 2004),

Eräs sovellus suklaalle ja samalla molekyyli-gastronomialle on suklaachantilly. Suklaachantilly ymmärretään kermavaahdon muunnoksena, jossa suklaata ja vettä tai vesipohjaista juomaa sekoitetaan keskenään ja vaahdotetaan (Hopia *et al.*, 2014). Koska pelkkä vesi ei tuo chantillyn makuun muutosta, käytetään tyypillisesti chantillyn valmistamisessa vesipohjaisia juomia, kuten likööriä, porter-olutta ja appelsiinimehua. Alla on esitetty esimerkkiresepti suklaachantillystä, joka on esitetty Hopian, Lehtovaaran ja Rastaan kirjassa *Kaksi kokkia ja kemisti* (2014).

*Portersuklaachantilly**1 dl porter-olutta**75 g tummaa suklaata (käytettiin 70 % suklaata)*

*Sulata suklaa porteriin ja sekoita lämpimän vesihauteen päällä tasaiseksi massaksi. Vaahdota jäävesihauteen päällä, kunnes saat pehmeäpiikkisen vaahdon. Jos seos menee rakeiseksi, sulata ja vaahdota uudelleen. Jos seos ei vaahdotu, sulata sekaan hieman lisää suklaata. Jos siitä tulee liian kovaa, lisää nestettä.*

Suklaachantillyn vaahdotus perustuu suklaaganachen kaltaisesti faasien tarkastelemiseen (Hopia *et al.*, 2014). Kun pohditaan suklaachantillyyn liittyviä luonnontieteellisiä ilmiöitä, on kannattavaa aloittaa kermavaahdon rakenteen tarkastelulla. Hopia on esitellyt ilmiön lyhyesti seuraavasti:

**1.** Lähdetään kermavaahdon kulinaarisesta muodonmuutoksesta kaavalla

$$O/W + G \rightarrow (O+G)/W,$$

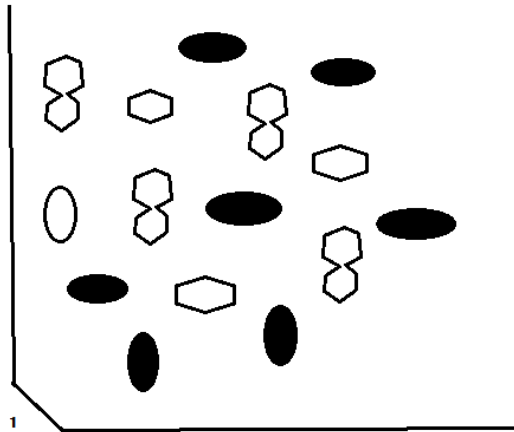
missä  $O$  on öljypohjaisen nesteen määrä,  $W$  on vesipohjaisen nesteen määrä,  $O/W$  on öljyn ja veden seos eli emulsion koostumus ja  $G$  on kaasun eli tyypillisesti ilman määrä.

**2.** Korvataan kerma jollain toisella  $O/W$  -seoksella, jolla on suunnilleen samanlainen rasvapitoisuus kuin kuohukermalla (37 %). Mikäli valitulla elintarvikkeella on merkittävän suuri rasvapitoisuus, sitä laimennetaan vedellä, kunnes sen rasvapitoisuus vastaa kuohukerman rasvapitoisuutta.

**3.** Uusi emulsio vaahdotetaan chantillyksi, eli suoritetaan vaihe 1 valitulla elintarvikkeella.

Suklaachantillyssa pyritään saamaan samanlainen pienipisarainen emulsio kuin kermavaahdossa (Hopia, 2008). Sula suklaa koostuu kaakaovoista tulevasta rasvasta, kiinteistä

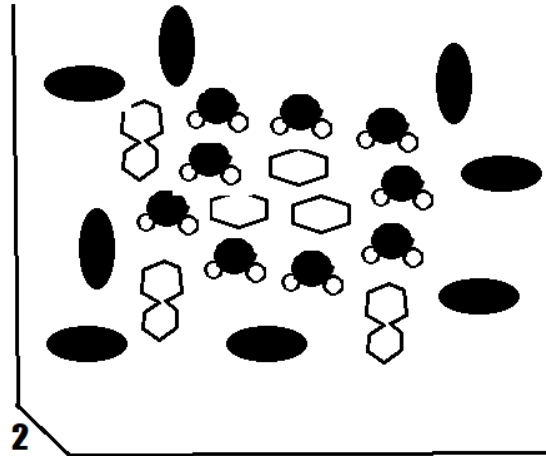
kaakaopartikkeleista sekä sokerista. Suklaasulan rakenne on esitetty kuvassa 3. Mustat soikiot esittävät kiinteitä kaakaopartikkeleita, kuusikulmiot sokeria ja kahdeksikot ovat rasvapartikkeleita.



**Kuva 3:** Suklaasulan rakenne mikrotasolla (piirretty Hopia *et al.*, 2014 pohjalta).

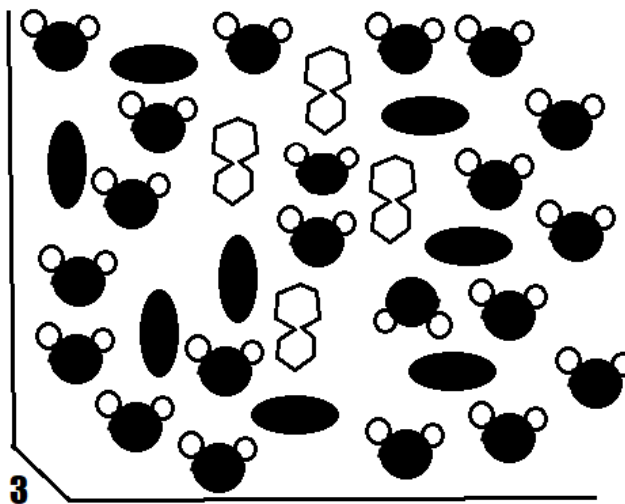
Suklaata tyypillisesti sulatetaan vesihautteessa, koska suklaalla on suhteellisen matala sulamispiste (Hopia *et al.*, 2014). Tämä voi johtaa toisinaan siihen, että suklaasulaan pääsee vettä, jolloin suklaan sokeri liukenee veteen ja rasvaliukoinen ja vesiliukoinen faasi erottuvat toisistaan. Tässä vaiheessa tyypillisesti nähdään, että suklaasula on pilalla, koska sitä ei saada tasaiseksi ja homogeeniseksi massaksi. Yleensä vettä pääsee suklaasulaan niin vähän, ettei kaikki sokeri liukene suklaasulaan joutuneeseen veteen, vaan muodostuu tahmaista siirappia, mikä voi aiheuttaa suklaachantillyyn hieman ryynimäisen rakenteen. Tämä ilmiö on selitetty kuvassa 4.





**Kuva 4:** Suklaasulan rakenne pienellä määrällä vettä (piirretty Hopia *et al.*, 2014 pohjalta).

Onnistunut suklaachantilly vaatii sen, että vesipohjainen juoma kaadetaan hitaasti ja tasaisesti suklaaseen (Hopia *et al.*, 2014). Tällöin veden reaktiopinta-ala on riittävän suuri ja sokeria liukenee tasaisesti vesipohjaiseen juomaan. Tällöin veteen muodostuu makea vesiliuos, joka voidaan vaahdota suklaachantillyksi. Onnistuneen suklaachantillyn rakenne on havainnollistettu kuvassa 5.



**Kuva 5:** Onnistuneen suklaachantillyn rakenne havainnollistettu mikrotasolla (piirretty Hopia *et al.*, 2014 pohjalta).

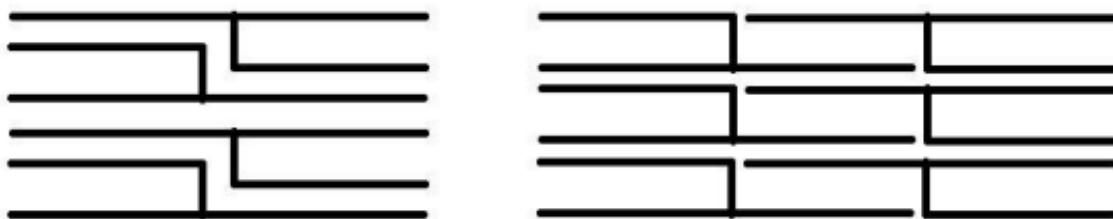
### 3.1.2. Suklaan temperointi

Suklaan temperointi koostuu kolmesta perusvaiheesta. (McGee, 2004) Suklaata aluksi lämmitetään ja sulatetaan, jolloin myös sen rasvakiteet sulavat. Tämän jälkeen suklaata jäädytetään, jotta rasvamolekyylit voivat järjestäytyä ja kiteytyä uudelleen. Jäähdytyksen jälkeen suklaata lämmitetään uudestaan, jotta epästabiileiksi jääneet rasvakiteet sulavat ja uudelleenkiteytyvät muiden uudelleen järjestäytyneiden rasvakiteiden kanssa. Kun suklaa viilenee uudestaan ja kiinteytyy, muodostuu kova ja tiivis rasvakideverkosto, mistä johtuu temperoidun suklaan napsahteleva ja kova rakenne. Tiivistetysti voidaan sanoa, että suklaata temperoidessa sen ainesosia saatetaan homogeeniseksi seokseksi.

Kiinteää ainetta, jossa on useampia kiderakenteita, kutsutaan polymorfiseksi aineeksi (Haatainen, 2014). Tässä esimerkissä käsiteltävässä suklaassa polymorfisuus esiintyy kaakaovoissa. Kaakaovoissa on kuusi erilaista kiderakennetta, jotka luokitellaan tässä tutkielmassa roomalaisin numeroin I-VI. Epäjärjestäytyneet kaakaorasvakiteet sulavat suhteellisen helposti, eli melko alhaisissa lämpötiloissa (15-28 °C). (McGee, 2004). Halutut vakaat rasvakiderakenteet ovat V ja VI. Eri kiderakenteiden sulamispisteitä on havainnollistettu taulukossa 1. Rasvakiteiden järjestyminen muodoista I-IV muotoihin V-VI on havainnollistettu kuvassa 6. Tuolin muotoiset yksittäiset rasvakiteet järjestäytyvät yhtenäiseksi verkostoksi, joka esittää kiderakenteita V-VI.

**Taulukko 1:** Eri kiderakenteiden sulamispisteitä (Haatainen, 2014).

Kiderakenne	Sulamispiste (°C)
Rakenne I	17,3
Rakenne II	23,3
Rakenne III	25,5
Rakenne IV	27,3
Rakenne V	33,8
Rakenne VI	36,3

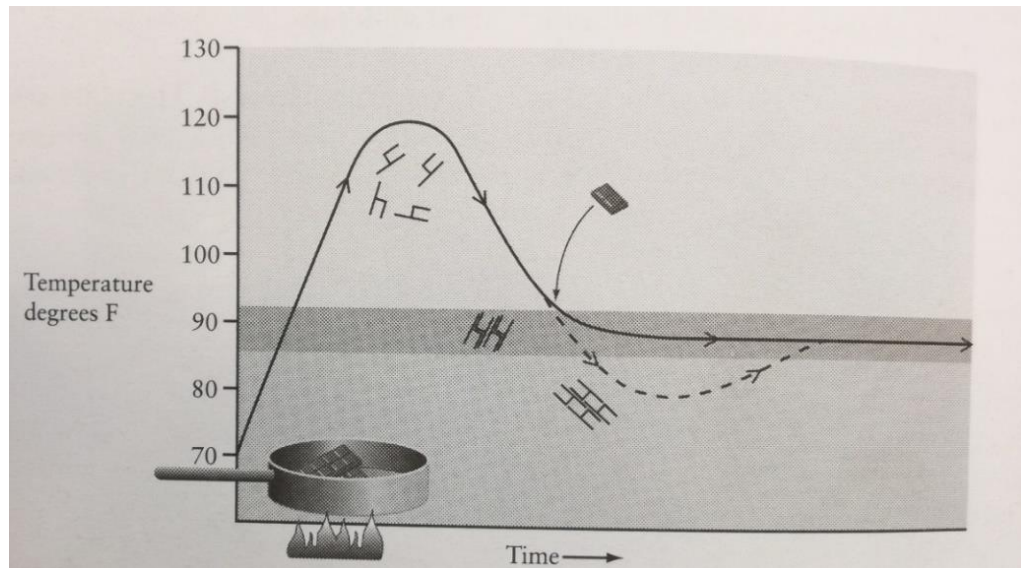


**Kuva 6:** Rasvakiteiden järjestyminen epästabiileista (I-IV) muodoista stabiileihin muotoihin (V-VI).

Taulukon 1 mukaisesti vakaat kiderakenteet V ja VI sulavat vain korkeammassa lämpötiloissa (32-35 °C). On otettava huomioon, että temperoimislämpötilat vaihtelevat suklaalaatujen ja valmistajien välillä. Lämpötilaväli jolla tietynlainen rasvakiderakenne sulaa on myös se lämpötilaväli, jolla tämä tietynlainen kiderakenne myös muodostuu, kun suklaa jäähtyy. Täten epästabiilit suklaan kiderakenteet jäädytetään nopeasti sulattamisen jälkeen, jotta vakaat ja halutut kiderakenteet eivät ehdi ottamaan paljoa epästabiileja rasvakiderakenteita itselleen ennen kuin niitä alkaa muodostua. Suklaassa on pääosin vakaita rasvakiteitä, jos suklaan lämpötilaa pidetään epävakaiden rasvakiteiden sulamispistettä korkeammassa lämpötilassa, mutta hieman vakaiden rasvakiteiden sulamispistettä alemmassa lämpötilassa. Eri suklaalaatujen temperoimislämpötiloja on mainittu taulukossa 2. Suklaan temperoimisprosessia on havainnollistettu kuvassa 7, jossa lämpötilaa kuvataan ajan funktiona prosessissa. Kuvassa 7 on myös havainnollistettu suklaan rasvakiteiden järjestyntä prosessin eri vaiheissa (tuolin muotoiset partikkelit). Keskellä oleva tumma raita kuvaa sitä lämpötilaväliä, joka on tarpeeksi korkea sulattamaan epävakaita rasvakiderakenteita mutta tarpeeksi matala etteivät vakaat rasvakiderakenteet sula.

**Taulukko 2:** Eri suklaalaaduille kokeellisesti määritellyt temperointilämpötilat (McGee, 2004).

Suklaan laatu	Sulattamislämpötila (°C)	Jäähdyttämislämpötila (°C)	Lämpötilaväli suklaan temperoinnille (°C)
Tumma suklaa	45-50	28-29	31-32
Maitosuklaa	40-45	27-28	30-31
Valkosuklaa	40	24-25	27-28



**Kuva 7:** Kuvaaja suklaan temperoitumisprosessista sekä rasvakiteiden järjestymisestä. (McGee, 2004)

### 3.1.3. Suklaa ja sen terveydelliset vaikutukset

Suklaa on elintarvike, jossa on runsaasti energiaa (Beckett, 2009). Suklaassa on massaa kohden merkittävä osa hiilihydraatteja, jotka tulevat pääosin sokerista. Lisäksi suklaan painosta noin kolmasosa on rasvaa, joka on pääosin kaakaovoita. Suklaassa on tämän lisäksi myös jonkin verran vitamiineja, antioksidanttisia yhdisteitä, kuten flavonoideja, ja mineraaleja, kuten kalsiumia, magnesiumia ja rautaa (Haatainen, 2014; Beckett, 2009).

Tummassa suklaassa on erityisen paljon flavonoideja. (Shiina *et al.*, 2009). Näitä antioksidanttisia yhdisteitä esiintyy runsaasti kaakaossa, jota tummassa suklaassa on paljon. Maitosuklaassa näitä antioksidanttisia ominaisuuksia ei ole yhtä paljon, sillä lisätty maito vähentää flavonoidien pitoisuuksia suklaassa (McGee, 2004; Wollgast & Anklam, 2000). Koska valkosuklaa on valmistettu sokerista, maitojauheesta ja kaakaovoista, näitä antioksidanttisia ominaisuuksia ei ole ensinkään kaakaopapujen puuttumisen vuoksi (Beckett, 2009). Tämä vaikuttaa valkosuklaan säilymisen kannalta erittäin epäsuotuisasti niin paljon, että sitä on säilytettävä läpinäkymättömässä kääreessä. Siinä missä tyypillisessä suklaan valmistuksessa kaakaota lämmitetään korkeisiin lämpötiloihin, raakasuklaata ei missään vaiheessa lämmitetä yli 42 celsiusasteen. Tämä edesauttaa suklaan entsyymien, antioksidanttien

ja muiden ravintoaineiden säilymistä ja täten mahdollistaa niiden korkean pitoisuuden suklaassa. Raakasuklaaseen lisätään tyypillisesti myös kiteyttäviä yhdisteitä sekä makeutusaineita, kuten raakaruokosokeria, auringonkukkalestiinia, palmusokeria, ksylitolia ja agave-kasveista saatavaa siirappia (Russo, 2010). Tällöin saadaan kaakaopavuille ominainen karvaus (Haatainen, 2014) pois, napakka rakenne sekä pidempi säilymisaika. Taulukossa 3 on kerrottu erään suklaavalmistajan eri suklaalaatujen sekä erään toisen suklaavalmistajan raakasuklaan ravintoarvoja.

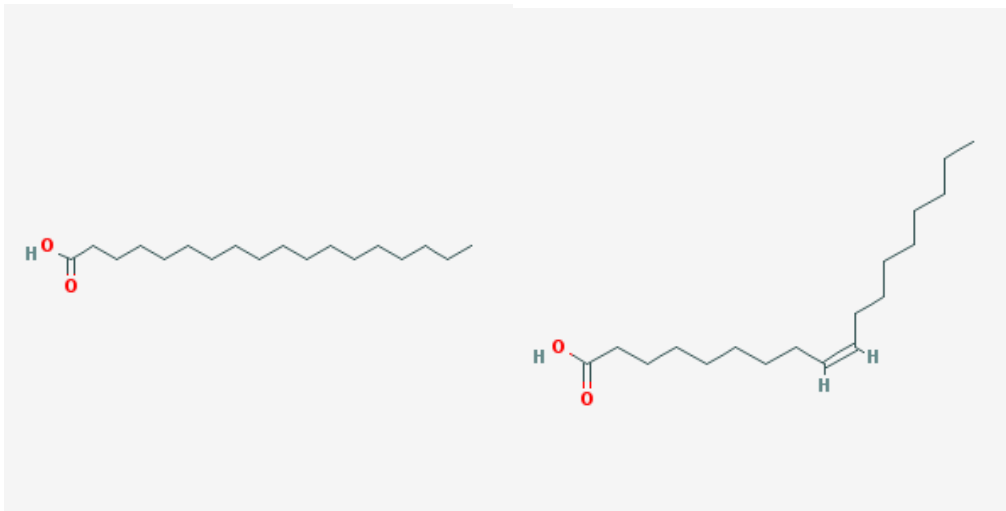
**Taulukko 3:** Eri suklaalaatujen ravintoarvoja 100 g kohden. Ravintoarvot on selvitetty pakkausten kyljestä.

	Tumma suklaa (Panda)	Maitosuklaa (Panda)	Valkosuklaa (Panda)	Raakasuklaa (Cocovi)
Energiaa (kJ)	2247	2264	2354	2460
Rasvat (tydyttyneet rasvat) (g)	34 (21)	31 (19)	34 (21)	47 (30)
Hiilihydraatit (joista sokereita) (g)	49 (46)	55 (54)	54 (54)	30 (19)
Proteiini (g)	5,0	7,8	8,3	8,7
Suola (g)	0,01	0,27	0,32	0,10

Suklaiden suuri energiamäärä tulee rasvasta, jossa energiaa on noin 38 kJ/g ja proteiineista ja hiilihydraateista, joiden energiasisältö on noin 21 kJ/g. Koska tummassa suklaassa on painoensa nähden paljon kaakaota, siinä on myös vähemmän sokeria. Toisaalta koska merkittävä osa rasvasta tulee kaakaopavuista ja kaakaovoista, se voi selittää, miksi tummassa suklaassa ja raakasuklaassa on painoensa nähden paljon rasvaa.

Koska kaakaopavut ovat kasvin siemeniä, niissä on valtava määrä ravinteita, jotka tukevat kasvin itämistä ja kasvamista (McGee, 2004). Kaakaopavuissa on todella paljon tyydyttyneitä rasvahappoja, jotka aiheuttavat tarpeeksi suurissa määrin korkeaa kolesterolitasoa ja sen seurauksena sydänsairauksia. Toisaalta kaakaovoissa on tyydytynyttä steariinihappoa, joka

hapettuu elimistössä tyydyttämättömäksi rasvahapoksi, oleiinihapoksi. Tästä syystä suklaata ei voi pitää kovin suurena riskinä sydämelle. Steariinihapon ja oleiinihapon rakennekaavat on havainnollistettu kuvassa 8. Itseasiassa suklaan kaakaopartikkeleissa on valtava määrä antioksidantteina toimivia fenolisia yhdisteitä. Mitä enemmän näitä kiinteitä kaakaopartikkeleita on suklaassa, sitä enemmän antioksidantteja suklaassa on. Maidon, sokerin, tai kaakaovoin lisääminen vähentää mainittujen kaakaopartikkeleiden pitoisuuksia, mikä heikentää suklaan antioksidanttisia ominaisuuksia. Kun antioksidanttiset ominaisuudet vähenevät ja rasvojen ja maidon määrä kasvaa, se altistaa kehoa eri tulehdustiloihin, esimerkiksi akneen ja siihen liittyviin oireisiin. Tästä syystä suklaan syöminen mielletään epäterveelliseksi iholle.

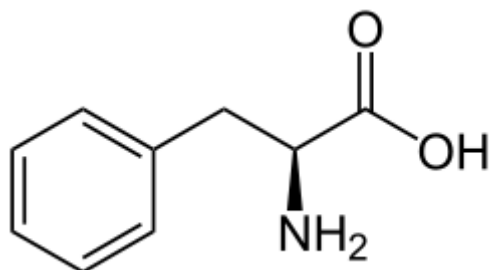


**Kuva 8:** Steariinihapon (vasemmalla) ja oleiinihapon (oikealla) rakennekaavat.

Suklaa sisältää kahta toistensa kanssa tekemisissä olevaa alkaloidia, teobromiinia ja kofeiinia. (McGee, 2004) Suklaassa teobromiinia on tyypillisesti kymmenkertainen määrä kofeiiniin nähden, mutta se on kofeiinia heikompi keskushermoston stimulantti. Teobromiinilla on enemmän diureettinen vaikutus, eli se lisää virtsaneritystä. Teobromiini on koirille myrkyllistä, minkä takia koirille ei saa syöttää suklaata. 30 gramman suklaapala ilman lisättyjä makeutusaineita sisältää 30 mg kofeiinia, mikä vastaa noin kolmasosa kupillista kahvia. Makeutetut suklaat ja maitosuklaa sisältävät paljon vähemmän kofeiinia painoa kohden.

Myös suklaan neurologisia vaikutuksia on tutkittu, tarkemmin syitä, minkä takia suklaaseen kehitty suhteellisen voimakas riippuvuus (McGee, 2004). On luultu, että suklaa saattaa sisältää psykoaktiivisia substansseja. Suklaa toki sisältää kannabinoideja, eli yhdisteitä joita löytyy *cannabis sativa* –kasvissa sekä muita yhdisteitä jotka saavat aivot tuottamaan mainittuja

kannabinoideja. Niitä tosin esiintyy suklaassa niin pieniä määriä, ettei niillä ole käytännön merkitystä, mitä tulee suklaan neurologisiin vaikutuksiin. Eräs esimerkki kannabinoidisesta yhdisteestä on anandamidi, jonka rakennekaava on havainnollistettu kuvassa 9.



**Kuva 9:** Anandamidin rakennekaava (Haatainen, 2014).

Suklaasta on löydetty myös fenyylietyyliamiinia, jota esiintyy luonnostaan elimistössä ja jolla on amfetamiinin kaltaisia vaikutuksia. (McGee, 2004) Samaa yhdistettä löytyy myös makkaroissa ja mädätetyissä ruoissa, joiden ei ole todettu aiheuttavan mitään merkittäviä neurologisia vaikutuksia, joten fenyylietyyliamiininkaan ei voida katsoa aiheuttavan riippuvuutta suklaaseen. On tutkimustietoa, ettei suklaassa luonnostaan esiinny mitään yhdisteitä, jotka aiheuttaisivat riippuvuutta suklaan syömiseen. Psykologiset testit vahvistivat, että suklaassa olevat yhdisteet eivät tee suklaan syömisestä äärimmäisen miellyttävää, vaan itse syömisprosessi. Tämä todettiin vertailemalla testisyöjien reaktiota tilanteessa, jossa koehenkilöille annettiin kapseli, jonka sisällä on kaakaojauhetta sekä tilannetta, jossa koehenkilöille annettiin ”valesuklaata”, joissa ei todellisuudessa ollut nimeksikään suklaata. Koska jälkimmäinen tilanne tyydytti enemmän koehenkilöiden suklaan tarvetta, tutkimuksissa voitiin todeta, että pelkästään suklaan syöminen suoritteena koetaan äärimmäisen miellyttäväksi.

Riippuvuutta suklaan syöntiin voidaan pohtia niihin lisättyjen aineiden kautta. Sokerin vaikutusta riippuvuuden aiheuttajana on tutkittu (Benton, 2010). Useimmat ihmiset kokevat ruoanhimoa juuri sellaisia ruokalajeja kohtaan, joissa on paljon rasvaa tai sokeria. Riippuvuutta aiheuttavien huumeiden ja erittäin maukkaan ruuan välillä on löytynyt yhteys, jossa molemmat aktivoivat aivojen palkitsemiskeskuksia, eli lisäävät aivojen dopamiinin tuotantoa. Sokeri ei itsessään anna suklaalle makua, mutta vaikuttaa sen makuun ja aromiin paahdamisprosessissa, kun suklaassa tapahtuu Maillard'n reaktio (Beckett, 2009; Sikorski, 2006). Suklaalle ominainen väri ja aromi ovat Maillard-reaktion aikaansaannosta. Maillard-reaktiosta kerrotaan tarkemmin luvussa 3.2.

### 3.2. Karamellisaatio

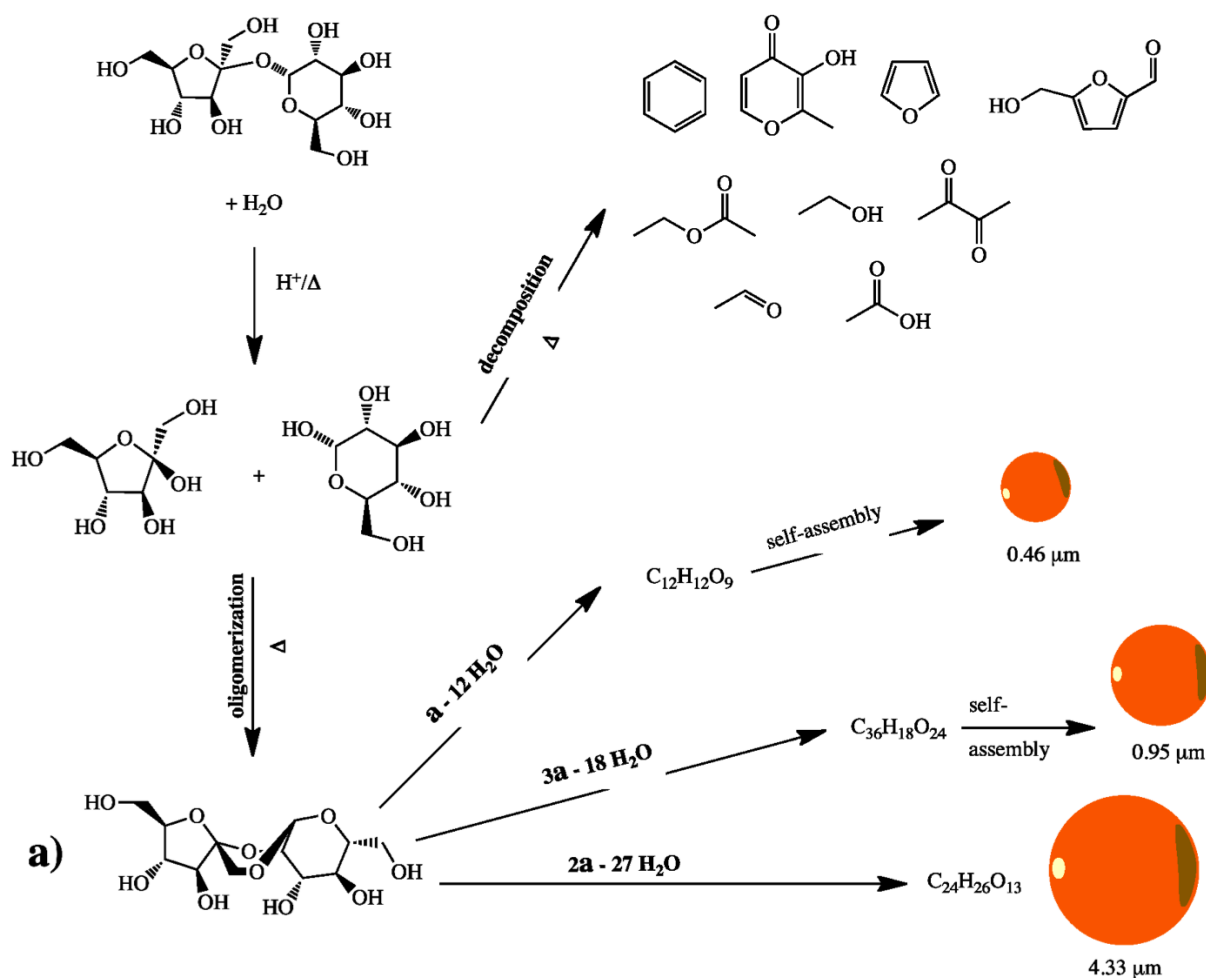
Toisin kuten muun muassa rasvahapot ja aminohapot, sokerit eivät denaturoidu tai reagoi ilman kanssa. (McGee, 2004) Sokerit ovat myös suhteellisen pieniä ja stabiileja molekyyleja, joten niille ei tapahdu samanlaista sokeriketjun hajoamista kuten tärkkelyksellä. Kun sokeria lämmitetään tarpeeksi, se saa niin paljon lämpöenergiaa, että sen sidokset alkavat katkeamaan ja sokeri hajoaa erilaisiksi yhdisteiksi. Tätä ilmiötä kutsutaan karamellisaatioksi.

Karamellisaatio on reaktiosarja, jossa mikä tahansa sokeri lämmitetään pisteeseen, jossa molekyylit alkavat hajoamaan. (McGee, 2004) Tämä hajoaminen saa aikaiseksi valtavavan määrän erilaisia orgaanisia aromiyhdisteitä kuten sherrymäinen asetaldehydi, etikkahappo, voion aromia tuottava diasetyyli, hedelmäisiä estereitä, pähkinäisiä furaaniryhdisteitä ja liuotinmaisia bentseeniryhdisteitä. Hajuttomasta, värittömästä, makeasta ja kiteisestä yhdisteestä saadaan lämmön avulla satoja erilaisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat tuotteen väriin ja makuun. Jotkut yhdisteet tuottavat hapanta tai kitkerää makua, jotkut eivät tuota makua mutta tuottavat todella tummanruskean värin. Mitä enemmän sokeria kuumennetaan, sitä tummemmaksi ja kitkeräksi se menee ja sitä enemmän se menettää sille ominaista makeutta. Tiedetyt karamellisaatiotuotteet ovat tehokkaita antioksidantteja ja auttavat ruokia säilymään pidempään.

Tyypillisesti ruoanlaitossa karamelli valmistetaan pöytäsokeista eli sakkaroosista (McGee, 2004). Tällöin sakkaroosimolekyylit aluksi hajoavat glukoosiksi ja fruktoosiksi ennen kuin ne hajoavat eteenpäin lukuisiksi eri yhdisteiksi. Glukoosi on pelkistävä sokeri, mikä johtaa siihen, että muodostuvien tuotteiden luonne voi muuttua verrattuna pelkkään fruktoosiin tai glukoosiin.

Kun sokereita lämmitetään aminohappojen tai proteiinien kanssa, esimerkiksi lihan ruskistaminen tai maito ja kerma, karamellisaation lisäksi jotkut pelkistävät sokerit ottavat osaa Maillard-reaktioon, jotka tuottavat enemmän erilaisia yhdisteitä ja syvemmän aromin. Maillard-reaktiosta kerrotaan lisää seuraavassa osiossa. Karamellisaatioreaktio on esitetty kuvassa 10.



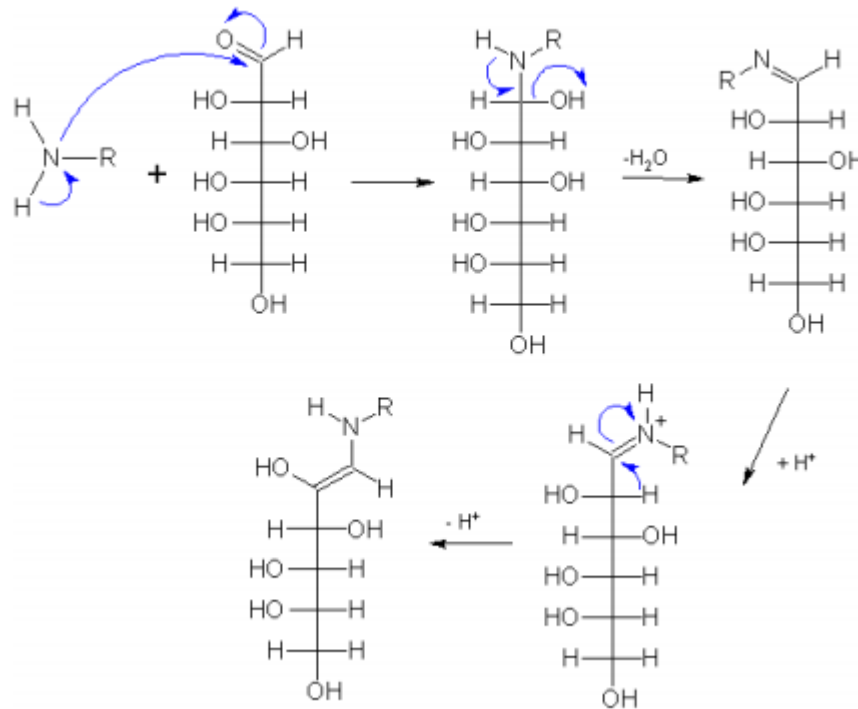


**Kuva 10:** Karamellisaatioreaktio (Keller & Hartings, 2011).

### 3.3. Maillard-reaktio

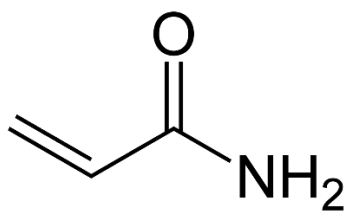
Jokaiselle on tuttu miellyttävä pullantuoksu, paistetun lihan tuoksu ja suklaalle tuttu väri ja aromi. Mihin nämä perustuvat? Miksi taikinan pintaan tulee kaunis ruskea pinta vasta, kun sen laittaa uuniin? Miksi ruoka alkaa tuoksumaan vasta, kun sitä paistaa? Maillard-reaktio on pelkistävien sokerien ja aminohappojen välinen sarja reaktioita, jossa syntyy väriaineiden lisäksi makuaineita ja aromeja (Hopia & Fooladi, 2017). Se tapahtuu hitaasti alhaisissa lämpötiloissa mutta ruuanlaitossa se tapahtuu nopeasti, sillä reaktion olosuhteet nousevat noin 140 celsiusasteeseen. Lihan ruskistaminen on eräs esimerkki Maillard-reaktiosta. Maillard-reaktio on nimetty löytäjänsä ranskalaisen kemistin Louis Camille Maillard'n mukaan. Hän julkisti 1910-luvun alussa tutkimustuloksia havainnoistaan värin ja aromin muutoksista, joita tapahtuu, kun aminohappoja ja sokereita sekoitetaan keskenään ja kyseinen seos kuumennetaan tarpeeksi lämpimäksi. Reaktiosarja on niin monimutkainen, että sen mekanismi voitiin hahmotella vasta neljäkymmentä vuotta myöhemmin. John E. Hodge kuvasi Maillard-reaktion

vaiheet pääpiirteittäin vuonna 1953. Hänen havaintojensa mukaan reaktiosarjan ensimmäinen vaihe, eli aminoryhmän hyökkäys sokerin karbonyylihiileen on tärkein vaihe. Tällöin syntyy imiini eli Schiffin emäs, joka voi reagoida eteenpäin ja muodostaa monimutkaisempia yhdisteitä. Kuvassa 11 on havainnollistettu Maillard-reaktion ensimmäistä vaihetta.



**Kuva 11:** Maillard-reaktion ensimmäisen vaiheen mekanismi. (Haatainen, 2014)

Maillard-reaktio esiintyy useimmissa ruoan kypsytyksprosesseissa (Hopia & Fooladi, 2017). Suklaan lisäksi Maillard-reaktiota esiintyy kahvin paahtamisessa, lihan ja kalan ruskistamisessa, ranskalaisten paistamisessa, viskien ja oluiden maltaissa sekä sipulin kuullottamisessa. Erilaiset grillauskastikkeet ovat tyypillisesti hieman makeita, koska niissä oleva sokeri edistää Maillard-reaktiota sopivissa lämpötiloissa, jolloin lihaan tulee syvempi ja monivaihteisempi maku savu-uutteen ohella. Korkeissa lämpötiloissa Maillard-reaktioissa syntyy esimerkiksi akryyliamidia, joka on karsinogeeni. Tästä syystä palanutta ruokaa ei tule syödä. Akryyliamidin rakennekaava on havainnollistettu kuvassa 12.



**Kuva 12:** Akryyliamidin rakennekaava.

## 4. Molekyyligastronomian ja opetuksen välinen yhteys

*”Kun on ihmisten kanssa tekemisissä, on hyvä muistaa, ettei ole tekemisissä vain loogisten olentojen kanssa, vaan myös tunteellisten olentojen kanssa.”*

– Dale Carnegie (1888-1955), yhdysvaltalainen kirjoittaja ja vuorovaikutuskouluttaja

### 4.1. Peruskoulun opetussuunnitelma

Kemian roolia peruskoulussa oppiaineena on kuvailtu uusimassa peruskoulun opetussuunnitelmassa (2014) seuraavasti:

*”Kemian opetuksen tehtävänä on tukea luonnontieteellisen ajattelun sekä maailmankuvan kehittymistä. Kemian opetus auttaa oppilasta ymmärtämään kemian ja sen sovellusten merkitystä jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa.”*

Kemian opetuksen lähtökohtana on myös havainnoida elinympäristön eri aineita, niiden ominaisuuksia sekä elinympäristössä tapahtuvia ilmiöitä. Kemian opetuksen tarkoitus on opettaa oppilasta aktiiviseen oppimiseen, mikä vuorostaan vaatii innovatiivisia ja motivoivia tapoja opettaa kemiaa. Seuraavassa pohditaan sisällöllisiä tavoitteita keittiökemian kontekstissa, joita opetussuunnitelmassa on mainittu kuusi. Nämä sisällölliset tavoitteet ovat läsnä kaikessa peruskoulun kemiaan liittyvässä opetuksessa ja täten myös opetussuunnitelman pedagogisissa tavoitteissa.

Ensimmäinen sisällöllinen tavoite peruskoulun opintosuunnitelmassa käsittelee luonnontieteellistä tutkimusta ja se kytkeytyy muiden sisällöllisten tavoitteiden muille osaluueille (POPS, 2014). Siinä eri sisältöalueista valitaan sopivia ohjattuja ja avoimia oppilastöitä oppilaan mielenkiinnon mukaan. Näissä tutkimuksissa hahmotellaan ja harjaannutaan tieteelliseen tutkimukseen kuuluvaan rutiiniin: aluksi kartoitetaan ennakkokäsitykset hypoteesin avulla, sen jälkeen suoritetaan työ hyvää turvallisuutta noudattaen ja vuorovaikutuksessa muiden työskentelijöiden kanssa. Tämän jälkeen tehdään havaintoja, mitä kokeessa tapahtuu, minkä jälkeen peilataan kokeen tuloksia omiin ennakkokäsityksiin, sekä etsitään tyypillisesti opettajajohtoisesti käydyn teorian nojalla, mistä syystä kokeessa kävi juuri näin. Laboratoriotyöt täten haastavat todella hyvin oppilaan ennakkokäsityksiä, minkä johdosta on tärkeää keksiä sellaista kokeellista työskentelyä, joka motivoi ja perustuu selkeisiin aistihavaintoihin. Koska keittiökemia on työtapana, jolla voi aktivoida turvallisesti kaikki aistit makua ja hajua myöten, keittiökemian avulla on helppo tehdä selkeitä ja monipuolisia havaintoja kokeellisessa työskentelyssä. Sen lisäksi keittiökemian tarkoitus on käsitellä tai valmistaa syötävää ruokaa, siinä ei katsota käytettävien väkeviä kemikaaleja vaan korkeintaan korkeita lämpötiloja. Tämän johdosta keittiökemia olisi myös hyvin turvallinen tapa toteuttaa luonnontieteiden opetuksen kokeellista osiota.

Kemian toinen sisällöllinen tavoite käsittelee kemiaa omassa elämässä ja elinympäristössä. (POPS, 2014) Siinä kemiaa käsitellään kiinteillä arkielämän yhteyksillä, kuten terveys ja turvallisuus. Sisällön valinta riippuu voimakkaasti kontekstista. Perinteisiä konteksteja, joita kokeellisessa työskentelyssä käytetään ovat paloturvallisuus ja kodin kemikaalit. Tämä tavoite keskittyy myös tutkimaan olomuodon muutoksia. Näiden lisäksi eräs konteksti, joka toteuttaa tätä tavoitetta on keittiökemia. Ruoka liittyy olennaisesti ihmisten elämään ja täten on oiva konsepti elämän ja elinympäristön kemian tarkasteluun.

Kemian opetus pyrkii sisältöön, joka havainnollistaa kemian merkitystä yhteiskunnassa ihmiskunnan hyvinvoinnin sekä teknologian näkökulmasta. (POPS, 2014) Se tarkastelee kestävästä luonnonvarojen käyttöä, tuotteiden elinkaarta sekä eri aloja ja ammatteja joissa kemian tietämystä saatettaisiin tarvita. Keittiökemia saattaisi havainnollistaa eri elintarvikkeiden terveysvaikutuksia luonnontieteellisestä näkökulmasta, kunhan tulokulma on oikea. Lisäksi se saattaa innostaa oppilaita suuntautumaan enemmän luonnontieteisiin, jos keittiökemia onnistuu motivoimaan oppilaita oppimaan luonnontieteitä. Ruuan konteksti

saattaisi tuoda oppilaille tietoisuutta siitä, missä kemiaa tarkalleen käytetään, esimerkiksi elintarviketieteet.

Kemian peruskoulun opetus valmentaa tarkastelemaan kemian merkitystä maailmankuvan rakentajana (POPS, 2014). Siinä kemiaan liittyviä sisältöjä valitaan siten, että kemian luonne tieteenä tulee esille. Pääperiaate tässä kokonaisuudessa on ymmärtää aineen ja energian säilyminen sekä luonnon mittasuhteet, sekä tämän tiedon soveltaminen ympäröivän maailman tapahtumiin.

Kemian opetuksessa tarkastellaan aineiden ominaisuuksia ja rakennetta. (POPS, 2014) Siinä on tarkoitus tutkia seoksien ja puhtaiden aineiden ominaisuuksia, kuten rasva- ja vesiliukoisuuksia. Tämä kokonaisuus on todella helppo toteuttaa ruuan kontekstissa, esimerkiksi majoneesi on klassinen esimerkki emulsiosta, eli rasvan ja veden seoksesta. Tämä kokonaisuus tutustuu erittäin läheisesti myös orgaaniseen kemiaan, josta löytyy erittäin paljon elintarvikkeisiin liittyviä esimerkkejä ja töitä.

Kemian opetuksen tavoitteeksi voidaan mainita myös aineen rakenteiden ja ominaisuuksien painottaminen (POPS, 2014). Siinä tutustutaan kemialliseen reaktioon, reaktionopeuteen sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Siinä käytetään kiinteitä arkielämän yhteyksiä kuvamaan pitoisuuksia ja happamuutta sekä harjoitellaan kemian symbolisen tason tulkitsemista merkkikieleen tutustumisen ja reaktioyhtälöiden muodossa. Hapot ovat olennainen osa esimerkiksi ruoan makua, joten keittiökemia sopisi oikein hyvin happojen käsittelyyn asiakokonaisuutena. Myös kemialliset reaktiot on merkittävä osa keittiökemiaa. Maillard'n reaktio sopisi soveltavaksi esimerkiksi kemiallisesta orgaanisesta reaktiosta, sillä se tapahtuu aminohappojen ja pelkistävien sokerien välillä.

## **4.2. Lukion opetussuunnitelma**

Lukiossa kemian opetuksen tarkoitus on luoda tilanteita, joissa voi soveltaa kemiaa monipuolisissa tilanteissa (LOPS, 2016). Tärkeää opetuksessa on myös opettaa käsitellä, tulkita ja esittää tutkimuksessa ilmenneitä tuloksia, sekä soveltaa niitä tuleviin kokeellisiin

työskentelyihin, esimerkiksi ”yritys ja erehdys” -menetelmällä. Tässä osiossa pohditaan lukion kemian kursseja sekä pohditaan kunkin kurssin tavoitteita ja sisältöjä, sekä tarkastellaan niitä keittiökemian kontekstissa, mikäli mahdollista.

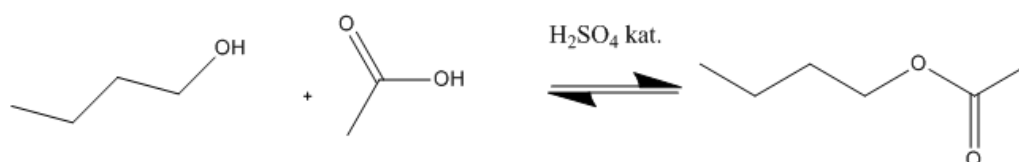
Lukion kemian ensimmäinen ja ainoa pakollinen kurssi KE1 ”Kemiaa kaikkialla” luo yleismaailmallisen kuvan siitä, mitä kaikkea kemia on (LOPS, 2016). Kurssin päätavoitteena onkin, että opiskelija ”saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan.” Kurssin tarkoitus on myös valmentaa opiskelijaa kemiaan liittyvään yhteiskunnalliseen keskusteluun sekä opettaa opiskelijaa käyttämään ja soveltamaan tietoa aineiden ominaisuuksista arkipäivän ilmiöissä. Kurssi myös harjaannuttaa opiskelijaa työturvallisuuteen sekä osaa tehdä havaintoja kemiaan liittyvistä ilmiöistä kokeellisen työskentelyn ja kemian mallien kautta.

Keskeisiä kurssiin liittyviä sisältöjä ovat kemian merkitys nykyajan arkielämässä, jatko-opinnoissa sekä mahdollisia ammatteja, joissa tarvitaan paljon kemiaa (LOPS, 2016). Kurssilla tutustutaan atomin rakenteeseen sekä jaksolliseen järjestelmään melko ylimalkaisesti. Siinä tutustutaan myös alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksiin sekä selitetään niitä rakenteen, kemiallisten sidosten ja poolisuuden avulla. Tähän kokonaisuuteen sopisi esimerkiksi majoneesin valmistus, joka suoritetaan kananmunan valkuaisella ja rypsiöljyllä, jolloin muodostuu emulsio. Kurssilla opitaan myös työtapoja, jolla työstetään kemian teoriaa, kuten tiedonhankintaa, turvallista laboratoriotyöskentelyä, yksittäisiä työtapoja laboratoriotyöskentelyssä sekä johtopäätösten tekemistä kokeellisen työskentelyn nojalla.

Lukion kemian ensimmäinen valinnainen kurssi ja kaikkiaan toinen kurssi tunnetaan nimellä KE2 ”Ihmisen ja elinympäristön kemiaa” (LOPS, 2016). Kurssi keskittyy todella läheisesti orgaaniseen kemiaan, jossa myös käsitellään erilaisia aromeita sekä niiden syntymistä. Kurssilla käydään ensimmäistä kertaa ainemäärät ja pitoisuudet ja niitä sovelletaan orgaanisten yhdisteiden ja reaktioiden ohella arkielämään, ympäristöön, yhteiskuntaan ja teknologiaan. Kurssilla tarkastetaan kokeellisen työskentelyn ja mallien avulla erilaisia ilmiöitä, jotka toimivat mainittujen termien pohjalta, esimerkiksi katalyytin merkitys reaktion tapahtumisessa. Kurssi harjaannuttaa opiskelijaa hahmottamaan kokeellisen työskentelyn ja teorian opetuksen välistä yhteyttä, sekä tutustuttaa opiskelijaa mallintamaan kemiaan liittyviä ilmiöitä tietotekniikan avulla.

Sisällöllisesti kurssi käsittelee kemian sekä terveyden ja hyvinvoinnin välistä yhteyttä (LOPS, 2016). Kurssin sisällöllisiin tavoitteisiin kuuluu myös mallintaa erilaisia orgaanisia yhdisteitä erilaisilla malleilla ja välineillä sekä tulkita eri orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia rakenteen avulla. Koska ainemäärää ja pitoisuuksia käydään ensimmäistä kertaa, myös liuosten valmistusta harjoitellaan työvälineiden ja reagenssien käytön ohella.

Klassinen esimerkki orgaanisen kemian reaktiosta, joissa tehdään selkeitä aistihavaintoja, on esteröitymisreaktio, jossa alkoholi ja karboksyylihappo reagoivat toistensa kanssa rikkihapon toimiessa katalyyttinä. Tämä reaktio on havainnollistettu kuvassa 13. Toinen oiva esimerkki havainnollistaa orgaaniseen kemiaan liittyviä reaktioita on havainnollistaa Maillard'n reaktiota (Ollilainen, 2016). Siinä esimerkiksi kokonaan glukoosia oleva panimosokeri sekoitetaan aminohapon kanssa ja tehdään havaintoja aromista. Sen jälkeen seos kuumennetaan ja sitä haistetaan. Tuoksu voidaan mieltää tutuksi ruuanlaitosta, sillä Maillard-reaktio on keskeinen osa ruuanlaitossa tapahtuvaa prosessia. Huomioitavaa on, että Maillard-reaktiossa syntyy myös estereitä, joita tyypillisesti valmistetaan orgaaniseen kemiaan liittyvissä oppilastöissä (McGee, 2004).



**Kuva 13:** n-Butanolin ja etikan välinen esteröitymisreaktio. Saadulla tuotteella on tunnusomainen päärynää tai omenaa muistuttava tuoksu

Kolmas kemian kurssi KE3 käsittelee reaktiota ja energiaa. Siinä opiskelijan tavoitteena on osata tutkia reaktioon liittyviä ilmiöitä kokeellisesti ja teoriaopetuksessa esitettyjen mallien avulla sekä soveltaa niitä jokapäiväiseen elämään ja omaan arkipäivään. Keskeiset asiat ovat reaktioiden hahmottamisessa, tasapainottamisessa sekä aineen ja energian häviämättömyyden merkityksen ymmärtämisessä. Energian häviämättömyyttä tutkitaan lukiossa entalpiamuutosten avulla. Siinä hahmotetaan, mitkä sidokset hajoavat reaktiossa, sekä siihen vaadittavan energian määrä, mitä sidoksia muodostuu ja paljonko siinä vapautuu energiaa ja sitä, paljonko energiaa reaktio vapauttaa tai tarvitsee lämmön muodossa.

Endotermisiä reaktioita ja aktivaatioenergioita näkee arkipäivän elämässä esimerkiksi kanan paistamisessa. Kana tarvitsee tietyn määrän lämpöenergiaa, eli tarpeeksi kuumaa pannua, jotta siinä olevat proteiinit denaturoituvat, minkä johdosta kanan rakenne muuttuu helpommin hampailla pilkottavaksi.

Neljäs kemian kurssi KE4 käsittelee materiaaleja ja teknologiaa sekä niiden soveltamista arkipäivässä, ympäristössä ja teollisuudessa. (LOPS, 2016) Siinä käsitellään materiaaleja ja teknologiaa, joiden aihepiiriin esimerkiksi polymeerit kuuluvat. Kurssi käsittelee myös materiaaleihin ja teknologiaan liittyviä ilmiöitä kokeellisesti polymeerien kemiaa sekä sähkökemian. Keskeisiä kurssiin liittyviä sisältöjä ovat kemian rooli yhteiskunnassa ja teknologiassa, metallien ja polymeerien käyttö ja ominaisuudet, atomin elektronirakenne ja alkuaineiden ominaisuuksien selittäminen jaksollisen järjestelmän nojalla, hapetus-pelkistysreaktiot sekä hapetusluvut sekä sähkökemian galvanisointi ja elektrolyysi. Kurssilla käsitellään myös yleiseen kokeellisuuteen sekä tulosten tulkintaan liittyviä toimenpiteitä, kuten kemiallisten reaktioiden soveltaminen laskennallisesti, tutkimuksen suunnittelu, ongelmanratkaisutaidot sekä yhteistoiminnallista toimintaa.

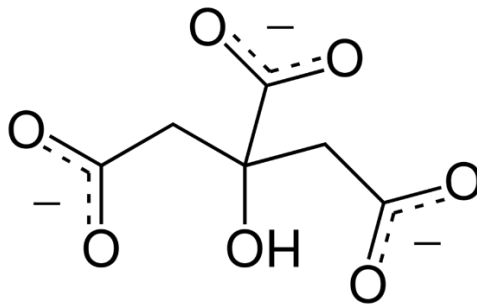
Keittiökemiaan ei voi soveltaa kovin helposti sähkökemian, sillä metallimuodossa olevia metalleja ei yleisesti ottaen voi syödä tiettyjä lehtikultaan liittyviä poikkeuksia lukuunottamatta. Sferifikaatiossa käsitellään polymeereja sekä niihin liittyviä ilmiöitä (Lee & Rogers, 2012). Siinä kopolymeeri natriumalginaatti sekoitetaan hedelmämehuun. Seos redusoidaan eli keitetään kokoon väkevemmän maun aikaansaamiseksi, imetään lääkeruiskuun ja pudotetaan pisara kerrallaan kalsiumkylpyyn. Pintajännitys painaa pisarat suurin piirtein pallon muotoiseksi ja kopolymeerit alkavat silloittumaan kylvyssä olevan kalsiumin avulla, mikä muodostaa verkkomaisen rakenteen, joka absorboi itseensä vettä. Tällöin hedelmämehun ja natriumalginaatin seoksesta muodostuu kaviaari, jonka pinnalla on geelimäinen rakenne.

Viides ja viimeinen kemian opetuskokonaisuus kurssin muodossa KE5 käsittelee reaktiota ja tasapainoja. (LOPS 2016) Siinä kemiallinen reaktio, reaktiotasapaino sekä niihin liittyvät termit sovelletaan arkipäivään sekä teollisuuteen. Kurssilla ennustetaan ja havainnoidaan kokeellisesti ja mallien avulla reaktioihin ja tasapainoon liittyviä ilmiöitä sekä sovelletaan niitä

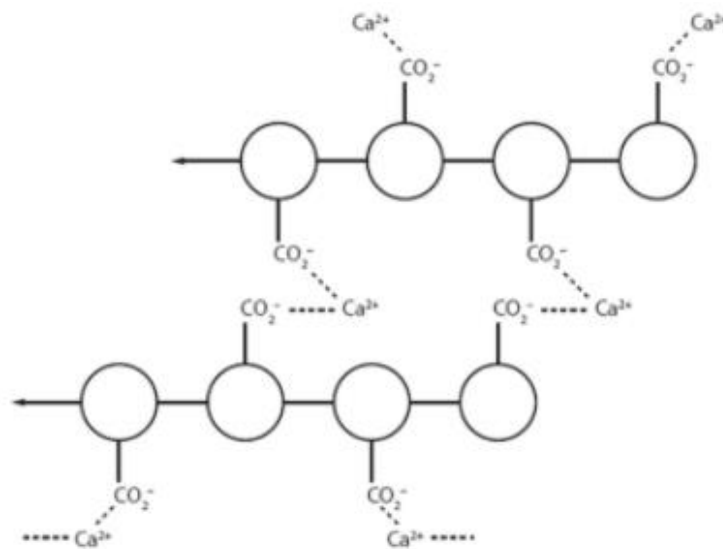


laskennallisesti ja graafisesti. Kurssilla pohditaan kemian roolia kestävän kehityksessä, kemiallisen reaktion nopeutta sekä erilaisia tasapainotiloja. Eräitä esimerkkejä näistä tasapainotiloista ovat hetero- ja homogeeniset tasapainotilat, happo-emäs-tasapaino, vahvat ja heikot protolyytit ja puskuriliuokset. Lisäksi kurssilla käsitellään tasapainoon vaikuttavia tekijöitä sekä niihin liittyvää Le Châtelier'n periaatetta.

Natriumsitraatti on yhdiste, jota käytetään sferifikaatiossa. (Molecular Gastronomy, 2013; Short *et al.*, 2016). Se tekee sillottumisesta mahdollista kalsiumkylvyssä olevan kalsiumionin avulla, sillä kalsiumioni muodostaa sidoksia sitraatissa olevien happien kanssa. Sitraatti-ioni on havainnollistettu kuvassa 14. Sillottuminen on havainnollistettu pääpiirteittäin kuvassa 15.



**Kuva 14:** Sitraatti-ionin rakennekaava.



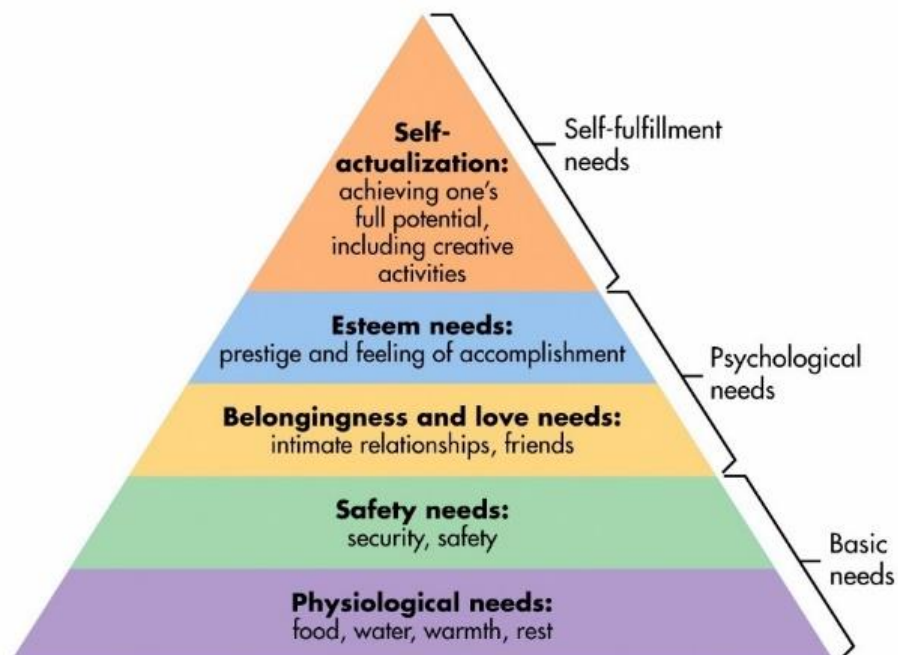
**Kuva 15:** Alginaatti-ionin silloittuminen kalsium-ionin kanssa (Laasala, 2017). Huomaa kalsiumionin sitoutuminen kahteen monomeeriin.

Natriumsitraatti on myös esimerkki puskuriliuoksesta (Short *et al.*, 2016). Se puskuroi tehokkaasti pH-välillä 3-6,2. Natriumsitraattia voidaan käyttää sferifikaatiossa tekemällä kaviaaria muun muassa kolajuomasta, marjamehusta ja maidosta. Tämä havainnollistaisi puskurin ja sferifikaation välistä yhteyttä.

### 4.3. Tunteet ja motivointi

Viime aikoina on kirjoitettu suomalaisten laskeneesta menestyksestä luonnontieteissä. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2016). Ilmiö näkyy siinä, että heikosti menestyvien oppilaiden määrä on kolminkertaistunut ja huippuosajien määrä oli laskenut kolmasosalla. Syiksi arvioitiin sitä, etteivät luonnontieteet kiinnosta suomalaislapsia ja myös sitä, että luonnontieteet koetaan ”salatieteinä”, jotka luovat heikkoja arkielämän yhteyksiä, jos ollenkaan. Koska tässä tutkimuksessa on tarkoitus luoda keittiökemiasta motivoiva ja innovatiivinen työtapa, joka luo arkielämän yhteyksiä, tarkastellaan tässä osiossa tunteiden ja motivoinnin merkitystä oppimisessa.

Tunteet ovat merkittävä kivijalka vuorovaikutustilanteessa. Amerikkalainen psykologian professori Abraham Maslow esitteli tarvehierarkian ensimmäistä kertaa vuonna 1943 (Maslow, 1954). Siinä hän esittelee ihmisen perustarpeet ja missä määrin kutakin tarvetta tulee toteuttaa. Maslow’n hierarkia on esitelty kuvassa 16.



**Kuva 16:** Maslow'n tarvehierarkia havainnollistettuna pyramidin muotoon (Maslow, 1954).

Maslow ehdottaa tarvehierarkiallaan, että oppilaat saavuttavat täyden potentiaalinsa, jos heidän tarpeensa tyydytetään (Maslow, 1954). Opettajalla on rajalliset kyvyt vaikuttaa oppilaan tarpeiden täyttymiselle, mutta tarvehierarkia toimii muistutuksena, että oppilaan oppimistulokset heikentyvät selvästi, mikäli tarpeita ei täytetä. Tarpeiden täytyminen on sekä muiden oppilaiden että opettajan vastuulla. Opettajan tulee kiinnittää huomiota paitsi tunnetasolla, myös asiatasolla: millaisia työtapoja kemiantunneillani halutaan käyttää? Koetaanko tunneillani turhautumista? Mitä voisın tehdä, jotta turhautuminen vähenee? Valitsenko työryhmät oppilaan oppimiskokemuksen kannalta edullisesti? Esiintyykö kemiantunnillani kiusaamista? Kuinka edistän oppilaan vuorovaikutuksellista työskentelemistä?

Kemian luokassa on turvajärjestelyt, jotka tyydyttävät oppilaan ja opettajan nopeasti ilmaantuvat fysiologiset tarpeet, mikäli esimerkiksi vetokaapissa oleva koejärjestely syttyy palamaan, syttyy itse tuleen, saa happoa kädelle tai saa palovamman liekkikokeesta (Anttalainen & Tulivuori, 2011). Fysiologiset tarpeet tyydytetään myös vakavammissa tapauksissa, kun vamma vaatii sairaalahoitoa. Oppilas saa tällöin taksi- tai ambulanssikyödin lähimpään sairaalaan tai terveystakeskukseen.

Koska kemiassa käsitellään mahdollisesti hyvin vaarallisia aineita, turvallisuuteen ja sen tunteeseen on panostettava erityisen paljon (Anttalainen & Tulivuori, 2011). Kemian oppilastyötä tehdessä on käytettävä suojavarusteita, eli laboratoriotakkia, suojalaseja ja tarvittaessa suojakäsineitä. Lisäksi lasitavaroiden rikkoutumisen varalta on oltava laastareita sekä käsidesiä ja juokseva vesi, jossa puhdistaa haavoja. Laboratoriotakit kestävät jonkin verran tulta, mutta mikäli tapahtuu vahinkoja tulen kanssa, on oltava saatavilla hätäsuihku ja vaahtosammutin. Lisäksi luokassa on oltava vähintään yksi vetokaappi, jotta oppilastyöt ja demonstraatiot eivät aiheuta vaaratilanteita vaarallisilla haihtumistuotteilla. Vaarallisille aineille on oltava oma säilytystila. Lisäksi kaikki reagenssit säilytetään niille kuuluvissa varastotiloissa selvästi merkittynä. Asiasisällöllisen turvallisuuden lisäksi opettajan tulee keskittyä myös emotionaaliseen turvallisuuteen, jota esiintyy kaikessa koulumaailmassa. Opettajalla on velvollisuus puuttua oppilaan turvallisuutta vaarantaviin tilanteisiin, esimerkiksi kiusaamistilanteisiin tai tilanteisiin, jossa oppilas käyttäytyy itsetuhoisesti.

Vuorovaikuttavuutta korostavilla työtavoilla opettaja voi luoda yhteenkuuluvuuden tunnetta oppilaissa, joka on myös eräs Maslow'n tarvehierarkian pääpiirteistä. Yhteenkuuluvuuden ja välittämiseksi tulemisen tunne on Maslow'n mukaan suurin psykologinen tunne (Maslow, 1954). Kiusaamisen ennaltaehkäisy, kiusaamiseen puuttuminen sekä oppilaan kuunteleminen ovat vain muutamia esimerkkiä tavoista, joilla opettaja voisi toteuttaa tämän tarpeen täyttymistä. Lisäksi opettajan on valittava työtapoja, jotka aktivoivat oppilasta vuorovaikutukselliseen työskentelyyn, sekä opettaa oppilaille oppiaineeseen liittyviä argumentointitaitoja.

Kun oppilas kokee yhteenkuuluvuuden tunnetta ja tuntee itsensä huomioduksi, Maslow (1954) mainitsee seuraavaksi korkeimmaksi tarpeeksi esteettiset ja älylliset tarpeet. Tämä tarkoittaa toisin sanoen älyllisiä haasteita oppimisympäristössä sekä toisaalta onnistumisen ja tyydytyksen tunteita onnistuneesta oppimisesta. Kemian kokeellisessa työskentelyssä tämä on toteutettavissa siten, että valitaan työtapoja, jotka haastavat oppilaiden ennakkokäsitykset ja ovat toistettavissa siten että opettaja voi ennakoida työn lopputuloksen.

Amerikkalainen lapsipsykiatrian professori James Comer kirjoitti 1980-luvun loppupuolella, että lapsen kokemukset kotona ja koulussa, sekä niiden välinen kontrasti vaikuttavat merkittävästi lapsen henkiseen ja sosiaaliseen kehittymiseen, mikä vuorostaan vaikuttaa lapsen koulumenestykseen (Comer, 1988). Nämä voidaan katsoa olevan ensimmäisiä oivalluksia modernien kognitiivisten emotioteorioiden tutkimisessa, eli toisin sanoen tunteita alettiin tässä vaiheessa ottaa huomioon opetuksessa sekä sen tutkimisessa. Karhunen ja Vanhanen ovat tutkielmassaan tarkastelleet oppilaiden tunteita opettajaa kohtaan (Karhunen & Vanhanen, 2004).

Tunteiden huomioiminen on tärkeää kouluopetuksessa, sillä niitä ei voi sulkea pois edes puhtaasta asiaoppimisesta. Tunteet vaikuttavat motivaatioon, havaintojen tekemiseen, aktiivisuuteen, muistiin ja sen työstämiseen, ajatteluun sekä täten kaikkeen, johon oppiminen voi liittyä (Karhunen & Vanhanen, 2004). Voimakkaan tunteen käsitteleminen heikentää työmuistin käyttöä asiayhteyden kanssa työskentelystä, ja tästä syystä ajatteluprosessi ei välttämättä ole selkeää voimakkaasti tuntevilla ihmisillä.

Negatiivisille tunteille altistuvat opetustilanteessa niin oppilaat kuin opettajat ja opettajaharjoittelijat. Tyypillisesti oppilaiden negatiiviset tunteet kumpuavat huonosta olost, kiusaamisesta ja kehuista kotioloista (Korkiakoski & Kovanen, 2017). Luokassa nämä näkyvät erilaisina lieveilmiöinä, kuten kiusaamisena, yleisenä epäjärjestyksenä ja yksittäisten oppilaiden apaattisuutena. Toisaalta tyypillisiä tekijöitä opettajan tai opettajaharjoittelijan turhautumiselle, ärtyykselle ja suuttumukselle ovat oppilaiden heikko aktiivisuus ja häiriköinti tunnilla, mistä osin johtuu pettymys omaan toimintaan ja siitä johtuva avuttomuuden ja riittämättömyyden tunne opettajana. Opettajat kokivat turhautuneisuutta myös oppilaisiin ja heidän toimintaan, kun luokkahuoneen yhteisiä sääntöjä ei noudatettu, minkä takia opettajat kokivat, etteivät toimineet tilanteessa oikein. Nuoret opettajat ja opetusharjoittelijat kokivat turhautuneisuutta ja epävarmuutta, kun tuntia ei onnistuttu suunnittelemaan perusteellisesti loppuun saakka.

Jotta voidaan minimoida opettajan negatiivisten tunteiden vaikutus opetus- ja oppimistilanteeseen, opettajan on kokeellisia työtapoja suunnitellessa hyviä keksii motivoivia lähestymistapoja ja poiketa rutiinista (Karhunen & Vanhanen, 2004; Comer, 1988). On kuitenkin perehdyttävä tarkasti, mitä on tekemässä ja mitä haluaa opettaa. On myös uskallettava tehdä rohkeita ja epätavallisia päätöksiä, koska rutiinista poikkeaminen voi motivoida oppilasta olemaan aktiivinen tunnilla. Mikäli rohkea ja epätavallinen päätös johtaa epäonnistuneeseen oppimistilanteeseen, opettajan tulee peilata omaa toimintaa ja omia päätöksiä, ja pohtia, miksi tilanne epäonnistui ja oliko tilanteessa elementtejä, joissa onnistuttiin. Kun opettaja tai opetusharjoittelija hakeutuu täysin uusiin opetustilanteisiin, hänen tulee ylläolevan nojalla lisäksi vastaanottaa ja antaa palautetta aktiivisesti, jotta se tukee opettamisrutiinien muodostumista, helpottaa työtapavalintojen tekemistä tulevaisuudessa ja vähentää epävarmuuden tunteita opettamistilanteessa.

Karhunen ja Vanhanen (2004) tuovat esiin havainnon, jonka mukaan ”ihmiset muistavat opettelemansa asian paremmin, jos ovat samalla tuulella kuin sitä opetellessaan.” Näiden tietojen nojalla on hyvä pyrkiä ideaaliseen oppimistilanteeseen, jossa pyritään keskittymään oppijan positiivisiin tunteisiin pitämällä yllä hyvää työilmapiiriä esimerkiksi vuorovaikuttavalla työskentelemisellä, motivoivilla töillä ja työtavoilla sekä kohtaamalla oppijaa yksilöllisesti. Positiiviset tunteet motivoivat oppimaan ja ajattelemaan oma-

aloitteisemmin. Positiiviset tunteet eivät vie merkittävää osaa työmuistista, ja täten haittaa oppimisprosessia. Asiasisällöstä voidaan tehdä tunteita herättävä, mikäli sillä on henkilökohtaista merkitystä oppijalle ja sillä on kyky koskettaa oppijaa. Tästä syystä tunteet ovat hyvä ottaa huomioon esimerkiksi kokeellisia työtapoja suunnitellessa, opettaja-oppilas- ja oppilas-oppilas-vuorovaikutuksen tarkastelussa sekä palautetta annettaessa.

#### **4.4. Palautteen ja arvioinnin merkitys tunteille ja motivaatiolle**

Eräs oleellinen osa arviointia ja myös oppilaan motivointia on palautteen antaminen. Hyvä palaute motivoi myös oppimaan ja kehittämään itseä. Kokeellisessa työskentelyssä arvioidaan kokeellisen tiedonhankinnan ja –käsittelytaitojen kehittymistä, joihin kuuluvat (LOPS, 2016; Ahtineva, 2014):

- *Havaintojen tekeminen, mittausten ja kokeiden suunnittelu ja toteutus*
- *Työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö eli turvallinen laboratoriotyöskentely*
- *Tulosten esittäminen suullisesti ja kirjallisesti*
- *Tulosten tulkitseminen, mallintaminen ja arviointi*
- *Johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen*

Kokeellinen työskentely on osa kurssin arviointia. Arvioinnin muut elementit ovat kurssikoe, tuntiaktiivisuus sekä mahdolliset projektityöt, kuten työselostus, esitelmä tai tutkielma.

Palaute on syytä antaa siten, ettei se sodi opetussuunnitelman tekemiä linjauksia vastaan. Esimerkiksi opettajan ei tule kehua oppilaan rohkeutta millään tavalla, jos hän ei toteuta laboratoriossa noudatettavaa työturvallisuutta. Kuronen (2013) käsittelee pro gradu – tutkielmassaan palautteen henkilökohtaista merkitystä lukiolaisille. Hän nostaa esille perinteisen tilanteen, jossa opettaja korjaa oppilaan virheet ja antaa muutaman tehtävään liittyvän palautteen. Tämän palautteen tarkoitus on havainnollista oppilaalle tämän vahvuuksia ja kehittämiskohteita ja aktivoida pohtimaan annettua palautetta ja toimia kehittämisehdotusten mukaan seuraavilla suorituskerroilla. Tätä palautemenetelmää käytetään monipuolisesti monessa oppiaineessa eri luokka-asteilla ala-asteesta yliopistoihin asti.

Yllä mainitulla tavalla antaa palautetta on paljon hyvää, mutta tällaista palautteen antoa suoritetaan erityisesti siksi, että oppilaat saavat nopeasti oikean vastauksen tekemiinsä tehtäviin. Oppilaat täten voivat reflektoida itse, kuinka tehtävät sujuivat. Tapa säästää myös opettajan aikaa, jolloin opettaja ehtii käsitellä mahdollisimman monen oppilaan tehtävät. Useimmiten tämä tapa antaa oppilaalle valmiiksi ”pureskellut” vastaukset eikä oppilas saa kattavaa palautetta kokonaisuuden hahmottamisesta, vaan mekaanisesta suorittamisesta. Millainen siis on hyvä palaute, jolla oppilas motivoituu kehittymään lisää?

Kuronen (2013) on esitellyt tutkielmassaan hyvän palautteen kriteerejä. Hän mainitsee, että opettajan tarkoitus on palautteella ymmärtämään oppilaan omat tavoitteet oppijana. Eräs lähestymistapa on keskustelemalla opittavasta kokonaisuudesta. Siten opettaja lähestyy yksilöllisesti oppilaan tasolle ja keskustelee kokonaisuuden hahmottamisen tuloksellisuudesta epämuodollisesti ja helposti ymmärrettäviä termejä käyttäen. Tämä keskustelu sekä sen esiintuoma palaute sidotaan suoraan oppilaan suoritteeseen, jotta kommenttien ja tehtävän yhteys ovat selviä oppilaalle.

Eksakteissa tieteissä, kuten luonnontieteissä ja matematiikassa oikeita ratkaisuja on useimmiten tarkasti rajattu määrä työtavasta riippumatta. On kuitenkin mahdollista käydä rakentavaa ja arvioivaa keskustelua muun muassa tavasta, jolla laskutehtävä on suoritettu ja toisaalta myös siitä, miksi oppilaan suorittama oppilastyö epäonnistui. Oppilas saa välittömän palautteen omasta suorittamisesta yksilöllisesti kohdaten, joten oppilas todennäköisesti vastaanottaa palautteen helposti ja tekee tarvittavia korjausliikkeitä nopeasti tai suorittaa työn uudelleen keskustelun jälkeen. Se, kuinka avoimesti suhtaudutaan vaihtoehtoisiin tapoihin suorittaa sama tehtävä, riippuu paljon opettajasta itsestään. Tämän pohdinnan ja Kurosen tutkielman (2013) nojalla uusia keittiökemian työtapoja laatiessa tulee lopputuloksen olla selvästi havaittava ja ottaa huomioon mahdolliset vaihtoehtoiset lähestymistavat, kuten sferifikaatiossa kalsiumkylvyn korvaaminen todella kylmällä rypsiöljyllä tai maidolla.

Kuronen (2013) linjaa tutkielmassaan, että palautteen tulee olla yksilöllisen lisäksi mahdollisimman tarkkaa ja hyvin ajoitettua. Jotta palaute on mahdollisimman tehokasta, opettajan tulee selvästi eritellä antamassaan työtavassa, missä oppilas on suoriutunut menestyksekkäästi ja missä ovat mahdolliset kehityskohteet. Palautteen ajoitus on näkemyskysymys, toiset antavat palautteen mahdollisimman pian ja toiset antavat oppijalle

aikaa reflektoida omaa suoritusta. Kurosen mukaan palautteen asettelu on myös eräänlainen virranjakaja. Näkemyseroja syntyy siinä, kannattaako opettajan antaa tehtävien ratkaisu valmiiksi ja antaa vastuu asian ymmärtämisestä oppilaalle vai aktivoida oppilasta ratkaisemaan itse pulmallisia tilanteita tarjoamalla vain vinkkejä ja ohjeita tehtävän ratkaisemiseen.

Ylläolevia linjauksia silmällä pitäen keittiökemiaan liittyvien työhöjeiden yhteyteen tulee lisätä kysymyksiä, joihin on olemassa tarkoin määritelty lukumäärä vastauksia sekä mahdollisesti tehtäviä, joissa oppijan on näytettävä omaa ajatteluprosessiaan. Näin oppilaan asianhallintaa on helppo arvioida johdonmukaisesti sekä korjata mahdollisia pieniä mekaanisia virheitä, kuten merkintävirheitä sekä välivaiheiden puuttumista. Lisäksi kun suunnitellaan keittiökemiaan liittyviä työhöjeita, opettajan tulee valita muutama asia, joihin hän haluaa keskittyä arvioidessaan kokeellista työskentelyä. Tämä helpottaa myös oppilaan teoriaosaamisen arviointia, mikäli keittiökemiaan liittyviä työtapoja käytetään teoriaopiskelun yhteydessä.

#### **4.5. Kokeellisen työn arviointimatriisi ja peruspilarit**

Jotta työtapo olisi motivoiva ja mielekäs, sen arviointiin liittyvien asioiden on oltava selviä. Eräs tapa tarkastella kokeellisen työn tehokkuutta on kokeellisen työn arviointimatriisi, joka on havainnollistettu taulukossa 4. Kokeellisen työskentelyn pedagogista mielekkyyttä voidaan myös arvioida Millar'n (2004) kokeellisen työskentelyn peruspilarien avulla.



**Taulukko 4:** Kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas kykenee kokoamaan ja käyttämään välineitä keräämään dataa opettajan tehtävänannon mukaisesti.	Oppilas kykenee yhdistämään tehtävän teossa tieteellistä sanastoa ja havaintojen tekemistä. yhdistämään kokeellisen työskentelyn tulokset ilmiöön, jota on tarkoitus havainnoida.
Oppimisen taso	Oppilas kykenee selittämään kokeellisessa käytetyt työtavat sekä havainnollistamaan välineet, joilla havainnot tehtiin ja tulokset kerättiin. toistamaan kokeen uudestaan datan avulla.	Oppilas osaa soveltaa käsitettä sekä siihen liittyvää tietoa uudessa tilanteessa kykenee yhdistämään oman tutkimuksensa opettajan opettamaan teoriaan.

Kokeellisen työskentelyn tehokkuuden arviointimatriisi jäsentelee työhön liittyvät asiasisällöt ja työtavat selkeästi. Siinä kerrotaan konkreettisesti mitä kokeellisessa työskentelyssä on tarkoitus tehdä ja minkälaisia havaintoja tulisi tehdä. Samalla matriisi auttaa yhdistämään työhön liittyvän asiasisältöön liittyviä käsitteitä ja sen avulla voi arvioida, kuinka kiinteästi työ liittyy teoriaan. Matriisin avulla voidaan tarkastella, kuinka hyvin työssä ohjataan oppilasta tekemään havaintoja, keräämään dataa, esittämään tuloksia toisille ja tarvittaessa toistamaan työn. Samalla voidaan arvioida, kuinka työssä käytettävää ilmiötä voisi soveltaa toisella tavalla ja ennakoida tuloksia, kun koeasetelmia muutetaan hieman.

Kokeellisen työskentelyn pedagogista tehokkuutta voidaan tarkastella myös kokeellisen työskentelyn peruspilarien avulla. Niiden avulla voidaan arvioida, kuinka oppilastyö käyttää hyväksi pedagogisia keinoja ja vuorovaikutuksellisuutta ja ne on esitetty seuraavalla tavalla (Laasala, 2017; Millar, 2004):

*1. Käytännön työskentely on oleellinen väline kemian oppimisessa, kun kohteena on sekä oppilaan tieteellinen ajattelu, että oppilaiden tietämys tieteestä.*

2. *Kun mietitään kokeellisen työskentelyn merkitystä, on tärkeää erottaa tutkimuslaboratorio sekä opetuslaboratorio toisistaan. Tutkimuslaboratorion tarkoitus on löytää jatkuvasti jotain uutta, mutta koululaboratorion tarkoitus on opettaa oppilaille asioita, jotka jo tiedetään ja ovat tieteellisesti hyväksytyjä.*

3. *Kokeellisen työskentelyn tuoma oppilaiden tieteellisen ajattelun kehitys näkyy paremmin vuorovaikutuksellisessa työskentelyssä kuin opettajajohtoisessa kyselyssä.*

4. *Jotta kokeellinen työskentely parantaisi oppilaan tieteellistä ajattelua, se vaatii yhteyden muodostamista ideoiden ja mallien sekä havaittavien asioiden välille. Tämä toimii parhaiten, kun*

*o oppimistavoitteet ovat selviä ja niitä on vain muutama yhdessä työssä.*

*o työ korostaa päätavoitteita eikä työssä esiinny suurissa määrin ilmiöitä, jotka eivät ole oleellisia oppimistavoitteen kannalta.*

*o oppilaat joutuvat ajattelemaan jo ennen työskentelyä, jolloin olemassa olevat tietorakenteet aktivoituvat ja kokeellinen työ antaa vastauksen kysymykseen, jota oppilas mieltii.*

*o työ on suunniteltu niin, että kynnyks yhdistää malleja ja käytännön ilmiöitä madaltuu merkittävästi.*

5. *Avoimemmat kokeelliset työt kehittävät oppilaiden hiljaista tieteellistä tietoa. Tieteelliseen kirjallisuuteen tällaista tietoa ei tarvitse, mutta sillä on rooli tieteellisen tietotaidon kehityksessä. Tästä tietotaidosta voivat hyötyä oppilaat, jotka haluavat opiskella lisää luonnontieteitä.*

6. *Ymmärrys tieteellisen tutkimuksen logiikasta ja tieteellisen tiedon luonteesta on tärkeää luonnontieteellisen osaamisen kannalta. Näitä kohdentavat käytännön työt auttavat edellä mainittujen asioiden ymmärtämisessä, esimerkiksi datan kerääminen sekä niiden tulkinta. Toisaalta samalla on pidettävä mielessä selkeät osaamistavoitteet sekä vähäinen 'melu', eli opittavan asian kannalta epäoleellisten ilmiöiden esiintyminen työssä.*

7. *Joitakin käsityksiä tieteistä halutaan kehittää, erityisesti käsityksiä ongelmista, jotka liittyvät kilpaileviin selityksiin sekä niiden kompromissiin, jolloin tarvitaan teoreettista opetusta opetettavasta asiasta.*

Kemian opiskelun etu on se, että oppiminen voi tapahtua käytännön työskentelyn kautta. Se yhdistää hyvin työhön liittyvän teorian tarkastelua, kunhan kokeellinen työskentely on mielekkäästi suunniteltu ja teoria on yhdistettävissä havaintoihin selkeiden aistihavaintojen muodossa (Millar, 2004). Jotta kokeellinen työskentely olisi pedagogisesti mielekästä, on otettava huomioon, että sen aikana tehtävät havainnot ovat helppo saada aikaiseksi, eikä ole

suurta riskiä epäonnistua kokeessa tai tehdä sellaisia havaintoja, joiden selitystä ei voi yksinkertaistaa lukiolaiselle tai yläkoululaiselle. Kokeellinen työskentely parhaimmillaan ohjaa oppilasta omien havaintojen esittämiseen sekä niiden perusteluun ja täten ohjaa myös argumentointiin. On siis tärkeää, että kokeellinen työskentely on vuorovaikutteista eikä vain opettajajohtoista kyselyä.

Jotta kokeellisen työn ja asiasisällön yhteys olisi selvä oppilaalle, hänelle on oltava selvää mitä työssä opitaan (Millar, 2004). Tämä on helppo jäsenellä esittämällä vain muutama oppimistavoite, jotka ovat pääosassa havaintojen tekemisessä. Havainnoissa ei siis saa esiintyä suurta epäonnistumisen riskiä tai muita ilmiöitä, jotka haittaavat asiasisällön kannalta oleellisten havaintojen tekemistä. Oppilas tulee aktivoida työskentelyyn esimerkiksi kartoittamalla oppilaiden ennakkokäsityksiä, joita voi verrata kokeessa tehtyjen havaintojen kanssa. Tämä helpottaa oppilaan argumentin muodostamista. Kokeellinen työ tulee olla niin selkeä, että se yhdistää teoriassa opittuja malleja ja työssä tehtyjä havaintoja. Oppilaan argumentaatiotaitoja kehittävät työt, joissa voidaan muodostaa vasta-argumentteja, sekä avoimet työt, joissa koeasetelma on suunniteltava itse.

#### **4.6. Motivaation rakentuminen**

Kuten äsken jo sivuttiin, tunteet ja palaute vaikuttavat oppilaan motivaatioon, mutta eivät ole ainoita ratkaisevia tekijöitä opetuksessa. Aninko on tutkinut Pro gradu –tutkielmassaan (2015) motivaation rakentumista sekä toiminnallista opettamista opetusmenetelmänä. Motivaation tarkastelu sekä siihen vaikuttavat tekijät ovat tärkeässä roolissa tätä tutkielmaa, sillä keittiökemiaan liittyvien työtapojen on tarkoitus motivoida oppilaita enemmän luonnontieteiden opiskeluun.

Aninko (2015) tutkii aluksi opettajien valitsemia työtapoja sekä niiden vaikutusta oppilaiden motivaatioon ja oppimiskokemuksiin. Samalla Aninko selvitti opettajien näkemyksiä valitsemistaan työtavoista. Esimerkiksi luentotyylä perusteltiin koulun vakavuudella toimintaympäristönä, eivätkä oppilaat voineet ottaa itse selvää opetettavista jutuista. Aninko huomauttaa, että luentotyylin sovittaminen mihinkään tieteelliseen viitekehykseen on vaikea tehdä kattavasti perustellen.

Varga (1971) alleviivaa arkielämän yhteyttä sekä sen tärkeyttä opetuksessa. Vargan mukaan asioiden rakenteet kiinnostavat vain harvoja, mikäli ne eivät ole kytköksissä käytäntöön (Vargaa 1971 mukaillen Aininko 2015). Toiminnallinen oppiminen eli esimerkiksi keittiökemia sekä siihen liittyvät oppilastyöt ovat oiva menetelmä yhdistää arkielämää sekä kemian teoriaa toisiinsa ja täten motivoida aktiiviseen oppimiseen.

Motivaatioille on määritelty erilaisia tasoja, jotka riippuvat sen intensiivisyydestä sekä sen vaikuttimista (Ryan & Deci, 2000). Ensimmäinen ja oppimistilanteen kannalta eniten epätoivottu motivaation taso on *amotivaatio*, jossa motivaatiota opetettavaa alaa kohtaan ei ole nimeksikään. Amotivoitunut oppija ei ole oppimistilanteessa oma-aloitteinen eikä näe opittavan asian hyödyllisyyttä tai koe käytettävää työtapaa mielekkääksi.

Toinen motivaation taso on *ulkoinen motivaatio* (Ryan & Deci, 2000). Siinä oppija toimii oppimistilanteessa, mikäli häneen vaikuttaa ulkoiset vaikuttimet. Täysin ulkoisesta motivaatiosta riippuvaista oppijaa ajaa oppimistilanteisiin palkinnon tai rangaistuksen mahdollisuudet. Ulkoista motivaatiota on myös osallistua aktiivisesti oppimistilanteisiin, jotta saa arvostusta muilta tai itseltään omasta toiminnasta.

Ihanteellinen motivaation taso on *sisäinen motivaatio* (Ryan & Deci, 2000). Siinä oppijalla on tavalla tai toisella aito kiinnostus opittavaa asiaa kohtaan ja halu kehittää itseään paremmaksi. Esimerkki jokseenkin sisäisestä motivaatiosta on *identifikaatio*, jossa oppija tietoisesti arvioi toimintaansa ja sitä, kuinka hyvin hän täyttää oppimistilanteen asettamat vaatimukset. Tämä motivaation muoto ei ole täydellistä sisäistä motivaatiota, sillä se tarvitsee ulkoisen tekijän, eli opettajan, arvioimaan oppimisprosessia ja sen tuomia tuloksia. Täydellisessä sisäisessä motivaatiossa oppija saa nautintoa ja tyydytystä oppimistilanteesta. Henkilö ei ole riippuvainen ulkoisista kannustimista, ei edes arvioinnista.

Lengel ja Kuczala (2010) perustelevat toiminnallisen opettamisen hyödyllisyyttä seuraavasti:

1. Toiminnallisuus on hyväksi aivoille.
2. Toiminnallisuus luo taukoja aivoille vaihtelun ansiosta.
3. Toiminnallisuus parantaa luokan keskinäisiä voimia ja yhteistoiminnallisuutta.
4. Toiminnallisuus toimii hyvänä esitysmateriaalina.
5. Tekemällä oppii tehokkaasti.

Toiminnallinen opettaminen valmistaa aluksi aivoja opetettavaan asiaan. Aivot ovat täten vastaanottavammat uudelle informaatiolle. Toiminnallinen opettaminen tarkoittaa myös opetuksen virikkeellisyyttä, eli aivot eivät kuormitu tai turru yksipuoliselle ja passiiviselle opetukselle, vaan asiaa lähestytään monilla eri tavoin. Luonnontieteiden opetuksessa toiminnallinen opettaminen viittaa kokeellisen työskentelyyn, jonka eräs tavoite on työskennellä vuorovaikutuksessa muiden kanssa ja esittää kokeellisen työskentelyn tuloksia muulle luokalle. Opettajat voivat nähdä itse vaivaa esitysmateriaalien laatimiseen, mutta oppilaan oma toiminnallisuus voi helpottaa opettajan omaa taakkaa, sillä oppilaat voivat itse selvittää vastaukset kokeellista työskentelyä koskeviin kysymyksiin. Toiminnallinen opettaminen on keino taata oppilaan tehokas oppiminen (Lengel ja Kuczala, 2010 mukailen Aininko, 2015).

#### **4.7. Opetuksen integraatio ja inklusio**

Integraatiossa pyritään tilanteeseen, jossa oppilaalle annetaan tarpeen tullen erityistä tukea yleisopetuksen luokassa ja opettajalla on resursseja täyttää oppilaan erityistarpeita oppimisessa (Pinola, 2008). Integraatiolla päästään laajempaan kokonaisuuteen, jossa korostetaan oppilaiden yhteenkuuluvuutta ottamalla oppilas mukaan mahdollisimman moneen asiaan opetuksessa. Tätä kokonaisuutta kutsutaan inklusioksi.

Taskinen (2013) on eritellyt Pro gradu –tutkielmassaan kaksi erilaista integraation käytännönläheisempää käsitteitä kasvatustieteessä. Toinen perustuu sanan integraatio varsinaiseen merkitykseen, joka on kahden erillisen osan yhdistämistä yhteiseen kokonaisuuteen. Taskisen mukaan tämän lähtökohtana pidetään normalisaatioperiaatetta, jonka

mukaan esimerkiksi vammaisille on mahdollistettava samanlaiset olosuhteet elämälle kuin muillakin. Tämä tarkoittaa sitä, että kouluympäristöjen on oltava samanlaisia riippumatta siitä, onko sen jäsen vammainen vai ei.

Toinen Taskisen (2013) esittelemä määritelmä integraatiosta kasvatustieteessä keskittyy oppilaiden osaamisen tasoihin ja tarkastelee asiaa ”suomalaisesta näkökulmasta”. Sillä tarkoitetaan ”yleisopetuksen ja erityisopetuksen sulattamista toisiinsa”. Siinä erityistä tukea tarvittavat oppilaat pidetään samassa koulurakennuksessa ja erityisopetus pyritään suorittamaan mahdollisimman paljon yleisopetuksen rinnalla. Tällöin erityistä tukea tarvitsevat oppilaat saavat työskennellä muiden oppilaiden kanssa ja pystytään välttämään tukea tarvitsevien oppilaiden siirto erityisluokkiin tai –kouluun.

Ylläolevien määritelmien nojalla Taskinen (2013) kiteyttää, että integraatio ”perustuu demokraattisiin ihanteisiin”, eli se pyrkii tyydyttämään mahdollisimman suurta yleisöä. Integraatio ei pohdi, mitä tehdä erityistä tukea tarvitseville oppilaille, vaan kuinka saada ympäristöön sellainen ilmapiiri, että erilaiset ihmiset pystyvät tekemään töitä yhdessä ja saavat yhdessä aikaan oppimistavoitteita tyydyttäviä tuloksia. Tähän kuuluu oppimistilanteen siirtäminen pois luokasta ja tekemällä esimerkiksi yritysvierailu (Rajander, 2008). Yhteen lauseeseen tiivistettynä integraatio tarkoittaa kaikkien oppilaiden opiskelemista samassa oppiympäristössä, jossa tukea tarvitsevat oppilaat saavat tarvitsemaansa tukea. Tyypillisesti samassa yhteydessä puhutaan myös inklusiosta.

Toisaalta integraatiolle tai inklusiolle ei ole tarkoin määriteltyä virallista käsitettä ja niiden käytössä voi ilmetä epäselvyyksiä (Roiha, 2012, 24). Termejä tyypillisesti käsitellään kirjoittajan luomasta määritelmästä riippuen käytännössä synonyymeinä tai aivan eri käsitteinä. Todellisuudessa integraatio ja inklusio eroavat toisistaan siten, että integraatio ”kuntouttaa” yhteisön jäsentä normaaliksi yhteisön jäseneksi, inklusio hyväksyy henkilön yhteisöön kuuluvaksi huolimatta hänen ominaisuuksista.

Inklusion ja integraation toteuttamisesta suomalaisessa kouluopetuksessa on säädetty määräyksiä kansainvälisiä sopimuksia ja lain kirjainta myöten (Roiha, 2012). Inklusio perustuu oleellisesti vuonna 1994 solmittuun UNESCO:n Salamancan julistukseen

(UNESCO, 1994) sekä vuonna 2006 solmittuun YK:n yleissopimukseen vammaisten oikeuksista (Suomen YK-liitto, 2009). Suomi allekirjoitti Salamancan julistuksen vuonna 1994 ja yleissopimuksen vammaisten oikeuksista vuonna 2007. Jälkimmäisen Suomi ratifioi vuonna 2016 (Suomen YK-liitto, 2017). Salamancan julistuksen nojalla erityistä tukea tarvitsevat oppilaat saavat mahdollisuuden käydä tavallista koulua, jossa heitä kohtaan on toteutettava yksilöllistä kohtaamista lapsikeskeistä pedagogiikkaa käyttäen. YK:n yleissopimus vammaisten oikeuksista antavat vammaisille oikeuden ”tulla integroiduksi osallistavaan, hyvälaatuiseen ja maksuttomaan perus- ja toiseen asteen koulutukseen yhdenvertaisesti muiden kanssa niissä yhteisöissä joissa he elävät”. Sopimus myös ”mahdollistaa vammaisten oppimisen tehokkaan tukemisen ympäristöissä, jotka mahdollistavat oppimisen ja sosiaalisen kehityksen maksimoinnin täysimääräisen osallisuuden tavoitteen mukaisesti” (Suomen YK-liitto, 2009).

Lain kirjain on myös säätänyt määräyksiä integraatioon ja inklusioon (Roiha, 2012). Perinteisesti perusopetuslaissa yleisopetuksen luokka määritellään ensisijaiseksi oppimisympäristöksi ja oppilas voidaan sieltä poistaa, mikäli se on hänen etujensa mukaista. Perusopetuslakia muutettiin sittemmin siten, että oppilaalle järjestettävä erityisopetus sovitetaan oppilaan edun sekä opetuksen järjestelymahdollisuuksien mukaan. Tämä erityisopetus järjestetään muun opetuksen yhteydessä tai vähintään osittain erityisluokalla tai muussa vastaavassa oppimisympäristössä (Perusopetuslain muutos 642/2010). Kouluorganisaation on siis mahdollistettava olosuhteet, jolla jokaiselle oppilaalle tarjotaan eri tapoja oppia asia. Kemian opetuksessa erilaisia työtapoja on runsaasti perinteisestä luennoimistyylistä monella eri tavalla toteutettavaan kokeelliseen työskentelyyn sekä kaikkea sen välillä ryhmätöistä mallinnuksiin tieto- ja viestintävälineillä, joten mahdollisuuksia integroida erilaisia oppijoita samaan opetustilanteeseen on paljon.

Rajander listaa kehittämisraportissaan (2008) integraation määritelmän mukaisen integroidun opetussuunnitelman eduista seuraavasti:

1. Opiskelija asettaa itselleen pohtivia kysymyksiä opetettavaan sisältöön liittyen.
2. Opiskelijaa rohkaistaan hankkimaan tietoa useista eri lähteistä eikä tukeutua vain käytössä olevaan oppikirjaa.
3. Opiskelija oppii tiedonkäsittelyä, eli tiedonhakua, materiaalin lukemista, luetun tiedon järjestelemistä sekä tiedon jakamista ja opettamista muille.

4. Opiskelija uskaltaa käyttää selvittämäänsä tietoa sekä soveltaa niitä uusia tilanteita ja ongelmia luodessa.
5. Opiskelijan odotetaan välittävän selvitetty tieto mielekkäällä ja yhteisesti sovitulla tavalla, esimerkiksi työselostuksen tai raportin muodossa.

Integraation toteutumisessa on omat haasteensa. Mäkinen ja Vuohiniemi (2001) mainitsevat Pro gradu –tutkielmassaan, että sitä hidastaa se, ettei laki suoraan ole velvoittanut sen toteuttamiseen. Haasteena on siis keksiä tehokkaita tapoja integroida opetusta tehokkaasti. Toinen haaste on oppilaiden erilaiset lähtökohdat. Luokkatilanteessa on väistämätöntä, että samassa tilassa on oppilas, jolla on jo paljon tietoa opetettavasta aiheesta ja oppilas, jolle ei tahdo löytyä sopivaa oppimistyyliä. On siis olemassa riski, että opetus on ”tasapäästävä”, eli lahjakkaat oppilaat eivät saa toteuttaa itseään tehokkaasti tunnilla, ja pahimmassa tapauksessa heikosti menestyvät oppilaat häidin tuskin pysyvät perässä opetettavassa asiassa.

Luonnontieteiden opetuksessa integraation haaste piilee siinä, että opettajien on mietittävä ja muokattava uudelleen opettajaidentiteettiään (Aikenhead, 2003). Opettajien on muututtava perinteisestä oppiaineelle uskollisesta opetustavasta monialaiseen näkökulmaan, jota voi lähestyä eri oppiaineiden avulla. Opettajien on valittava nämä monialaiset työtavat ja näkökulmat siten, että ne motivoisivat oppilasta mahdollisimman paljon sisäisesti. Integraatio ei ole myöskään yksin opettajasta ja hänen valinnoista kiinni, vaan se on myös poliittinen prosessi. Tämä tarkoittaa sitä, että muutos monialaiseen ja motivoivaan suuntaan on hidaskä.

Kemian opetuksessa tämä haaste on periaatteessa helposti ratkaistavissa, sillä kemialle on olemassa paljon erilaisia toteutettavia työtapoja. Kokeellisuuden avulla kemiaa voidaan erityisen hyvin sitoa oppilasta koskettavaan arkielämään. Kolmas haaste kemian opetuksen integroinnissa voi olla monialaisen osaamisen integrointi kemian opetukseen. Jotta kokeellinen työskentely on pedagogisesti kannattavaa, siinä ei kannata olla liikaa ”melua” eli ylimääräistä asiaa opetettavan asian ympärillä (Millar, 2004). Kokeelliset työtavat kannattaa siis valita siten, että ne havainnollistavat tiettyjä ilmiöitä mahdollisimman selkeästi ja erottavat eri oppiaineisiin liittyvät asiat niin selkeästi, että niitä voi tarkastella yhtä selkeästi eri oppiaineiden näkökulmasta.



Myös kouluorganisaatiosta löytyy muuttujia, jotka tekevät opetuksen integraation hitaaksi prosessiksi (Mäkinen & Vuohiniemi, 2001). Nämä muuttujat liittyvät pedagogisiin rajoituksiin ja opetushenkilöstön ja kasvatusalan asiantuntijoiden asenteisiin integroinnista. Myös resurssien vähyys tiettyjen integraatiokeinojen toteuttamiseen voidaan mainita integraatiota hidastavina tekijöinä, esimerkiksi työtilojen ja ajan puute keittiökemian opetuksessa (Laasala, 2017).

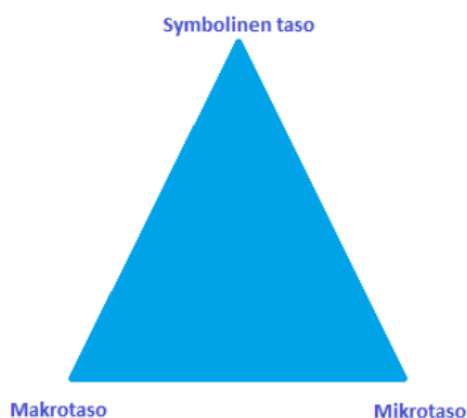
Vaskuri (2017) on väitöskirjassaan tutkinut kemian opetuksessa käytettävää integraatiota abstraktimmalla ja oppiaineeseen keskittyvällä tavalla. Siinä hän on tutkinut vuoden 1985 lukion kemian pakollisten kurssin opetussuunnitelmaa. Sen aikainen lukion ensimmäinen kurssi käsitteli kemiaa luonnontieteenä, aineen rakenteita ja ominaisuuksia, kemiallisia suureita ja kemiallisia reaktioita. Integrointia suoritettiin kurssilla perehdyttämällä opiskelijat aineen rakenteeseen ja liittämällä asiasisältö monialaisesti ja sujuvasti fysiikkaan ja biologiaan. Aineen rakennetta tarkasteltiin myös olomuodon muutoksen kontekstissa. Sen avulla havainnollistettiin Avogadron lakia eli ideaalikaasulakia ja täten liitettiin kemian opiskelua fysiikan opiskeluun. Biologian opiskelua vuorostaan tukee veden rooli liuottimena, liukeneminen, diffuusio, osmoosi, protolyysireaktiot ja pH, jolloin oheiset asiat liitetään biologiaan soveltavien työtapojen yhteydessä.

Vuoden 1985 opetussuunnitelman mukaisessa lukion kemian toisessa kurssissa käsitellään ”Elinympäristön kemiaa” (Kouluhallitus, 1985 mukaillen Vaskuri, 2017). Siinä käsiteltävät asiasisällöt ovat kemiallinen energia, tärkeät epäorgaaniset yhdisteet, orgaanisten yhdisteiden kemiaa ja ympäristökemiaa. Tämän kurssin integraatio keskittyy paljon ekologiaan, biologiaan ja biologisiin prosesseihin. Biologisesti merkityksellisten kemiallisten yhdisteiden opettelu tukee biologian fysiologisten ja geneettisten ilmiöiden ymmärtämistä. Biologiaan integroituvat myös ympäristöön vaikuttavien aineiden kemia sekä lääkeaineiden ominaisuudet, jotka tukevat myös psykologian ja terveystiedon osaamista. Kurssin avulla saatetaan myös vastata ympäristökemiallisiin kysymyksiin, jotka voidaan liittää maantieteen ja biologian opiskeluun. Sen lisäksi kurssilta saatavaa tietämystä voidaan käyttää taloustiedon soveltamisessa, johon vuorostaan integroituvat kemian teollisuuteen liittyvät kysymykset. Kurssin tietämystä voidaan soveltaa myös ympäristömyrkyjen käyttämisen pohtimisessa.

## 4.8. Kontekstisidonnainen oppiminen ja eheyttävä opetus

Jotta keittiökemiasta saadaan tehokas menetelmä kemian opetukseen ja oppimiseen, on tarkasteltava siihen liittyviä konteksteja sekä niiden siirrettävyyttä teoriasta käytäntöön ja toisinpäin. Kontekstilähtöinen oppiminen määritellään menetelmäksi, jossa opetettavat asiat siirretään luontoon ja jokapäiväiseen elämään esimerkkien ja soveltavien työtapojen avulla. (Keppo, 2017; Bennett & Lubben, 2006). Kontekstilähtöisellä oppimisella haetaan kiinteää arkielämän yhteyttä arkipäivään, jonka on tarkoitus motivoida oppilasta ja saada kemiasta mielenkiintoinen oppiaine. Opiskelijoiden motivaatio opiskeltavaan asiaan on suurempi, mikäli opetettava asia liittyy kiinteästi heidän omaan arkielämäänsä.

Kun tarkastellaan kontekstilähtöistä oppimista sekä eheyttävää oppimista, nousee väistämättä esille eri tasot, jossa kemiaa käsitellään. Tyypillinen esimerkki kemian tiedon eri tasojen tarkastelusta on puun palamisen tarkastelu. Aisteilla voidaan selvästi havainnoida puun palamisen tuottama valo, lämpö sekä liekille ominainen kellertävä väri. Paljain silmin ei voi havainnoida, että puun hiilyhdisteet reagoivat hapen kanssa, kun systeemiin tuodaan tarpeeksi suuri määrä energiaa esimerkiksi lämmön muodossa. Tätä ilmiötä kuvataan esimerkiksi molekyylimallinnuksilla ja reaktioyhtälöillä. Johnstone (2000) on määritellyt kemiallisen tiedon kolmitasomallin, joka havainnollistaa kemiallisen tiedon kolmesta tasosta. Johnstone kutsuu aistihavainnoilla todetut ilmiöt *makrotasoksi*, ilmiön havainnointia molekyylitasolla *mikrotasoksi* sekä ilmiöön liittyvät merkinnät *symboliseksi tasoksi*. Kolmitaso on havainnollistettu kuvassa 16.



**Kuva 16:** Johnstonen (2000) kemiallisen tiedon kolmitasomalli.

Varhaisimmat esimerkit kontekstilähtöisestä oppimisesta ovat 1980-luvulta. (Keppo, 2017, 40; Bennett & Lubben, 2006). Silloin huolestuttiin, että luonnontieteiden opettaminen viedään tasolle, josta opiskelijat ymmärtävät kehnosti, eikä enää kiinnosta opiskelijoita. Kun tämä uhkakuva tiedostettiin, opettajat sekä opetuksen tutkijat kokoontuivat ja kehittivät koottujen ideoiden pohjalta niin kutsuttuja ”Salterin kurseiksi”, joissa kemian opetukseen on integroitu myös biologiaa ja fysiikkaa. Salterin kurseista sai alkunsa kontekstilähtöinen oppiminen, joissa hyödynnetään kiinteitä arkielämän yhteyksiä ja monialaista osaamista. Monialaisesta osaamisesta kerrotaan myöhemmin tässä osiossa.

Toisinaan kontekstilähtöisen oppimisen ohella puhutaan eheyttävästä oppimisesta. Sille ei ole yksiselitteistä määritelmää, vaan sen määritelmä riippuu siitä, kuka sen määrittelee. Jeskanen (2015) määrittelee Pro gradu –tutkielmassaan eheyttävän oppimisen ”tavoitteellisena vuorovaikutustoimintana, jossa opetuksen kohteena olevat sisällöt ja käsitteet saatetaan rakentamaan oppilaan minäkuvaan ja maailmankuvaa tavoitteena tiedon muotoutuminen soveltuvaksi teoriaksi”. Eheyttävä oppiminen näyttää siis tämän määritelmän nojalla painottavan yhteistyötä opettaja-oppilas-vuorovaikutuksessa, yksilöllistä kohtaamista, kommunikointia opetuksesta tuovista tunteista sekä toimintojen koordinoitua. Eheyttävä oppiminen huomioi myös oppilaan kokonaiskehittymisen, johon kuuluu persoonallisuuden eheyttäminen ja taitojen kehittymisen seuraaminen. Menetelmässä siis seurataan oppilaan tapaa kehittyä ja tätä dataa hyväksikäyttäen mahdollistetaan mahdollisimman motivoiva ja tehokas kemian oppiminen. Eheyttävä opetus siis ottaa käyttämässään työtavoissaan huomioon oppijan kokemusmaailman, sekä mukaillee opettavat sisällöt siten, että ne ovat oppilaalle merkityksellisiä ennen opetustilannetta tai sen jälkeen.

Jeskanen (2015) on tutkielmassaan jakanut eheyttävän oppimisen vertikaaliseen ja horisontaaliseen opettamiseen (Eheyttämistyöryhmää, 1990, mukailen Jeskanen, 2015). Vertikaalisessa eheyttämisessä ilmiöitä käsitellään yhdistämällä ilmiön makro- ja mikrotaso keskenään. Tunnettu ilmiö siirretään tuntemattomaan kontekstiin ja konkreettinen havainto selitetään abstrakteilla kokonaisuuksilla, joita ei voi omin aistein havaita. Horisontaalinen eheyttäminen on vertikaalista laajempaa ja käyttää hyväkseen monialaista osaamista. Samaa ilmiötä tarkastellaan eri oppiaineiden näkökulmasta. Ilmiö integroidaan yhteiskuntaan ja

oppilaan omaan elämään, jolloin syntyy laaja ja helposti sovellettava kokonaisuus. Tyypillisiä eheyttävän opetuksen piirteitä ovat (Haatainen, 2014):

- Opettajajohtoisen opetuksen vähentäminen ja oppimisvastuun siirtäminen oppilaalle, hänen vanhemmille ja yhteiskunnalle
- Mielekkäät opetussisällöt, jotka laajentavat oppilaan maailmankuvaa
- Yhteistoiminnallisuuden lisääminen, ryhmätyötaitojen kehittäminen, vuorovaikutuksellisen työskentelyn oppiminen
- Aktiivisuutta, omatoimisuutta ja muiden auttamista tukeva oppilaslähtöisyys
- Paljon jatkuvaa arviointia, oppilaan kannustamista ja oppimisen edistämistä

Eheyttämisestä voidaan tehdä toteuttavan koulun ja opettajan näköinen, sillä se voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Se tulee nähdä jatkuvana prosessina, jota tulee kehittää *trial and error* –menetelmällä pedagogisesti tehokkaammaksi. Siinä tulee siis kokeilla eri tapoja toteuttaa saman kokonaisuuden opetus, analysoida niitä jatkuvasti ja kehittää sitä näiden analyysien nojalla. (Eheyttämistyöryhmä, 1990). Jeskanen (2015) mainitsee esimerkkejä eheyttämisestä seuraavanlaisesti:

1. Tutkitaan samaa ilmiötä samanaikaisesti kahden tai useamman eri oppiaineen näkökulmasta
2. Järjestellään saman asiakokonaisuuden asiat jatkumollisesti peräkkäin opiskeltaviksi
3. Oppiaineet ryhmitellään oppiainekokonaisuuksiksi
4. Muodostamalla monialaiseen osaamiseen liittyviä laajempia oppimiskokonaisuuksia
5. Järjestelemällä teemapäiviä ja –viikkoja sekä erilaisia tapahtumia ja kampanjoita.

Eheyttäminen rakentuu yllä olevan nojalla oppilaan luontaisesta toiminnallisuudesta ja on keksittävä keinoja, joilla oppilaan kiinnostus elämässä tapahtuvien ilmiöiden tutkimiseen säilyy. Jeskanen (2015) mukaan eheyttämisen tavoitteet ovat oppilaan kiinnostuksen herättäminen, osallisuus ja oma-aloitteisuus, tiedon merkityksellisyys ja yhdessä tapahtuva tiedon rakentaminen sekä opitun reflektointi.

Kemiassa eheyttävän opettamisen pohtiminen voidaan aloittaa kokeellisuudesta. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet (2014) mainitsevat kokeellisuudesta seuraavaa:

*”Kemian opetuksen lähtökohtana on elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen. -- Tutkimusten tekeminen kehittää työskentelyn ja yhteistyöntaitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostaa oppilaita kemian opiskeluun. -- Tutkimuksellinen lähestymistapa tukee käsitteiden rakentumista ja tutkimisen taitojen oppimista. Tavoitteiden kannalta keskeistä on oppilaiden osallisuus ja vuorovaikutus yksinkertaisten tutkimusten suunnittelussa ja toteuttamisessa.”*

Yllä olevan nojalla voidaan siis päätellä, että kemian opetus painottuu paitsi kokeellisuuteen, myös ilmiöiden tarkasteluun ja selittämiseen eli *ilmiölähtöisyyteen*. Kemian opetusta on siis viety eheyttävään suuntaan, jossa arkipäivän ilmiöitä tarkastellaan kemian näkökulmasta. Kokeellisuus tarjoaa oppilaalle mahdollisuuden havainnoida ilmiötä makrotasolla, mikä luo yhteyden mikrotason tarkastelulle ja symbolitason käsittelylle (Johnstone, 2000).

Annala (2012) on Pro gradu -tutkielmassaan pohtinut eri kokeellisten työtapojen toimivuutta kemian opetuksessa. Hän mainitsee aluksi, että kokeellinen lähestymistapa tuo oppilaita lähemmän luonnontieteiden periaatteita sekä tukee luonnontieteisiin liittyvien käsitteiden ymmärtämisessä. Samalla laboratoriotyöt haastavat oppilaiden ennakkokäsityksiä sekä näin muokkaavat oppilaiden luonnontieteellistä ajattelua. Jotta laboratoriotyöstä saadaan kaikki irti, myös kokeellisen työn aikana on käytävä keskustelua oppilaiden kanssa ja työn jälkeen tulee käydä työ yhdessä läpi keskustelemalla.

Kontekstilähtöisen opetuksen vahvuudeksi mainitaan opettavien asioiden siirtämistä yhteyteen, joka liittyy kiinteästi arkielämään (Keppo, 2017; Bennett *et al.*, 2005). Opiskelijoiden motivaatiota voidaan parantaa liittämällä opettava sisältö kiinteästi ja helposti ymmärrettävästi opiskelijoiden arkielämään. Tässä tutkimuksessa tutkitaan ruokaa, ruoanlaittoa sekä elimistön toimintaa kontekstilähtöisenä opetustapana kemian opetuksessa.

Kontekstilähtöinen opetus ja eheyttävä lähestymistapa opetukseen saattavat viedä paljon koulun ja opettajan resursseja. Jeskanen (2015) mainitsee tutkielmassaan, ettei kontekstilähtöinen tuo suurta muutosta kemian peruskäsitteiden ymmärtämiseen kemian opetuksessa verrattuna perinteiseen luennoimistyyliin. Oppilaat toisaalta muodostivat vankemman käsityksen opetettavista asioista kuin luennoimistyyllillä opetetut oppilaat. Kontekstipohjainen opetus myös paransi oppilaiden motivaatiota ja positiivista suhtautumista luonnontieteitä kohtaan, mutta tutkielmassa mainitaan tutkimuksesta, jonka mukaan kontekstilähtöinen menetelmä ei kehitä oppilaiden kognitiivista suorituskyykyä erityisen tehokkaasti verrattuna muihin opetusmenetelmiin.

Mainittava kontekstilähtöisen oppimisen ja eheyttävän opetuksen haaste voivat olla liian monimutkaiset kontekstivalinnat (Bennett *et al.*, 2005). Opetettavan aiheen konteksti voi olla todella kiinnostava tai henkilökohtaisesti koskettava arkielämässä, mutta siihen liittyvä teoria voi olla todella monimutkaista, ellei sitä jäsentele ja yksinkertaista tehokkaasti oppilaita varten. Voi vaatia opettajalta ylimääräistä työtä sovittaa konteksti siten, että oppilaat pystyvät yhdistämään kontekstin sekä siihen liittyvän teorian tehokkaasti keskenään. Huomioitavaa on, että mikäli jäsentelyssä ja yksinkertaistamisessa onnistutaan hyvin, oppilas oppii kontekstiin liittyvässä ilmiössä monialaisesti, eli kemiallisen ilmiön ymmärtämisen lisäksi opitaan myös fysiikkaa ja kenties biologiaa.

Toinen kontekstilähtöisen ja eheyttävän opetuksen haaste on yksipuoliset työtavat sekä täten ristiriidat integroinnin kanssa (Bennett *et al.*, 2005). Jos kontekstilähtöisen oppimisen käyttäminen epäonnistuu, oppimistulokset heikkenevät, eivätkä heikommin kemiaa oppivat saavuta toivottuja tuloksia. Kontekstilähtöiset opetustavat valitaan useimmiten hyvin käytännönläheisesti, joten ne korostavat kokeellista työskentelyä sekä sen pohjalta käytävää teoriaa. Esimerkiksi tieto- ja viestintävälineitä ei lähtökohtaisesti voi yhdistää kovin kiinteästi käytännönläheiseen aiheeseen. Tätä haastetta on ratkaistu esimerkiksi Haataisen (2014) Pro gradu -tutkielmassa, jossa suklaata, sen valmistusta sekä siihen liittyvää kemiaa on yhdistetty kouluopetukseen ja sitä on myös integroitu tieto- ja viestintävälineillä suoritettavaan opetukseen verkkomateriaalien kautta.

Kolmas kontekstilähtöisen ja eheyttävän opetuksen haaste on resurssien ja ajan puute tiettyjä konteksteja suorittaessa. Esimerkiksi Laasalan (2017) kyselytutkimuksessa opettajat kertoivat,

ettei aikaa aina ole käydä kontekstilähtöisiä aiheita läpi. Lisäksi resursseja ei koettu olevan tarpeeksi, esimerkiksi oppimateriaalin, sopivien työtilojen ja puhtaiden, elintarvikekäyttöön kelpaavien astioiden puute koettiin suuriksi rajoittaviksi tekijöiksi keittiökemian toteuttamisessa. Toisaalta kontekstilähtöistä opetusta varten on saatavilla laaja ja monipuolinen valikoima eri konteksteja, joita voi toteuttaa monella eri tavalla, joten haastetta vastaan on varsin helppo keksiä ratkaisuja opettajan omilla pedagogisilla valinnoilla (Seery, 2015).

Koska kontekstuaalisen oppimisen pyrkimys on saada aikaan oppilaslähtöistä oppimista, siihen liittyviä vaiheita voidaan tarkastella kolmessa eri vaiheessa (Zusho *et al.*, 2003). Ensimmäinen vaihe on motivoiva prosessi. Siinä tarkastellaan, mihin aihealueeseen työtapana on sidottu, mitä kontekstia se tarkastelee ja kuinka se koskettaa henkilökohtaisesti oppilasta.

Motivaatioon yleisesti vaikuttaa se, kuinka tärkeäksi itselle oppilas kokee käytävän oppikokonaisuuden (Zusho *et al.*, 2003). vaikuttaa myös se, kuinka oppilas kokee pystyvänsä suoriutumaan työstä. Oppilaan hyvä itseluottamus työstä suoriutumisen suhteen on yhteydessä hyvään menestykseen luonnontieteissä. He ovat myös oma-aloitteisempia toimimaan niissä tieteellisissä yhteisöissä, jotka peräänkuuluttavat oppimista. Oppilaan tavoiteorientaatio on myös merkittävässä roolissa kontekstuaalisuuden toimivuudessa. Tavoite-orientoituminen voidaan jakaa kahteen eri osaan: asiasisällön ja työtapojen hallinta, jossa niiden merkityksellisyys nähdään tulevaisuuden tutkimuksessa sekä suoritusorientaatio, jossa yritetään saada hyvä arvosana oppikokonaisuudesta sen syvemmin itse asiasisältöön kiinnostumatta. Tavoiteorientoituminen tekee oppilaan itsereflektiosta suhteellisen helppoa, mutta se nähdään usein oppituloksia heikentävänä asiana, sillä mahdolliset epäonnistumiset tulevat vaikuttamaan tunteisiin negatiivisesti, mikä vuorostaan haittaa motivaatiota ja oppimistuloksia. Myös ulkoisen motivaation merkitystä kontekstuaalisuuden tehokkuudessa voidaan tarkastella, esimerkiksi syötävät tuotteet voivat motivoida oppilaita suorittamaan työn oikein ja turvallisesti.

Kontekstuaalisuuden toimivuudelle vaikuttavat myös opettajan tekemät valinnat, joihin liittyvät erilaiset kognitiiviset strategiat. Tällaisia ovat harjoittelu, jossa oppilas keskittyy ulkoa opetteluun, tiedon kehittäminen, jossa opiskelijat keskittyvät opetettavan asian jäsentämiseen. Asiaa jäsennellään käsitteiden löytämisellä ja niiden määrittelemisellä, opetettavan asian tiivistämisellä ja johtopäätösten tekemisellä. Oppilas voi tämän jälkeen itse reflektoida omaa

osaamistaan esimerkiksi yhdistämällä kokeellista työskentelyä opittuun asiasisältöön ja soveltamalla uusia koeasetelmia siihen liittyen. Opettaja voi ohjata tällaiseen toimintaan esimerkiksi arvioimalla kokeellista työtä tehokkuusmatriisin avulla (Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012).

## **4.9. Monialainen osaaminen**

Monialaiselle osaamiselle ei ole tarkkaa määritelmää, mutta yleisesti se tarkoittaa useamman eri oppiaineen integroimista saman ilmiön tarkastelemiseen. Espoon kaupunki, Otavan opisto, Opetushallitus sekä Opetus- ja kulttuuriministeriö ovat yhdessä verkkosivuillaan (Otavan opisto, 2016) jakaneet monialaisen osaamisen kolmeen keskeiseen kokonaisuuteen: opetuksen eheyttäminen, laaja-alainen osaaminen ja ilmiöpohjainen oppiminen. Opetuksen eheyttämistä on käsitelty aiemmin tässä tutkielmassa, laaja-alainen osaaminen ja ilmiöpohjainen opettaminen määritellään tarkemmin tässä osiossa.

### **4.9.1. Laaja-alainen osaaminen**

Peruskoulun opetussuunnitelma (2014) määrittelee laaja-alaisen osaamisen seuraavasti:

*”Laaja-alaisella osaamisella tarkoitetaan tietojen, taitojen, arvojen, asenteiden ja tahdon muodostamaa kokonaisuutta. Osaaminen tarkoittaa myös kykyä käyttää tietoja ja taitoja tilanteen edellyttämällä tavalla. Siihen, miten oppilaat käyttävät tietojaan ja taitojaan, vaikuttavat oppilaiden omaksumat arvot ja asenteet sekä tahto toimia. Laaja-alaisen osaamisen lisääntynyt tarve nousee ympäröivän maailman muutoksista. Ihmisenä kasvaminen, opiskelu, työnteko sekä kansalaisena toimiminen nyt ja tulevaisuudessa edellyttävät tiedon- ja taidonalat ylittävää ja yhdistävää osaamista.”*

Laaja-alainen osaaminen siis on merkittävässä roolissa oppiainerajojen rikkojana. Se ei yksinomaan keskity rikkomaan rajoja oppiaineiden välillä, mutta myös opettaa ja kasvattaa oppilaita käyttämään omia arvoja ja asenteita omassa toiminnassaan. Laaja-alainen osaaminen kannustaa oppilasta tiedostamaan omat arvot ja asenteet sekä toimimaan niiden mukaisesti. Sen



avulla oppilas saattaa löytää oman tyylin opiskella, tehdä töitä ja etsiä oma tapa vuorovaikuttaa muiden kanssa.

Peruskoulun opetussuunnitelman määritelmän nojalla laaja-alainen osaaminen voi olla todella tehokas keino opettaa opetettava asia ja myös kasvattaa oppilasta. Se tarjoaa oppilaalle monipuoliset työtavat sekä parhaimmillaan mielekkäät työtavat oppia sama asia monella eri tavalla. Oppimistilanteen jälkeen oppilas voi käyttää siitä saatua tietoa uuden oppimisessa useammassa oppiaineessa.

Koska laaja-alainen osaaminen sekä siihen liittyvät työtavat ovat todella vahvasti kytköksissä vuorovaikutustoimintaan, opettajan on helppo tarkastella omaa opettajuuttaan sekä omaa roolia oppimistilanteessa (Betancourt, 2017). Sen pohjalta kehitettyjen työtapojen tarkoitus on luoda oppimisen elämyksiä jo opitun tiedon ja sosiaalisesti vaihtelevan toiminnan kautta. Mikäli opettaja onnistuu luomaan kiinnostavia, motivoivia ja yhteistoiminnallisia työtapoja, ne ylläpitävät oppilaan kiinnostusta oppiainetta kohtaan.

Laaja-alaiseen osaamisen erääksi eduksi voidaan mainita myös se, että sitä voidaan toteuttaa opettajan omien painotuksien mukaan. Tietyt kontekstit voivat tosin rajoittaa monialaisuuden toteuttamista esimerkiksi ilmiön monimutkaisuuden takia. Esimerkiksi kanan paistamisessa Maillard-reaktion tuotteiden määrittäminen tarkasti voi olla todella monimutkaista, mutta siinä tehdään havaintoja muun muassa värin, aromin ja kanan rakenteen muutoksissa sekä marinoinnissa (McGee, 2004). Kanan paistuminen on perinteinen esimerkki proteiinien denaturoitumisesta, jota käsitellään lukion kemiassa ja biologiassa.

Myös oppilaiden erilaiset lähtökohdat ja kiinnostuksen kohteet voivat muodostua haasteeksi. Majuri mainitsee Pro gradu -tutkielmassaan (2016) myös tekijöitä, joista riippuu oppilaan kiinnostus kemiaan tai yksittäiseen kontekstiin. Hän mainitsee ensimmäiseksi tekijäksi oppilaan sosioekonomisen taustan. Majurin mukaan sillä on yhteys kiinnostuksen määrään ja opetusmetodiin. Paremmen sosioekonomisen taustan oppilaat asennoituvat positiivisesti tieteeseen ja näkevät sen merkityksen yhteiskunnalle. Heillä olivat myös määrätietoisemmat näkemykset siitä, minkälaisia töitä he haluavat tehdä ja millä työtavoilla haluavat sitä toteuttaa.

Toisaalta heikommasta sosioekonomisesta taustasta tulevat oppilaat suhteutuvat yleisesti sanottuna kyynisesti tieteeseen, eivät näe sitä merkityksellisenä eikä heillä ole motivaatiota tai toiveita luonnontieteiden toteutuksen suhteen (Majuri, 2016). Tutkimuksessa mainittiin, että työtävät eivät ole ottaneet huomioon lapsia, jotka eivät ole kiinnostuneita kemiasta tai ovat huonosti motivoituneita. Kontekstilähtöinen oppiminen ja monialaisen osaaminen voivat kirvoittaa motivaatiota ja innostuneisuutta, mikäli kontekstit valitaan tasapuolisesti siten, että jokainen oppilas voi toteuttaa kokeellisuutta heitä kiinnostavasta aiheesta.

Kemia nähdään sekä oppilaan että opettajan näkökulmasta hyvin sukupuolineutraalina oppiaineena (Majuri, 2016). Majurin tutkimuksessa kuitenkin kävi ilmi, että kemian kokeminen vaihtelee hieman sukupuolten välillä. Tytöt esimerkiksi kokevat kemian positiivisempaa asiana kuin pojat. Kokeellisuuden yleisessä innostavuudessa ei ole suuria eroja sukupuolien välillä, mutta kiinnostavien kontekstien välillä löytyi merkittäviä eroja. Tyttöjä kiinnostaa tutkimuksen mukaan enemmän kosmetiikka ja tässä tutkimuksessa käytettävä keittiökemia, poikia taas kiinnostaa metallien kemia.

#### **4.9.2 Ilmiöpohjainen oppiminen**

Ilmiöpohjainen oppiminen määritellään perusopetuksen opetussuunnitelmassa (2014) seuraavasti:

*”Ilmiöpohjaisella opetuksella ja oppimisella tarkoitetaan useimmiten oppiainerajoja rikkovaa, tutkivaa otetta oppimiseen. Lähtökohtana ovat kokonaisvaltaiset, todellisen maailman ilmiöt, joita tarkastellaan kokonaisina, aidossa kontekstissa. -- Ilmiölähtöisyyden avulla oppilaita rohkaistaan omien tietojen ja kokemusten esiintuomiseen, kysymysten esittämiseen ja vastausten etsimiseen, tietojen jäsentämiseen, johtopäätösten tekemiseen ja niiden perustelemiseen. Oppilaita ohjataan eri tekijöiden merkityksellisyyden arviointiin sekä laajempien asiakokonaisuuksien hahmottamiseen. Aktiivinen toiminta, tavoitteellisuus ja pohtiva työskentely kehittävät sekä eettisiä valmiuksia että tunne-, vuorovaikutus-, ajattelu- ja yhteistyötaitoja.”*

Peruskoulun opetussuunnitelman (2014) voidaan siis päätellä, että ilmiöpohjainen oppiminen pohjautuu samoihin periaatteisiin kuin eheyttävä opetus ja laaja-alainen osaamiseen. Ilmiöpohjainen oppiminen luo kontekstin ympäröivälle maailmalle, joten erilaisten kiinnostavien kontekstien kirjo on varsin kannattava. Ilmiöpohjaisen oppimisen mukaan kontekstit valitaan siten, että oppilaat voivat jo ennen itse oppimistilannetta tuoda esille havaintoja, joita ovat itse tehneet arkipäivässä. Ilmiöpohjainen oppiminen ei painota opetettavan asian ymmärtämiseen, vaan myös sen soveltamista harjoitellaan keskustelemalla omista havainnoista, esittämällä tutkimuskysymyksiä aiheeseen liittyen, tekemällä itse johtopäätöksiä ja perustelemaan niitä. Näin tutkimuksellisuus saadaan integroitua sosiaaliseen toimintaan, eikä tutkimuksellisuus jää mekaaniseksi suorittamiseksi. Ilmiölähtöinen tarkastelu myös rikkoo oppiainerajoja monialaisen osaamisen tavoitteiden mukaiseksi.

Ilmiöpohjainen oppiminen ei ole vain keino opettaa oppilasta vaan kasvattamaan oppilasta toimimaan yhdessä. Leppiniemi (2016) on tutkinut Pro gradu –tutkielmassaan ilmiöpohjaisen oppimisen ja yhteisöllisen oppimisen yhteyttä. Hän mainitsee vuorovaikutuksen ”sekä opiskeltavaksi asiaksi, että oppimisen välineeksi”. Opetussuunnitelmassa alleviivataan ”oppilaan tahtoa ja kehittyvää taitoa toimia ja oppia yhdessä”. Onnistuessaan ilmiöpohjainen oppiminen löisi kaksi kärkeä yhdellä iskulla opettamalla varsinaisen asiasisällön ja kasvattamalla oppilasta toimimaan pareittain ja ryhmässä. Samalla oppilas oppisi vuorovaikutustaitoja, kuten kommunikointi toisen kanssa, sosiaalinen havaitseminen sekä kyky kokea empatiaa.

Ilmiöpohjaisen oppimisen tarkoitus on siis muodostaa samasta asiasta hyvin kattava käsitys useamman eri oppiaineen näkökulmasta. Vaikka onnistuessaan sillä on voimakkaan sivistävä vaikutus, ilmiöpohjainen oppiminen on herättänyt huolta tutkijoissa ja opettajissa, joten ilmiöpohjainen oppimisessa on vielä kehitettävää. Leppiniemi (2016) on löytänyt ilmiöpohjaisen oppimisen haasteita. Hän mainitsee potentiaalisiksi kompastuskiviksi oppilaiden heikon motivaation, heikot taidot tai heikon tehtävänannon. Tällaisissa oppimistilanteissa oppilas ei saa kattavaa ja vuorovaikutuksellista oppimiskokemusta vaan sekavan tilanteen, joka herättää enemmän kysymyksiä kuin vastauksia. Opettajan on siis toteutettava opetusta siten, että hän opettaa opetettavan asian niin, että oppilas sisäistää sekä asiasisällön, että vuorovaikutuksellisen ja yhteisöllisen työskentelyn merkityksen sekä vuorovaikutustaitoja.

Koska ilmiöpohjainen oppiminen ohjaa oppilasta vuorovaikutukselliseen keskusteluun, oppilaalle annetaan myös mahdollisuus esittää argumentteja liittyen opetettavaan asiaan. Tämä tarkoittaa sitä, että oppilaan on havaintojen lisäksi kyettävä etsimään väittämälleen perustelu sekä kyettävä vertailemaan sitä annettujen tietolähteiden kanssa. (Töyrylä, 2012) Samalla oppilaan on vertailtava eri tietolähteiden oikeellisuutta ja luotettavuutta. Argumentoinnin eräs tavoite on saada oppilaissa sellaista vuorovaikutuksellista työskentelyä, että he tarvittaessa esittävät myös vastaväitteitä toisten argumenteille. Vastavuoroinen keskustelu voi vahvistaa omaa väitettä tai kumoaa toisia, mikä luo oppimisen elämyksiä ja luo vankkoja muistijälkiä.

Vaikka tällainen vuorovaikutuksellinen argumentointi onkin hyvin oppilaslähtöistä, opettajalla on iso rooli sen muodostumisessa ja sen systemaattisuudessa (Töyrylä, 2012). Ennen kuin sitä lähdetään toteuttamaan, opettajan ja oppilaan on tiedettävä, mitä argumentointi pitää sisällään ja miten se rakentuu. On kannattavaa miettiä, mitä ennakoidaan tapahtuvan koeasetelmassa ja mitä havaintoja tehdään kokeen aikana. Lisäksi oppilaan tulee peilata omia ennakkokäsityksiä tekemiinsä havaintoihin. Vuorovaikutuksellisessa argumentoinnissa tulee ohjata oppilasta perustelemaan tekemänsä havainnot opetettavaan asiaan liittyvien termien kautta eli siirtää makrotason havainnointi mikrotasoa tarkastelevalle perustelulle, ja kuinka sen voi ilmaista symbolitasolla (Johnstone, 2000). Näiden yhdistäminen oppilaiden väliseen keskusteluun ja tieteelliseen argumentointiin on tärkeää, ja se auttaa oppilasta myös toimimaan tieteellisessä yhteisössä. Tällainen ajattelu ei lähde oppilaasta itsestä aivan tyhjästä, vaan siihen tarvitaan opettajan tukea. Jotta oppilaan tieteellistä ajattelua voidaan tukea keittiökemiassa, on panostettava käytävän asiasisällön yksinkertaistamiseen ja selkeyttämiseen, motivoiviin töihin ja vuorovaikutukselliseen työskentelyyn.

## 5. Keittiökemian edut ja huomioitavat asiat kemian opetuksessa

*”Minusta konteksti on kaiken avain – siitä kumpuaa kaiken ymmärtäminen.”*

- Kenneth Noland (1924-2010), yhdysvaltalainen taidemaalari

### 5.1. Integraatio, kontekstilähtöinen oppiminen ja eheyttävä oppiminen

Integraation ja inklusion näkökulmasta keittiökemia on varsin hyvä lähestymistapa saada erilaiset oppijat samaan oppimistilanteeseen. Kemian merkittävä voimavara on se, että sitä voi havainnollistaa monella eri tavalla. Yleisesti ottaen kemian kokeminen käytännön työskentelyn kautta auttaa oppilasta havainnoimaan ilmiöitä aivan uudesta näkökulmasta. Tämä työtapojen runsas kirjo tarkoittaa sitä, että keittiökemia kontekstina on periaatteessa hyvin toteutettavissa. Orgaanisessa kemiassa voidaan kontekstiksi ottaa esimerkiksi suklaa. Suklaaseen liittyviä orgaanisen kemian tehtäviä voi antaa oppilaille esimerkiksi Haataisen (2014) kehittämän verkkomateriaalin mukaisesti. Toisaalta suklaan rasvojen käyttäytymistä voidaan tarkastella valmistamalla ganacheja, joissa on erilainen koostumus tai harjoitella suklaan temperoimista. Suklaa kontekstina toisi ainakin neljä erilaista tapaa oppia kemiaa ja siihen liittyviä työtapoja.

Keittiökemian kohtaamat haasteet integraation näkökulmasta liittyvät siihen, ettei se välttämättä riitä houkuttamaan kaikkia ainakaan sellaisenaan. Majuri (2016) mainitsi tutkielmassaan, että kontekstien kiinnostavuus vaihteli sukupuolien välillä. Vaikka keittiökemia nousikin tutkimuksessa kiinnostavaksi kontekstiksi tyttöjen keskuudessa, on otettava huomioon myös oppilaiden vaihtelevat sosioekonomiset taustat, jotka vaikuttavat sukupuolesta riippumatta siihen, kuinka kiinnostavana kemia nähdään ja millainen asenne oppilaalla on esimerkiksi kokeellisuutta kohtaan. Jotta tätä haastetta vastaan voidaan taistella tehokkaasti, konteksti eli ruoka on sidottava tiukasti opetettavaan asiaan ja on eliminoitava asian ympärillä vaikuttava ”melu” (Millar, 2004), jotta konteksti ei muuta opetettavaa asiaa hämmentäväksi. Jos opetettava asia on ilmaistu selkeästi ja kontekstilähtöisesti, se herättää kiinnostusta oppiainetta kohtaan ja pienentää oppilaan turhautumisen riskiä.

Keittiökemia voidaan periaatteessa nähdä toimivana kontekstina opetuksessa, sillä ruoka koskettaa jokaisen elämää enemmän tai vähemmän. Keittiökemiassa muodostetaan erittäin kiinteä arkielämän yhteys erääseen elämän edellytykseen. Keittiökemiassa on monta eri lähtökohtaa tarkastella eri ilmiöitä ja suklaan ja orgaanisen kemian yhteys on vain eräs esimerkki siitä. Kunhan opettaja tai oppimateriaalin laatija yhdistää opetettavan asian ja ruoan toisiinsa selkeästi, johdonmukaisesti ja määrätietoisesti jäsentelemällä, keittiökemia on omiaan herättämään kiinnostusta oppilaissa. Keittiökemian erityinen vahvuus on toteutettavuus kotona (Laasala, 2017). Koska kokeet keskittyvät pääosin ruokaan ja sen valmistamiseen, on mahdollista antaa oppilaille esimerkiksi kokeellisia kotitehtäviä, joissa käsitellään yksinomaan elintarvikkeita ja töihin liittyvät vaarat eivät ole terävää veistä tai kuumaa levyä vaarallisempia.

Keittiökemia on perustavanlaatuisen konteksti eheyttävässä opetuksessa, sillä se tutkii arkipäivän ilmiöitä kemian opetuksessa. Ruuanlaitossa tehtävät havainnot perustuvat silmämääräisiin havaintoihin, joten selkeä makroskooppinen havainnointi voidaan helposti yhdistää mikro- ja symbolitasoon, jotka liittyvät ruuanlaiton luonnontieteellisiin ilmiöihin.

Kontekstilähtöisen ja eheyttävän opetuksen haasteet keittiökemian opetuksessa ovat erityisesti liian monimutkaiset aihevalinnat (Bennett *et al.*, 2005). Joissakin ruuanlaittoon liittyvissä ilmiöissä voi tapahtua paljon asioita eri oppiaineiden näkökulmasta. Esimerkiksi Maillard-reaktio kanan paistamisen näkökulmasta voi olla turhan mutkikas näkökulma luonnontieteiden opettamisessa. Ilmiössä tapahtuu paljon asioita kemiallisesti, biologisesti ja fysikaalisesti, joten asiakokonaisuutta voi olla hankala jäsenellä järkevästi. Kemiallisesti aiheesta tekee vaikeaa se, ettei reaktion lopputuotteita voi tarkkaan määrittää, vaan reaktiossa muodostuu myös ”monimutkaisia yhdisteitä” (McGee, 2004). Biologisesti siinä tapahtuu myös proteiinien denaturioitumista ja fysikaalisesti siinä voidaan käsitellä esimerkiksi veden haihtumista tai Maillard-reaktion aktivaatioenergiaa.

Keittiökemia on monialaisen osaamisen kannalta edullinen, sillä sitä voi havainnoida useamman oppiaineen näkökulmasta. Koska ruoka koetaan hyvin monella eri tavalla, oppilaat voivat ilmaista omia arvoja ja asenteitaan ruokaa kohtaan esimerkiksi erillisen keskustelun avulla. Työtavasta saadaan erittäin vuorovaikutuksellinen, mikäli opettaja integroi tutkimukselliseen oppimiseen paljon keskustelua. Toisinaan käsiteltävät ilmiöt voivat olla niin monitahoisia tai monimutkaisia, että keskustelua tarvitaan oppimisen edistämiseksi. Keskustelu

on tarvittaessa helppo integroida kokeellisuuteen. Monialaisuus on tärkeä lähestymistapa opetukseen, sillä maailmassakaan ei ole oppiainerajoja. Ruoka ja sen valmistaminen ovat erittäin hyviä esimerkkejä tästä.

Keittiökemia on myös haasteellista monialaisen osaamisen näkökulmasta, sillä vaikka ruoka koskettaakin hyvin monen nuoren elämää, se ei yksin riitä motivoimaan oppilasta opiskelemaan kemiaa aktiivisesti. Kontekstilähtöisessä oppimisessa keittiökemia on vain yksi konteksti lukemattomien muiden joukossa, mikä asettaa keittiökemian aivan yhtä alttiiksi eheyttävän oppimisen, laaja-alaisen osaamisen ja ilmiöpohjaisen oppimisen haasteille. Keittiökemia ei välttämättä riitä motivoimaan kaikkia oppilaita tarpeeksi, mikä selittyy Majurin (2016) havainnosta, jonka mukaan kiinnostavat kontekstit vaihtelevat esimerkiksi eri sukupuolien välillä. Tämän lisäksi keittiökemia voi olla todella soveltavaa, joten oppiminen jää heikoksi, mikäli peruskäsitteitä ei hallita. Näiden lisäksi myös opettajan heikko ohjaus tai oppimateriaalin heikko tehtävänanto voivat huonontaa oppilaan oppimiskokemusta sekä opetustilannetta.

## **5.2. Opettajien näkemykset keittiökemiasta**

Opettajilta kartoitettiin käsityksiä sekä omia näkemyksiä keittiökemiasta työtapana (Laasala, 2017). Tutkimuksessa vastaajia oli 27 kappaletta. Yleisesti ottaen opettajilla vaikutti olevan ainakin jonkin verran kokemusta keittiökemiasta. Normaalisti elintarvikkeita on käytetty havainnollistamaan eri ilmiöitä, joita tunnilla käydään, esimerkiksi majoneesin valmistus osana emulsion käsitteen oppimista, ruokasoodan ja etikan käyttö taikinan kohottamisessa sekä juuston valmistus proteiinien denaturoinnin havainnollistamisessa. Tunneilla on myös temperoitu suklaata. Elintarvikkeita on myös käytetty havainnollistamaan opetettavaa asiasisältöä, joskin ei ruuanlaiton näkökulmasta. Tunneilla ollaan muun muassa valmistettu sokerisateenkaari, tutkittu perunan sähkönjohtavuutta sekä pohdittu, miksi sipuli itkettää.

Opettajien mielestä keittiökemian merkittävimpiä etuja ovat kiinteä arkielämän yhteys ja yleissivistävä vaikutus (Laasala, 2017). Opettajat näkivät keittiökemian hyvin innovatiivisena ja motivoivana työtapana, joka innostaa oppimaan kemiaa ja fysiikkaa uudesta näkökulmasta. Keittiökemia nähdään myös hyvänä tapana häivyttää ennakkokäsityksiä ja suorittaa terveystasvatusta. Sen integroituvuus eri oppiaineisiin nähtiin edistävänä tekijänä. Muita opettajien mainitsemia etuja olivat keittiökemian monialaisuus ja toteutettavuus kotikeittiössä.

Keittiökemiaan liittyvät käytännön haasteet liittyivät resurssien puutteeseen (Laasala, 2017). Sopivat tilat eli kotitalousluokat ovat hyvin tyypillisesti varattuja, joten kemian opetusta keittiökemian kontekstissa ei voi suorittaa siellä. Myös ajan ja sopivien välineiden puute sekä oppimateriaalin vähyys nähtiin keittiökemian haasteina. Opettajilla oli vaihtelevia näkemyksiä kemian laboratoriosta opetusympäristönä, jossa toteuttaa keittiökemiaa. Jotkut ovat ehdottomia sen suhteen, ettei laboratoriossa saa missään nimessä syödä tai juoda, vaikka käsiteltävät astiat ovat puhtaat ja kokeessa käytettävät reagenssit täysin syömäkelpoisia.

Valtaosa opettajista valitsisi yllä olevan nojalla keittiökemian työtilaksi kotitalousluokan (Laasala, 2017). Myös kemian- ja fysiikanluokka kelpuutettiin keittiökemian työtilaksi sillä varauksella, syödäänkö keittiökemiassa tuotettuja tuotteita vai ei. Osa opettajista jopa kyseenalaistaisi laboratorion syömättömyysperiaatteen ja toteuttaisi keittiökemiaa kemian- tai fysiikanluokassa niin, että tuotteita saa syödä.

Merkittävä osa opettajista toteuttaisi keittiökemiaa teorian yhteydessä käytävänä oppilastyönä (Laasala, 2017). Muita opettajien ehdottamia työtapoja olivat kokeelliset kotitehtävät, integraatiokurssin teema, teemaopinnot kotitalouden ohella, soveltava kurssi sekä teemapäivä. Tässä tutkimuksessa luodaan oppilastyö, kokeellinen kotitehtävä sekä teemapäivä keittiökemian kontekstissa, jotka toteuttavat opettajien näkemysten lisäksi opetussuunnitelman mukaisesti toteuttavat kokeellisuutta, monialaista osaamista, kontekstilähtöistä oppimista ja ilmiöpohjaista oppimista.



**KOKEELLINEN OSA**

## 6. Tutkimuksen taustaa

*”Yhteiskunnassa tutkimus useimmiten tarkoittaa sitä, että tutkitaan asiaa josta ei tiedetä tai jota ei ymmärretä.”*

- Neil Armstrong (1930-2012), yhdysvaltalainen astronautti

Tämä tutkimus suoritettiin kolmessa osassa. Ensimmäisessä osassa selvitettiin keittiökemian vaikutusta oppilaiden tunteisiin, motivaatioon ja asenteisiin kemiaa kohtaan. Nämä asiat kartoitettiin kevätlukukauden 2018 aikana Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen kurssiin KEMS716 Kokeellinen keittiökemia liittyvien oppilasvierailujen yhteydessä kyselytutkimuksen avulla.

Tutkimuksen toisessa osassa tutkittiin olemassa olevia materiaaleja oppikirja-analyysin muodossa. Oppikirja-analyysi tehtiin hotelli-, catering- ja ravintola-alan oppikirjalle Molekyyli sopassa (Lehtovaara & Hopia, 2011). Oppikirja-analyysissä keskityttiin kontekstiin, kemian ja ruoanlaiton väliseen yhteyteen ja oppilastöiden vuorovaikutuksellisuuteen.

Tutkimuksen kolmannessa osassa laadittiin viisi työhjetta, joista kolme liittyy suklaaseen, yksi karamellisaatioreaktioon ja yksi Maillard-reaktioon. Työhjeet on laadittu kirjallisen osan, kyselytutkimuksen ja oppikirja-analyysin pohjalta, ja niissä on huomioitu tutkimuksessa ja oppikirja-analyysissä esiin tulleiden asioiden lisäksi selkeys ja motivoivuus. Tämä näkyy kiinnostavissa elintarvikevalinnoissa, selkeissä havainnoissa sekä tarpeeksi yksinkertaisissa työvaiheissa.

## 7. Tutkimuskysymykset

Tutkielma vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä vaikutuksia keittiökemialla on oppilaiden tunteisiin ja motivaatioon kemian opiskelua kohtaan?
2. Millaisia pedagogisia keinoja valittu oppikirja tuo esille asettelussa, asiasisällössä sekä sen yksinkertaistamisessa?
3. Mitä tulee ottaa huomioon luodessa uusia materiaaleja, jotka ovat motivoivia ja pedagogisesti tehokkaita?

## 8. Tutkimusmenetelmät

*”Faktaan perustuva tutkimus on hyvin suorasukaista: tee tutkimus ja kerro sen pohjalta tarina.”*

- Laura Hillenbrand (1967-), amerikkalainen tietokirjailija

Tutkielman kokeellinen osuus on jaettu kolmeen osaan: kyselytutkimukseen, oppikirja-analyysiin ja näiden pohjalta laadittuihin työohjeisiin. Kustakin osiosta laadittiin analyysi esiintulleista tuloksista.

### 8.1. Kyselytutkimus

Ensimmäisessä kokonaisuudessa kartoitettiin oppilaiden ja opiskelijoiden näkemyksiä keittiökemiasta työtapana (Liite 1). Data kerättiin KEMS716 Kokeellinen keittiökemia – kurssilla suoritettavien oppilasvierailujen aikana. Oppilailta kartoitettiin mielipiteitä ja ennakoasenteita kemiaan ja kokeelliseen työskentelyyn. Sitten oppilailta kysyttiin mielipiteitä oppilasvierailun aikana tehdystä keittiökemian työstä. Oppilailta tiedusteltiin, millaisia tunteita keittiökemian työskentely herätti. Samalla tiedusteltiin, asennoiduttiinko kokeelliseen työskentelyyn eri tavalla, kun kontekstina oli ruoka. Tunteiden kartoittamisen jälkeen keskityttiin asiasisällön sisäistämiseen keittiökemian kontekstissa.

Tulokset analysoitiin aineistopohjaisella sisällönanalyysillä, jossa kyselytutkimuksen tuloksissa esitettiin empiirisestä aineistosta kyselytutkimukseen liittyvät kategoriat sekä niiden vastauksiin liittyvät sisällöt (Tuomi & Sarajärvi, 2004). Tuloksia käsiteltiin myös tilastollisesti yhtenä ryhmänä, josta myös tyttöjen ja poikien tulokset otettiin erikseen. Vastauksista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta tytöille, pojille ja kaikille vastaajille. Lisäksi avoimien kysymysten avulla laadittiin yleistettävä tulos selvittämällä, kuinka usein sama asia nousi esiin kussakin avoimessa kysymyksessä.

## 8.2. Oppikirja-analyysi

Kokeellisen osan toinen kokonaisuus oli oppikirja-analyysi. Analyysia varten valittiin yksi hotelli-, catering- ja ravintola-alan ammatillisen koulutuksen opetuskäyttöön valittu oppikirja. Aluksi tarkasteltiin kokeellisten töiden vaikeustasoa ja toteutettavuutta. Oppikirja-analyysin tarkasteltavina pääkohtina olivat kontekstin luominen ja selkeys. Samalla pohdittiin, voisiko oppikirjaa tai siinä käytettäviä elementtejä käyttää perus- tai lukio-opetuksessa. Oppikirjassa käytettyjä töitä tarkasteltiin myös keinona kartoittaa ennakkokäsityksiä, tehdä havaintoja sekä esittää havainnot ja työssä saatu data muille. Oppikirjan töitä arvioitiin kokeellisen työn tehokkuusmatriisin ja sovellettujen peruspilarien avulla (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012). Samalla tarkasteltiin töihin liittyä teoriaa ja niiden asettelua ja esittämistä. Näitä tekijöitä käytettiin hyväksi työohjeiden laatimisessa.

## 8.3. Esimerkkityöohjeiden kehittäminen

Kokeellisen osan kolmannessa osassa kehiteltiin ensimmäistä ja toista kokonaisuutta silmällä pitäen työohjeita eri työtapoja varten. Työtavat valittiin Laasalan kyselytutkimuksen (2017) vastausten nojalla ja ne voidaan teettää esimerkiksi kokeellisina kotitehtävinä, teorian yhteydessä tehtynä kontekstilähtöisenä oppilastyönä sekä isompana teemakokonaisuutena suoritettu työpajana. Töitä arvioidaan sovellettujen Millar'n kokeellisen työskentelyn peruspilarien (2004) ja taulukossa 4 esitetyn kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden arviointimatriisin (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012) avulla. Näiden avulla tuodaan esiin, mitkä ovat työhön liittyvät asiasällöt ja kuinka tehokkaasti työt noudattavat pedagogisesti kokeelliseen työskentelyyn liittyviä periaatteita.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kokeellisia töitä myös kokeellisen työskentelyn peruspilareiden (Laasala, 2017; Millar, 2004) avulla. Peruspilarit on sovellettu vastaamaan havaintojen tekemisen, ennakkokäsitysten luomisen ja vuorovaikutuksellisuuden oleellisuutta kokeellisessa työskentelyssä. Samalla peruspilareita on arvioitu niin, että niitä tarkastellaan myös opetussuunnitelman näkökulmasta. Niitä on sovellettu kokeellisessa osassa seuraavanlaisesti:

1. Käytännön työskentely yhdistää havaintojen tekemistä ja teorian oppimista kiinteästi. Kokeellinen työskentely aktivoi oppilaan tieteellistä ajattelua.

2. Kokeellinen työ noudattaa opetussuunnitelmaa, eikä tuo näkyvästi esille ilmiöitä, joita ei pystytä sen pohjalta opettamaan. Vaikeat asiasisällöt on yksinkertaistettu niin, että oppilas saa jonkinlaisen käsityksen kokeellisen työskentelyn havainnollistamasta ilmiöstä.
3. Kokeellinen työskentely on vuorovaikutuksellista.
4. Kokeellisessa työskentelyssä on vain muutama selkeä pääkohta. Kokeellinen työskentely aktivoi ajattelemaan jo ennen sen suorittamista. Kokeellinen työskentely yhdistää malleja ja työssä tehtäviä aistihavaintoja.
5. Oppilas joutuu itse muodostamaan ennakkokäsityksiä koeasetelmasta, tekemään havaintoja ja tekemään johtopäätöksiä tuloksista. Kokeellinen työskentely voidaan suorittaa avoimena tutkimuksena.
6. Kokeellinen työskentely ohjaa seuraamaan havaintoja sekä tulkitsemaan saatua dataa. Kokeelliseen työskentelyyn ei liity ilmiöitä tai muita muuttujia, jotka haittaavat havaintojen tekemistä tai johtopäätösten muodostamista.
7. Kokeellinen työskentely ohjaa argumentointiin, mahdollisten vasta-argumenttien esittämiseen sekä niiden perustelemiseen.

## 9. Tutkimusaineisto

*”Tieteen näkökulmasta ei ole olemassa käsitettä ’epäonnistunut tutkimus’. Mikä tahansa uskottavia tuloksia tuottava tutkimus on arvokasta dataa.”*

- Adam Savage (1967-), Myytinmurtajien toinen juontajista

Kevätlukukauden 2018 aikana suoritettiin kyselytutkimus yläkoululaisille. Tutkimukseen osallistui 45 oppilasta. Kyselylomake on esitetty liitteenä 1.

Tutkielmassa tarkastellaan Anu Hopian ja Tatu Lehtovaaran oppikirjaa Molekyyli sopassa (Hopia & Lehtovaara, 2011).

Kyselytutkimuksen sekä oppikirja-analyysin pohjalta luotiin viisi työtä, joista kolme käsittelevät suklaata ja sen rakenteeseen liittyviä tekijöitä ja täten muodostavat yhden kiinteän kokonaisuuden. Lisäksi yksi työohje käsittelee karamellisaaatiota kinuskin valmistamisesta ja yksi Maillard-reaktiota sipulia ruskistaessa.

## 10. Tulokset ja tulosten analyysi

*”Jos tietäisimme mitä tekisimme, sitä ei voisi kutsua tutkimukseksi.”*

- Albert Einstein (1879-1955), saksalainen teoreettinen fyysikko

### 10.1. Kyselytutkimus

Kyselytutkimuksessa selvitettiin keittiökemian opetuskerran vaikutusta oppilaiden tunteisiin ja motivaatioon. Kohderyhmää käsiteltiin yhtenä ryhmänä, koska oppilasvierailuihin liittyvä asiasisältö on ylimalkaisesti samantasoista kaikilla ryhmillä ja kyselyyn osallistuvien oppilaat olivat suunnilleen yhtä vanhoja. Ryhmä jaoteltiin tyttöihin ja poikiin, jotta saadaan selville, riippuuko oppilaiden suhtautuminen keittiökemiaan merkittävästi sukupuolesta.

Ensimmäisenä kysyttiin oppilailta, mitä jäi päällimmäisenä mieleen oppilasvierailuissa käytetyissä keittiökemian työtavassa (Liite 1). Suurimmalta osin kokeilut koettiin mielekkäinä ja niistä jäi selvä muistijälki. Mainittavia oppilaiden asioita olivat muun muassa yksittäiset työt ja keittiökemian tuomat positiiviset tunteet. Samalla kartoitettiin vastaajan vuosiluokka sekä sukupuoli, jonka avulla voitiin selvittää sukupuolen vaikutusta tutkittaviin seikkoihin.

#### 10.1.1. Oppilaiden asenteet kemian opiskelua kohtaan

Toisessa osiossa, eli kysymyksissä 5-13, kartoitettiin vastaajien asenteita kemiaa sekä sen opiskelua kohtaan. Toisen osion vastausten yhteenveto on havainnollistettu taulukossa 6. Kemian opiskeluun suhtauduttiin varovaisen positiivisesti. Väitteen ”Pidän kemian opiskelusta” kanssa oltiin jokseenkin samaa mieltä keskiarvolla 3,62. Tytöt (3,38) pitivät keskimäärin poikia (3,78) vähemmän kemiasta, mutta kemia oppiaineena jakaa mielipiteitä poikien keskuudessa. Kemian opiskelun haastavuudesta ei muodostunut oppilailta voimakkaita mielipiteitä, mutta on yhteneväinen sen kanssa, ettei kemian kokeellista työskentelyä koettu kovin haastavana. Pojat (3,87) pitivät kemiaa tyttöjä (3,52) enemmän mieluisena oppiaineena, mutta molemmat pitivät kemiaa tärkeänä oppiaineena (3,73). Oppilaat pitivät kemian kokeellisesta työskentelystä (4,02), mikä on tärkeä havainto, kun käsitellään keittiökemiaa työtapana. Tällä voi olla tekemistä sen kanssa, miksi kemian kokeellista työskentelyä ei pidetty kovin haastavana (tytöt 2,57; pojat 2,87).

Havaintojen mukaan positiiviset elämykset kemian opiskelusta vaikuttavat myös kemiaan liittyviin asenteisiin. Tämä havainto voi johtua Maslow'n (1954) mainitsemasta emotionaalista turvallisuudesta, jonka pohjalta voi olettaa, ettei ryhmissä esiintynyt kiusaamista tai muita huonon oppimisilmapiirin aiheuttamia lieveilmiöitä. Ryhmissä ei ole saatujen tulosten nojalla myöskään esiintynyt merkittävästi turhautumista tai muita omaan oppimiseen liittyviä negatiivisia tunteita. Koska oppilaat kokivat enemmän positiivisia kuin negatiivisia tunteita, voidaan onnistuneilla kontekstivalinnoilla vaikuttaa oppilaiden asenteisiin kemian opiskelua kohtaan. Tämä havainto esiintyy osin myös Korkiakosken ja Kovasen (2017) tutkimuksessa.

**Taulukko 6:** Koonti kysymyksiin 5-13 liittyvistä vastauksista.

Väite	Työt		Pojat		Kaikki	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta
Pidän kemian opiskelusta.	3,38	0,92	3,78	1,13	3,62	1,05
Opin kemiaa helposti.	3,19	1,03	3,57	1,16	3,42	1,12
Kemia on mielestäni haastavaa.	3,29	1,01	3,09	1,12	3,13	1,10
Kemia on minulle mieluinen oppiaine.	3,05	1,02	3,70	1,02	3,42	1,08
Kemia on mielestäni tärkeää.	3,52	0,93	3,87	1,01	3,73	0,99
Kemialla on mielestäni merkitystä arkielämässäni.	3,43	0,87	3,52	0,99	3,51	0,94
Pidän kemian kokeellisesta työskentelystä.	3,8	1,11	4,17	1,07	4,02	1,09
Kokeellinen työskentely on minusta haastavaa.	2,57	0,98	2,87	0,87	2,69	0,95
Saan yleensä mielekästä palautetta osaamisestani kemiassa.	3,67	1,2	3,39	0,94	3,56	1,08

### 10.1.2. Oppilaiden suosimat työtavat kemian opiskelussa

Kolmannessa osiossa eli kysymyksissä 14-22 kartoitettiin vastaajien suosimia työtapoja kemian opiskelussa. Kysymyksiin 14-22 liittyvät havainnot on esitetty taulukossa 7. Keskimäärin eniten oppilaat suosivat kemian opetuksen työtavoista laboratoriotyöskentelyä (4,02) ja opettajan suorittamaa demonstraatiota (3,62). Muita pidettyjä työtapoja olivat keskusteleminen parin kanssa (3,42) ja ryhmässä keskusteleminen (3,31). Vähiten oppilaat pitivät tutkimuksen mukaan muistiinpanojen kirjoittamisesta (2,86) ja kotitehtävistä (2,09). Merkittävin ero tyttöjen ja poikien välillä oli suhtautumisessa muistiinpanojen kirjoittamiseen (tyttöillä 3,24, pojilla 2,50). Pojat näyttivät myös pitävän keskusteluista vertaisten kanssa ryhmässä ja pareittain (molemmat 3,61) tyttöjä enemmän (3,10 ja 3,33). Tyttöjen osalta muistiinpanojen kirjoittaminen (hajonta 1,22), tietokonemallinnukset ja simulaatiot (1,15) ja ryhmässä

keskusteleminen (1,14) jakoivat mielipiteitä huomattavan paljon. Työtavat eivät jakaneet poikien mielipiteitä merkittävästi, mutta keskimäärin oppilaiden mielipiteitä jakoivat erityisen paljon tietokonemallinnukset ja simulaatiot (hajonta 1,19). Alla on esitetty aineistopaimintoja, jotka perustelevat, miksi valittu työtapa on oppilaan mielestä mieluisin.

*”Jos opettaja näyttää kokeen, tietää mitä pitää tehdä.”*

*”Opettajan näyttämässä kokeessa olisi paljon keskustelua eikä niin paljon kirjoittamista.”*

*”Muistiinpanoissa asiat jäävät mieleen.”*

*”Muistiinpanoista asiat oppii ja muistaa helposti, ja kokeellisessa työskentelyssä asiat havainnollistaa ja ymmärtää.”*

*”Kokeelliset työt, joissa saa itse tehdä, auttaa oppimaan.”*

Keittiökemiaan suhtauduttiin hyvin positiivisesti (4,09). Se ei jakanut merkittävästi mielipiteitä ja se oli tyttöjen mielestä mieluisin työtapa (4,24). Pojat pitivät hieman tyttöjä vähemmän keittiökemiasta (3,96), mutta oli silti poikien mielestä mieluisin työtapa. Tämä havainto on yhteneväinen Majurin (2016) havaintoon, jonka mukaan keittiökemia on tytöille mieleinen konteksti, mutta kyselytutkimus osoittaa, että keittiökemia on pojillekin mieluisin työtapa. Alla on esitetty aineistolainauksia, miksi keittiökemia oli mieluisin työtapa.

*”Keittiökemia on motivoivaa, koska pidän ruoasta ja kemiasta.”*

*”Keittiökemia on hauskaa ja käytännöllistä.”*

*”Keittiökemia oli mielestäni hyvin kiinnostavaa ja haluaisin enemmän sen tylisiä tunteja.”*

*”Keittiökemia näyttää käytännössä, että kemiaa on jokapäiväisessä elämässä”*

*”Saa syödä ja oppii kotitaloutta.”*



**Taulukko 7:** Koonti kysymyksiin 14-22 liittyvistä vastauksista

Työtapa	Tytöt		Pojat		Kaikki	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta
Opettaja näyttää kokeen	3,62	0,86	3,57	1,04	3,62	0,96
Laboratoriotyöskentely	3,90	0,94	4,13	0,92	4,02	0,92
Muistiinpanojen kirjoittaminen	3,24	1,22	2,50	0,91	2,86	1,11
Kotitehtävät	2,05	1,02	2,13	1,06	2,09	1,02
Keskusteleminen opettajajohtoisesti	3,05	0,86	3,04	0,93	3,09	0,92
Keskusteleminen ryhmässä	3,10	1,14	3,61	0,94	3,31	1,10
Keskusteleminen parin kanssa	3,33	0,86	3,61	1,03	3,42	1,01
Tietokonemallinnukset ja simulaatiot	2,67	1,15	3,57	1,04	3,18	1,19
Keittiökemia	4,24	0,83	3,96	1,02	4,09	0,92

### 10.1.3. Oppilaiden kokemukset keittiökemiasta oppilasvierailuilla

Kysymyksissä 23-28 kartoitettiin vastaajien näkemyksiä oppilasvierailuilla käytetyissä keittiökemian työtavoissa. Keittiökemia muutti oppilaiden asenteita kemiaa kohtaan ja lisäsi oppilaiden kiinnostusta oppiainetta kohtaan (3,86), mutta kyseinen väite jakoi mielipiteitä pojilla (keskiarvo 3,73, hajonta 1,20). Keittiökemian avulla havaittiin paljon kemian ja arkipäivän välistä yhteyttä (3,95). Keittiökemia ei vaikeuttanut oppilaiden kemian oppimista (1,80). Palautteen saanti jakoi oppilaiden mielipiteitä (hajonta 1,16), vaikka sekin koettiin keskimäärin mielekkäänä (3,66). Kysymyksiin 23-28 liittyvät havainnot on esitetty taulukossa 8.

**Taulukko 8:** Koonti kysymyksiin 23-28 liittyvistä vastauksista.

Väite	Tytöt		Pojat		Kaikki	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta
Keittiökemia teki kemiasta kiinnostavampaa.	4,00	0,95	3,73	1,20	3,86	1,07
Keittiökemia auttoi ymmärtämään kemiaan liittyviä ilmiöitä.	3,76	0,94	3,55	0,96	3,66	0,94
Keittiökemia teki kemian oppimisesta vaikeaa.	1,67	1,02	1,95	0,90	1,80	0,95
Keittiökemia auttoi näkemään kemian ja arkipäivän yhteyden.	4,05	1,02	3,82	0,80	3,95	0,91
Keittiökemia motivoi enemmän opiskelemaan kemiaa.	3,62	1,07	3,23	1,07	3,43	1,07
Sain mielekästä palautetta työskentelystäni keittiökemian parissa.	3,86	1,11	3,41	1,18	3,66	1,16

### 10.1.4. Oppilaiden kokemat tunteet ja elämykset keittiökemian opiskelussa

Kysymyksissä 29-36 kartoitettiin, mitä tunteita oppilasvierailulla käytetyt keittiökemian työtavat herättivät. Keskimäärin eniten koettiin onnistumista (3,86), iloa (3,70) ja yhteisöllisyyttä (3,35), eikä tunteiden kokeminen vaihdellut sukupuolten välillä. Negatiivisia tunteita ei keittiökemian työskentelyssä koettu merkittävästi. Oppilaat kokivat keittiökemiassa hieman hämmennystä (2,32), mutta esimerkiksi epäonnistumisen (2,02) ja ahdistuksen (1,61) elämykset jäivät oppilasvierailuissa vähäisiksi. Ahaa-elämyksien kokeminen vaihteli paljon oppilaiden välillä (1,15) ja vaihtelu oli erityisen suurta tytöillä (1,21). Tämä on havainto, joka tulee ottaa huomioon tulevia työhjeita suunnitellessa kiinnittämällä huomiota työn ja siihen liittyvän teorian kiinteään yhteyteen ja selkeisiin havaintoihin. Pojilla epäonnistumisen elämykset vaihtelivat huomattavasti (1,14). Oppilaiden kokemat tunteet eli kysymyksiin 29-36 liittyvät havainnot on esitetty taulukossa 9.

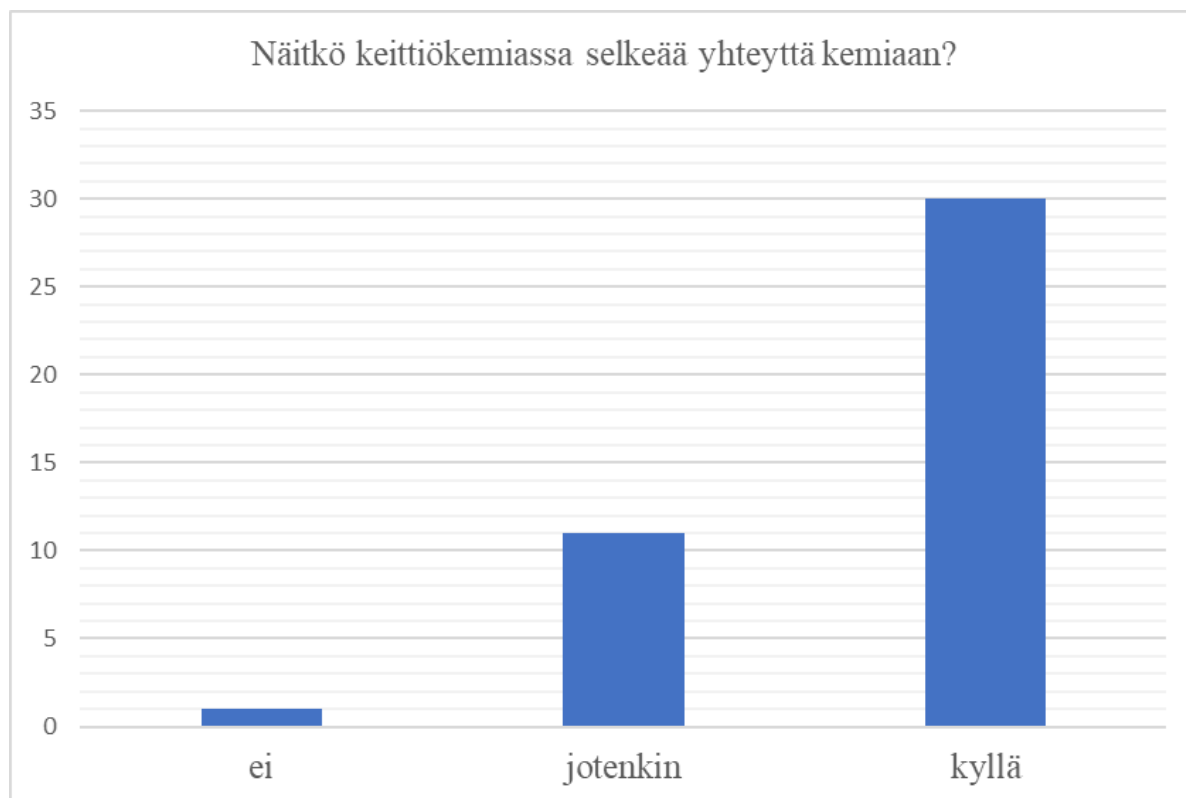
**Taulukko 9:** Koonti kysymyksiin 29-36 liittyvistä vastauksista

Mitä tunteita keittiökemian työskentely herätti?	Tytöt		Pojat		Kaikki	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta
Iloa	3,86	0,85	3,50	0,96	3,70	0,93
Hämmennystä	2,19	0,87	2,50	0,80	2,32	0,86
Turhautumista	1,90	0,89	2,29	1,06	2,07	0,99
Ahaa-elämyksiä	2,52	1,21	3,00	0,98	2,82	1,15
Onnistumisia	4,05	0,80	3,64	1,00	3,86	0,93
Epäonnistumisia	1,67	0,86	2,41	1,14	2,02	1,07
Ahdistusta	1,43	0,81	1,64	0,95	1,61	1,02
Yhteisöllisyyttä	3,24	1,14	3,57	0,87	3,35	1,07

Kolmannen osion kysymysten tulosten perusteella voidaan havaita, että keittiökemian työtavat herättivät pääosin positiivisia tunteita, mikä on tärkeä havainto, kun tarkastellaan keittiökemian vaikutusta kemian asiasisällön oppimiseen. Keittiökemia ei aiheuta voimakkaita negatiivisia tunteita ja elämyksiä, jotka Karhusen ja Vanhasen (2004) sekä Korkiakosken ja Kovasen (2017) havaintojen mukaan heikentävät merkittävästi oppimista. Yllä mainitut havainnot myös sopivat Maslow'n (1954) tarvehierarkiaan, jossa positiiviset tunteet ovat osa emotionaalista turvallisuutta, joka vuorostaan on osa ihmisen psykologisia tarpeita.

### 10.1.5. Oppilaiden mielipiteet keittiökemiasta

Kysymyksessä 32 tiedusteltiin vastaajilta, näkivätkö he keittiökemian ja kemian teorian välistä yhteyttä. Vastaajat pääosin näkivät kemian ja keittiökemian välistä yhteyttä. Ei-vastauksia perusteltiin sillä, että kemian ja ruoan välinen yhteys on liian etäinen (2 vastaajaa). Kysymyksen 32 liittyvä pylväsdiagrammi on havainnollistettu kuvassa 17.



**Kuva 17:** Pylväsdiagrammi oppilaiden käsityksestä kemian asiasisällön ja keittiökemian välillä.

Seuraavaksi tarkasteltiin oppilaiden antamia vastauksia avoimiin kysymyksiin. Kysymyksessä 39 tiedusteltiin vastaajilta, mitä he oppivat keittiökemian avulla. Vastauksissa mainittiin pääosin yksittäisiä elintarvikkeita, joita tunneilla valmistettiin (20 vastaajaa) ja se, että ruoan, arkielämän ja kemian välillä on selkeä yhteys (9 vastaajaa). Muita merkittäviä opittuja asioita olivat kemialliset ilmiöt, uutta tietoa elintarvikkeiden valmistuksesta ja kemialliset reaktiot. Aineistolainauksia on esitetty alla.

*”Kuinka kemiallisia ilmiöitä löytyy kaikkialta, varsinkin keittiöstä. Mustikka on todella hyvä indikaattori.”*

*”Että ruoanlaitossakin on paljon kemiaa.”*

Oppilailta tiedusteltiin, mikä keittiökemiassa häiritsi kemian oppimista. Usea oppilas ei nähnyt mitään häiritseviä tekijöitä, mutta mainittavia häiritseviä tekijöitä olivat ajan puute, liian ahtaat tilat ja allergiat (1 vastaaja kullekin tekijälle).

Oppilailta kyseltiin, kuinka saatu palaute oppilasvierailujen aikana vaikutti heidän motivaatioonsa kemian opiskelua kohtaan. Oppilaat katsoivat saaneensa yleisessä kemian opetuksessa palautetta suhteellisen hyvin. Keittiökemiassa oppilaat saivat palautetta omasta osaamisestaan siten, että heidän motivaationsa kemian opiskelua kohtaan kasvoi. Jotkut oppilaat eivät katso saadun palautteen vaikuttavan omaan motivaatioon kemian opiskeluun, tai he eivät saaneet palautetta ollenkaan. Aineistolainauksia on esitetty alla.

*”Palaute oli hyvää, joten motivaatio kasvoi.”*

*”En saanut hirveästi palautetta mutta keittiökemia oli aiheena jo kivaa”*

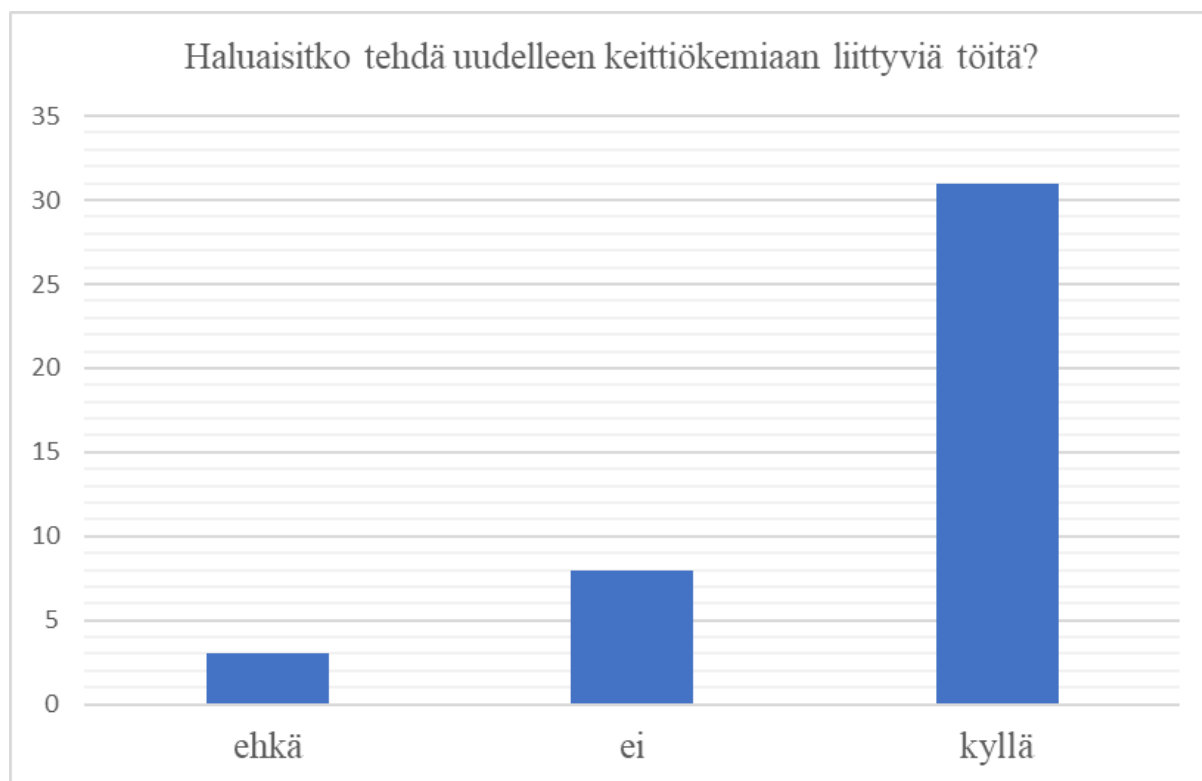
Lopulta oppilailta tiedusteltiin, halusivatko oppilaat tehdä jatkossa oppilasvierailuilla suoritettujen töiden kaltaisia oppikokonaisuuksia. Keittiökemiaan suhtauduttiin pääosin positiivisesti. Perusteluiksi mainittiin se, että keittiökemia koettiin hauskaksi työmenetelmäksi, sen aikana sai tehdä ja nauttia ruokaa ja se oli hyvää vaihtelua tyypilliselle kemian tunnille. Yksi oppilasvierailusta suoritettiin kotitaloustunnilla, joten kotitalouden tarkasteleminen kemian näkökulmasta aiheutti jonkin verran vastustusta. Tämän vuoksi yksittäisissä vastauksissa toivottiin, että pidettäisiin kotitalous kotitaloutena ja kemia kemiana (1 vastaaja). Tämä voi johtua yksittäisten oppilaiden asenteista monialaisia oppimiskokonaisuuksia kohtaan, ja voisi korjata monialaisuuden jatkuvalla toteuttamisella. Kysymykseen liittyvä pylväsdiagrammi on esitetty kuvassa 18. Aineistolainauksia on esitetty alla.

*”Se oli ihan kivaa ja erilaista.”*

*”Oli kivaa päästä tekemään asioita muualle kuin FyKe-luokkaan.”*

*”Kivempi kuin luokassa istuminen ja vaihtelua.”*

*”Se oli kivaa koska sai ruokaa.”*



**Kuva 18:** Pylväsdiagrammi oppilaiden kiinnostuksesta toteuttaa keittiökemian työskentelyä uudestaan.

Merkittävimmät kyselytutkimuksessa esiin nousevat asiat olivat positiiviset tunteet, ja muistijäljet yksittäisistä töistä. Syiksi näiden ilmiöiden esiin nousemiselle voivat olla keittiökemian tuoma vaihtelu normaaliin kemian tuntiin ja ruoan kanssa työskentely. Tämä huomioitiin työohjeita laatiessa siten, että niissä panostettiin kiinnostaviin kontekstivalintoihin ja selkeästi esitettyihin työvaiheisiin.

## 10.2. Oppikirja-analyysi

Molekyylä sopassa on oppikirja, joka on laadittu ammatillista koulutusta, esimerkiksi kokkien koulutusta varten. Huomioitavaa on, ettei oppikirja-analyysi ota huomioon peruskoulussa tai lukiossa käytettävissä olevia resursseja, esimerkiksi sopivia työtiloja ja ajan riittävyyttä. Tätä voidaan perustella sillä, että oppikirja on lähtökohtaisesti luotu hotelli-, ravintola- ja catering -alan opintoja varten, joissa on lähtökohtaisesti aina tarvittavat resurssit käytettävissä.

Oppikirjassa luodaan fysiikan ja kemian opiskelulle selvä ruoanlaittoon konteksti, joka koskettaa merkittävästi hotelli-, ravintola- ja cateringalan opiskelijoita. Tämä on nähtävissä kirjan alussa esitettävässä motivaatiokappaleessa, jossa kerrotaan lyhyesti, mihin ruoanlaitossa tarvitaan kemiaa ja fysiikkaa. Motivaatiokappale on esitetty kuvassa 19.

### 10.2.1. Kirjan rakenne

#### Miksi kokki tarvitsee kemiaa ja fysiikkaa



Kemialla ja fysiikalla voidaan vaikuttaa ruoan makuun, tuoksuun, rakenteeseen ja ulkonäköön.

Luonnonilmiöiden ymmärtäminen helpottaa kokkia hahmottamaan, miten eri raaka-aineet käyttäytyvät ruoanvalmistuksessa ja miksi ne käyttäytyvät niin.

Ruoanvalmistus on kemiaa ja fysiikkaa käytännössä. Yksinkertaisissakin ruoanvalmistustapahtumissa voi olla lukuisia muuttuvia tekijöitä, jotka vaikuttavat erilaisiin reaktioihin. Kokin ei toki tarvitse tietää eikä ymmärtää kaikkea, mutta muutaman perusmekanismin ymmärtäminen helpottaa asioiden oppimista ja sisäistämistä. Kemiaan ja fysiikkaan perehtynyt kokki oppii nopeammin virheistään ja hänen on helpompi valmistaa maukasta ruokaa.

Ruoanvalmistus on luovaa toimintaa, ja uuden luominen on helpompaa, kun osaa arvioida erilaisia ilmiöitä jo etukäteen. Ruoassa tapahtuviin kemiallisiin reaktioihin voi vaikuttaa esimerkiksi muuttamalla ruoan ainesosuuksia tai säätämällä ruoanvalmistuksen eri reaktioiden lämpötilaa tai reaktioaikaa. Tämän seurauksena haluttu ominaisuus saadaan aikaiseksi ruoassa.

**Kuva 19:** Kirjan alussa esitetty motivaatiokappale (Lehtovaara & Hopia, 2011)

Luonnontieteet on integroitu ruoanlaittoon, jossa niihin liittyviä ilmiöitä tarkastellaan luonnontieteellisesti. Oppikirja pyrkii avaamaan luonnontieteellisiä ilmiöitä käytännön kautta. Se ei edellytä opettajalta jatkuvaa keittiötyöskentelyä, vaan oppikirjan töitä voidaan suorittaa

yksittäisinä opetuskertoina keittiökemialle suotuisissa tiloissa. Kirjassa kemian ja fysiikan ilmiöt esitellään aina siten, että lähtökohtana on ruoanvalmistuksen näkökulma.

Tiivistettynä oppikirja sisältää teoriaa fysiikan ja kemian perusteista ja havainnollistaa niitä oivallusaukeamien avulla. Kirjassa on ruoanlaittoon tehtäviä, jotka tukevat kemiallisten ja fysikaalisten ilmiöiden havainnointia käytännön työskentelyssä. Havaintojen tekoa tuetaan kuvituksen avulla, mikä selventää ruoan tavoiteltavaa rakennetta ja tukee asiasisällön tekstiä. Kirja sisältää arviointilomakkeita, jotka ohjaavat aistinvaraiseen arviointiin. Hankalia ja soveltavia termejä esiintyy kirjassa usein, joten ne on selitetty kirjan takana olevassa sanastossa lyhyesti ja helppolukuisesti. Ote kirjan takana esiintyvistä sanastosta on esitetty kuvassa 20.

### Sanasto

**Koaguloituminen** on kemiallinen prosessi, joka aiheuttaa sakeutumista tai hyytymistä. Proteiinit jähmettyvät eli koaguloituvat, kun niitä lämmitetään. Tähän perustuu esimerkiksi se, että kananmuna hyytyy, kun sitä kypsennetään. Sama ilmiö on toisinaan havaittavissa myös silloin, kun proteiinipitoisen liuoksen pH tai suolapitoisuus muuttuu.

**Kuljettuminen eli sekoittuminen** on lämmön siirtymismuoto, jossa lämpö siirtyy kuuman virtaavan aineen, kuten ilman tai veden, sekoittumisen vuoksi.

**Kuuman tunne suussa** johtuu joko lämmöstä tai molekyyleistä (esim. chillin kapsaisiini), jotka aiheuttavat lämpöaistumuksen.

**Käyminen** eli fermentaatio on aineenvaihduntailmiö, jossa orgaaniset aineet, kuten sokeri ja aminohapot, pilkkoutuvat yleensä solun energian saamiseksi. Käyminen tapahtuu solun sisällä ja useimmiten ilman happea. Käymisen lopputuotteet siirtyvät solun ulkopuolelle.

**Liike-energialla** tarkoitetaan kappaleen liikkeeseen varastoitunutta energiaa.

**Liukeneminen** on kiinteän aineen siirtymistä liuokseen, kuten vesi- tai öljyliuokseen.

**Lämmön johtuminen** on lämmön siirtymistä aineen sisällä. Lämpö voi siirtyä aineesta toiseen, jos ne ovat toisiinsa kosketuksissa. Lämpö siirtyy kuumemmasta kylmempään ja pyrkii siten tasoittamaan lämpötilaeroja.

**Lämpösäteily** on yksi lämmönsiirtomekanismeista. Siinä lämmönsiirtoon ei tarvita välilainetta vaan lämpö siirtyy säteilemällä myös tyhjiössä. Ks. säteily.

**Maatuva jäte** lahoaa tai hajoaa luonnossa tai kompostoitessa. Maatuvia jätteitä ovat esimerkiksi ruoan tähteet ja pihalta haravoidut lehdet.

**Maillardin reaktiossa** proteiinit ja sokerit reagoivat yli 130 °C:ssa keskenään siten, että ne ruskistuvat. Reaktio tapahtuu paistamisen yhteydessä, ja siinä syntyy värin lisäksi myös maku- ja aromiaineita. Maillardin reaktio tapahtuu hitaasti myös alhaisissa lämpötiloissa, mutta sillä ei yleensä ole merkitystä ruoanvalmistuksessa. Matalissa lämpötiloissa tapahtunut Maillardin reaktio saattaa kuitenkin selittää sen, että joskus raaka-aineet ruskistuvat esimerkiksi varastoinnin yhteydessä.

**Makea maku** on ainoa makutuntemus, jonka ihminen aistii nautittavana jo syntyesään. Muut maut on opeteltava. Fysiologinen makean aistimuksen tuntemus aistitaan kielen makunystyröissä ja reseptoreiden avulla tieto makeasta mausta siirtyy aivoihin.

**Makusilmut** sijaitsevat kielellä ja sisältävät makusoluja. Makusoluilla sijaitsevat makujen (makea, suolainen, hapan, karvas ja umami) aistimuksen aiheuttavat **makureseptorit** tai ionikanavat.

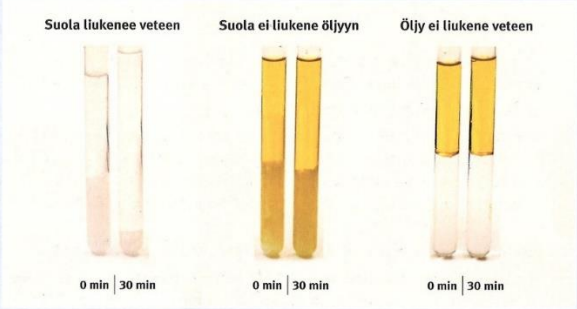
**Massa** on yksi perussuure. Suure on ominaisuus, joka voidaan tarkasti mitata. Massa kertoo, kuinka paljon aine tai kappale painaa. Massan mittayksikkö on kilogramma (kg).

**Mikroaallot** ovat sähkömagneettisia suuria taajuuksia radioaaltoja. Mikroaaltoja käytetään lähinnä tutkissa, mikroaaltouuneissa ja langattomassa tiedonsiirrossa.

Kirjan alussa on kerrottu ruuanlaittoon liittyviä keskeisiä kemiallisia reaktioita. Maillard-reaktio on keskeinen reaktio ruoanlaitossa, mutta se on monimutkaisuutensa takia haastavaa opettaa (McGee, 2004). Pedagogista hyötyä ei synny, mikäli sitä ei yksinkertaista oikein. Oppikirjassa sitä käsitellään monesta eri näkökulmasta kirjan eri osissa. Keskeisiä asioita Maillard-reaktiossa ovat osallistuvat aineet sokeri ja aminohapot, lämpötilan vaikutus reaktionopeuteen sekä Maillard-reaktiossa syntyvät tuotteet sekä reaktion havainnointi. Sokeri- tai aminohappomolekyylejä ei ole havainnollistettu kirjassa, vaan niistä on kerrottu tekstissä. Ruoanlaiton kemiasta ollaan yleisesti kerrottu kyhyesti kahdella pääkohdalla, jotta asiasisältö on helppo omaksua. Ruoanlaiton kemiasta kertova aukeama on esitetty kuvissa 21 ja 22.

**Tärkeitä ilmiötä, joiden ymmärtäminen auttaa kokin työssä**

- Suola liukenee veteen**
  - Suola ja muut vesiliukoiset aineet ovat aina ruoan vesiosassa.
- Suola ei liukene öljyyn.**
  - Esimerkiksi suolapitoisuudeltaan samanlainen kevyttuote, jossa on vähemmän rasvaa ja enemmän vettä, maistuu vähemmän suolaiselta kuin vastaava runsasrasvainen tuote.



- Öljy ei liukene veteen.**
  - Ruoassa on kuitenkin lähes aina sekä vettä että rasvaa. Kokin tuleekin hallita erilaiset tavat, joilla nämä toisiaan karttavat aineet sekoitetaan keskenään.
- Vesi haihtuu kaikissa lämpötiloissa mutta kiehuu 100 °C:ssa.**
  - Veden määrä ruoassa ja ruoka-aineissa muuttuu ja vaihtelee ruoanvalmistuksen edetessä mutta myös esimerkiksi ilman kosteuden mukaan.
- Suurin osa ruoasta on vettä tai jotain muuta nestemäistä ainetta.**
  - Ruokien vesipitoisuus on keskimäärin 70 %, ja kuivissakin ruoissa se on vielä noin 25 %. Hyvin vesipitoisissa kasviksissa veden määrä voi olla jopa 98 %. Taito sitoa sopiva määrä vettä ruoan muihin ainesosiin ja rakenteisiin on tärkeä osa kokin työtä.
- Ruoka, jossa ei ole nestemäisiä aineita, on useimmiten kova.**
  - Tyypillinen ruoan kova, rasahtava rakenne syntyy, kun sokeri- tai hiilhydraatti-pohjaisesta liuksesta tai hyttelöstä on haihtunut lähes kaikki vesi pois.
  - Nestemäinen vesi ja öljy tekevät ruoasta mehevää tai elastista.

12

**Kuva 21:** Ruoanlaiton kemiasta kertova aukeama, ensimmäinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).



7. Jotkin proteiinit koaguloituvat (hyyytyvät)

- **Proteiinien** muuntuminen (kananmunassa, lihassa ja kalassa) luonnollisesta vesiliukoisesta olomuodosta koaguloituneeseen muotoon hyyydyttää suuren osan ruoista.
- Proteiinien **koaguloituminen** on myös valkuais- ja maitovaahdon sekä taikinan **sitkon** muodostumisen tuottava ilmiö.

8. Kollageeni liukenee veteen, kun se lämmitetään vähintään noin 60 °C:n lämpöiseksi.

- Lihasten sidekudos eli kollageeni aiheuttaa lihan sitkeyden. Kollageeni on proteiini, joka täytyy saada liukoiseen muotoon, jotta liha mureutuisi.

9. Suurin osa ruoista on vesiosasta, rasva- tai öljyosasta, kaasuista ja kiinteistä aineista muodostuneita niin sanottuja monifaasisysteemejä.

- Aineen olomuodot eli **faasit** ovat **kiinteä, neste ja kaasu**.
- Ruoassa on yleensä veden lisäksi rasvaa joko kiinteässä tai nestemäisessä olomuodossa. Lisäksi siihen on sekoittunut kaasuja ja kiinteitä aineita. Nämä ruoan ainesosat rakennetaan ruoanvalmistuksessa **emulsiioiksi**, vaahdoiksi, **geeleiksi** ja muiksi **seoksiksi** (monifaasisysteemeiksi).

10. Jotkin kemialliset prosessit synnyttävät uusia maku- ja aromiaineita.

- Ruoanvalmistuksen tärkeitä reaktioita ovat muun muassa ruskistumisreaktiot (**Maillardin reaktio** ja **karamellisoituminen**). Näitä reaktioita voi säädellä sekä valitsemalla sopivia raaka-aineita että säätelemällä reaktio-oloja, kuten lämpötilaa ja reaktioaikaa.

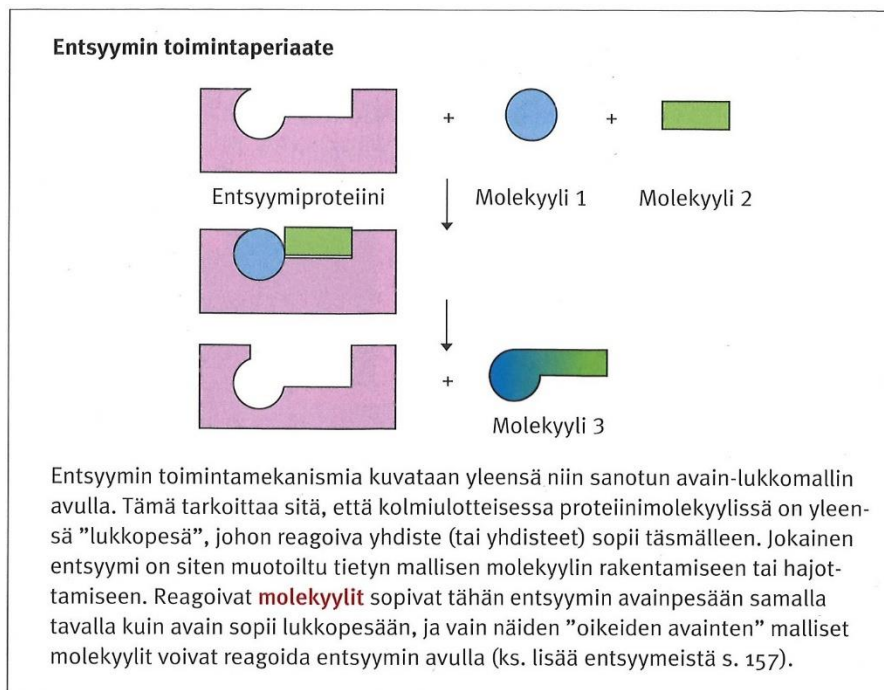


Ruoan väri-, aromi- ja makuaineet liukenevat ruoan vesi- ja rasvaosaan kemiallisten ominaisuuksiensa mukaan.

**Kuva 22:** Ruoanlaiton kemiasta kertova aukeama, toinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

Karamellisaatio on esitetty kirjassa hyvin samankaltaisesti kuin Maillard-reaktio. Sakkaroosin hajoamisesta on mainittu, mutta konkreettisia hajoamistuotteita ei ole esitetty. Pääasiana kirjassa on esitetty lämpötilan vaikutus reaktionopeuteen, sakkaroosin hajoaminen sekä tuotteiden havainnointi. Karamellisaatio on rinnastettu Maillard-reaktioon vertailemalla, missä elintarvikkeissa kutakin esiintyy enemmän. Hiilihydraattipitoisissa ruoissa karamellisaatioreaktio on oleellisempi reaktio. Karamellisaatio-osiossa on sivuttu polymeerejä viitaten sakkaroosiin, joka hajoaa kuumentamisessa glukoosiksi ja fruktoosiksi.

Tekstin ohessa on keltaisia laatikoita, joissa on kerrottu lisää käsiteltävästä asiasta tai selitetty lyhyesti eri termien määritelmät. Kirjassa ei havainnoida ilmiöitä vaan ne on havainnollistettu kuvin. Kuvassa 23 on esimerkkitapaus, jossa esitetään entsyymin toimintaa.



**Kuva 23:** Entsyymin toimintaperiaate (Lehtovaara & Hopia, 2011)

Oppikirjan työohjeet eli oivallusaukeamat ovat reseptejä, joiden luonnontieteellistä teoriapohjaa on helppo tarkastella, esimerkiksi graavilohi. Sen valmistus perustuu osmoosiin, veteen ja suolaan, proteiinin liukenemiseen sekä kalan rasvoihin. Kussakin työssä esitellään vain muutama luonnontieteellinen ilmiö, jotta siihen liittyvä asiasältö on helppo omaksua ja työ on pedagogisesti mielekäs.

Oppikirjan töiden ohella esitellään vaihtoehtoinen koeasetelma keltaisessa laatikossa. Se ohjaa oppilasta avoimempaa tutkimusta, ja sen pyrkimys on havainnoida erilaisia havaintoja vaihtoehtoisessa koeasetelmassa. Kuinka sokerin määrä vaikuttaa kirjolohen graavaukseen? Samalla ohjataan vaihtoehtoisten koeasetelmien avulla muuttamaan valmistettavan ruoan rakennetta ja makua. Graavilohen työohje on esitetty kuvissa 24 ja 25 oppikirjan asettelun havainnollistamiseksi.

## Graavattu lohi

### KEMIA: Suola, vesi ja osmoosi

1. Leikkaa lohifileestä ylimääräinen rasva fileen reunoilta pois. Leikkaa veitsellä pois myös mahdolliset selkäruodosta jääneet rustopalat fileen pinnalta pois.
2. Nypi ruotopihdeillä ruodot fileestä.
3. Punnitse 50 g karkeaa merisuolaa ja 40 g sokeria 1 kilo kalafileetä kohden ja ripottele ne fileen pinnalle. Rouhi myös pinnalle valkopippuria ja kevyesti murskattuja tillinvarsia.
4. Peitä filee tuorekelmulla ja anna fileen graavaantua paksuutensa mukaan 1–2 vuorokautta.
5. Poista mausteet fileen pinnalta ja leikkaa fileestä ohuita viipaleita. Leikkaa päätä kohti poikkisyhyhyn.



Onnistunut graavaus on monen ilmiön summa. Niistä keskeisimpiä ilmiöitä ovat osmoosi, proteiinien liukeneminen veteen ja veden sitoutuminen proteiineihin.

**Kuva 24:** Graavilohen oivallusaukeama, ensimmäinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

## Menyy 1

KEMIA

**1.**

**Vesi ja suola**

Graavauksessa suolarakeet liukenevat kalan pinnan ohueen vesikerrokseen, johon muodostuu väkevä suolaliuos. Koska solujen sisäinen vesiliuos on laimeampi (kaikkien solujen suolapitoisuus on noin 0,7 %) kuin kalan pinnan suolaliuos, vesi alkaa siirtyä solukalvojen läpi laimeammasta kohti väkevää liuosta eli tässä tapauksessa kalan soluista ja sisäosista kohti kalan pintaa. Suola ei siis siirry solukalvojen läpi kalan sisään, vaan vesi siirtyy laimeammasta liuoksesta kohti väkevää. Ilmiötä kutsutaan **osmoosiksi**.

**2.**

**Osmoosi**

Osmoottinen paine tarkoittaa ilmiötä, jossa vesi siirtyy puoliläpäisevän kalvon läpi laimeammasta liuoksesta kohti väkevää. Graavauksessa suola ja sokeri liukenevat kalan pintakosteuden ansiosta, jolloin lihan pinnalle syntyy hyvin väkevä liuos ja solukalvon sisä- ja ulkopuolen välille syntyy väkevyyseron aiheuttama osmoottinen paine. Tämän johdosta vesi siirtyy lihaksesta ulkopuolelle ja lihas kuivuu. Sekä suola että sokeri vaikuttavat osmoottiseen paineeseen.

**3.**

**Suolavesi liuottaa proteiineja**

Suola liuottaa tiettyjä lihaksen valkuaisaineita eli **proteiineja** (ks. s. 153–159, proteiinien kemia) jo 2–3-prosenttisina liuoksina. Riittävän suurina pitoisuuksina (> 5,5 %) se liuottaa jopa lihasäikeitä ja pehmentää lihaksen rakennetta edelleen. Samalla kun suola rikkoo lihaksen rakenteita, on veden, suolan ja esimerkiksi mausteiden aromaattisten yhdisteiden helpompi siirtyä lihaksen sisäosiin.

**4.**

**Kalan rasvat**

Kalan rasva on helposti härskiintyvää, eli se reagoi ilman hapen kanssa. **Härskiintymisilmiötä** voi hidastaa pitämällä lämpötilan viileänä ja estämällä ilman hapen vaikutusta suojaamalla kalaa mahdollisuuksien mukaan ilman hapelta. Ilmiötä ei kuitenkaan ole mahdollista estää kokonaan, minkä vuoksi kala on tärkeää valmistaa ruoaksi mahdollisimman tuoreena.

?

Punnitse kaksi tarkalleen samanpainoista kalapalaa ja graavaa molemmat samalla määrällä suolaa. Lisää toiseen kaksinkertainen määrä sokeria. Anna kalapalojen graavaantua normaalisti. Kuivaa kalapalat ja punnitse ne. Mistä painohäviöero johtuu?

2. OIVALLUSAUKEAMA: Graavattu lohi
27

**Kuva 25:** Graavilohen oivallusaukeama, toinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

Kun oppikirjassa tarkastellaan luonnontieteitä ruoanlaiton näkökulmasta, työohjeet on esitetty keittokirjan mukaisen reseptin mukaan. Alussa on mainittu tarvittavat aineet ja sen jälkeen

ollaan esitelty yksityiskohtaisesti työvaiheet. Oppikirjassa on esitelty konkreettisesti haluttu lopputulos, joten ennakkokäsitysten kartoittaminen voi olla haastavaa.

Reseptimäisten työohjeiden ohella kirjan aukeamilla on havainnollistettu ruokaan liittyviä luonnontieteellisiä ilmiöitä. Kemiaan liittyvät sisällöt on esitetty vihreällä pohjalla ja fysiikan sisällöt sinisellä pohjalla. Tällä saadaan selvä ero kemiaan ja fysiikkaan liittyvien asiasisältöjen välille, jolloin opetettavat asiat on helppo sisäistää. Asiasisältöjä on korkeintaan neljä, joten jokaisella ruuanlaittoon liittyvässä ilmiössä on selvät osaamistavoitteet ja tarvittaessa töitä voidaan helposti käyttää vain yksittäisten ilmiöiden tarkasteluun.

Seuraavaksi arvioidaan kolme työtä oppikirjasta sovellettujen Millar'n kokeellisen työskentelyn peruspilareiden (2004) ja kokeellisen työskentelyn tehokkuusmatriisin (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012) pohjalta. Oppikirjan töistä valittiin helppo työ, haastava työ sekä motivoiva työ, jolla saataisiin helposti luotua kiinnostava konteksti kemian opiskeluun.

### **10.2.2. Kirjan pedagogiset ratkaisut, helppo työ**

Eräs esimerkki helposta kokeellisesta keittiökemiaan liittyvästä työstä on sinappikastike. Sinappikastikkeeseen liittyviä luonnontieteellisiä ilmiöitä on neljä, joista yksi liittyy fysiikkaan ja kolme kemiaan. Fysikaalisesti työssä tarkastellaan emulsiota: mikä se on, mistä se koostuu ja mitä muita seoksia esiintyy sinappikastikkeessa. Kemiallisesti tarkastellaan yleisesti emulsion ominaisuuksia. Vesi ja öljy eivät liukene toisiinsa, joten on pohdittava, mitä tarvitaan onnistuneeseen emulsiomaiseen kastikkeeseen. Tämän pohjalta tutustutaan emulgointiaineisiin, jotka sitovat vettä ja rasvaa toisiinsa väliaikaisesti ja mainitaan esimerkkinä kananmunan keltuainen, jonka lestiini on tehokas emulgointiaine. Emulgointiaineet ovat eräs esimerkki molekyyleistä, joissa on veteen hakeutuva eli hydrofiilinen osa ja vettä hylkivä eli hydrofobinen osa. Sinappikastikkeen työohje on esitetty kuvissa 26 ja 27.

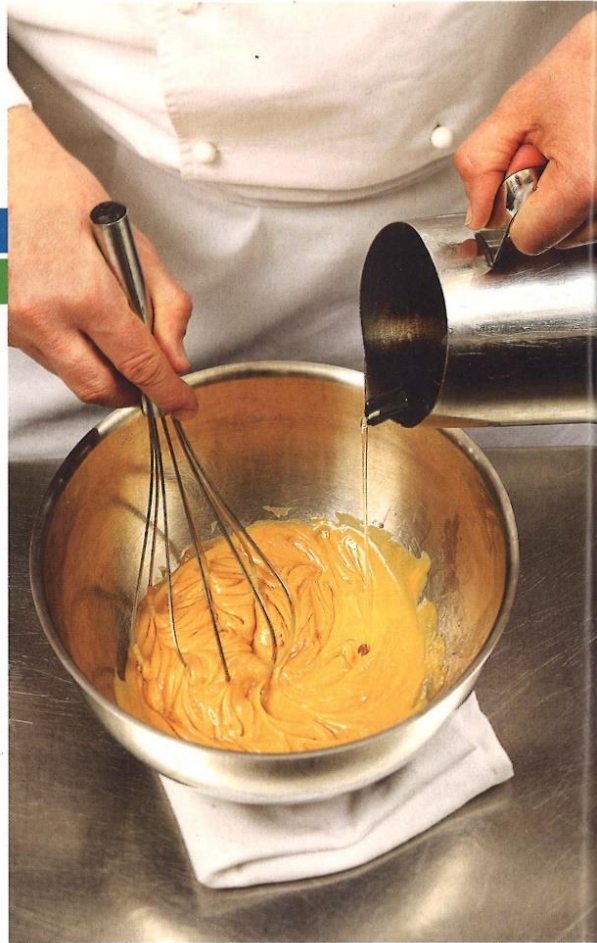
## Sinappikastike

**KEMIA:** Emulgointiaineet

**FYSIIKKA:** Emulsion tekeminen

125 g sinappia  
1–2 rkl sokeria  
(1 keltuainen)  
1 rkl punaviinietikkaa  
2 ½ dl öljyä  
suolaa, pippuria  
leikattua tilliä

1. Vatkaa sinappia ja sokeria vatkaamalla kulhossa hetki.
2. Lisää keltuainen.
3. Lisää etikka.
4. Lisää öljyä aluksi tipoitain sinappiseokseen koko ajan sekoittaen ja lopuksi kaada öljyä ohuena nauhana seokseen.
5. Mausta kastike.



Öljyä lisätään vähitellen. Samalla sekoitetaan, jotta emulsio muodostuu.

FYSIIKKA

1.

### Veden ja öljyn seos on emulsio.

Sinappikastike on öljyn ja veden **seos** eli **emulsio**. Siinä öljypisarot on sekoitettu veteen. Lisäksi sinappikastikkeessa on seassa kiinteitä kappaleita, kuten maustehippuja. Se on siis rakenteeltaan myös suspensio eli kiinteiden partikkeleiden ja nesteiden seos.

KEMIA

2.

### Mitä emulgointiaineet ovat?

Koska vesi ja öljy hylkivät toisiaan, niiden sekoittumista keskenään on autettava aineilla, jotka pystyvät liukenemaan sekä veteen että rasvaan. Tällaisia aineita kutsutaan **emulgointiaineiksi**. Tehokkaatkaan emulgointiaineet eivät kuitenkaan pysty saamaan rasvaa ja vettä sekoittumaan toisiinsa pysyvästi, vaan rasva pyrkii aina erottumaan vedestä ja nousemaan vettä kevyempänä kastikkeen pinnalle. Sinapin ja kananmunan keltaisen sisältämä lesitiini on tehokas emulgointiaine (ks. lisää s. 148–149).

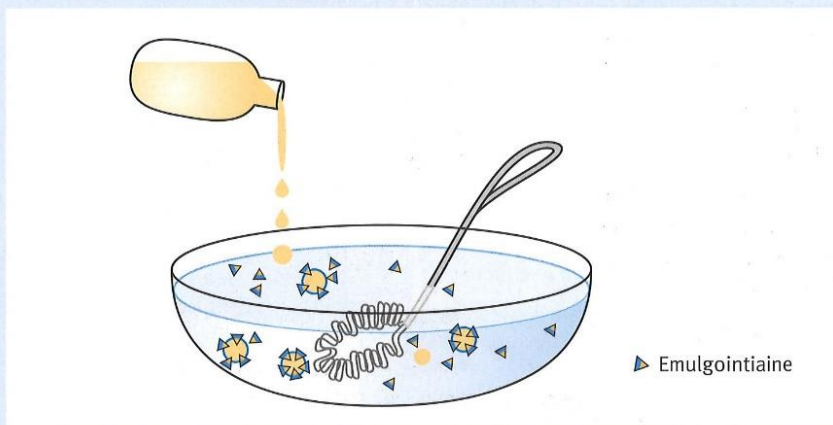
**Kuva 26:** Sinappikastikkeen oivallusaukeama, ensimmäinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

KEMIA

3.

### Emulgointiaineiden kemiaa

Emulgointiaineet ovat **molekyylejä**, joissa on kaksi erilaista osaa. Osa molekyylistä on vesiliukoinen ja hakeutuu kohti vettä, mutta toinen osa on vettä karttava ja rasvaliukoinen, joka pyrkii pois vedestä. Tällainen yhdiste hakeutuu aina veden ja rasvan rajapinnalle. Kanamunan keltuaisessa on runsaasti emulgointiaineita, joten sen avulla ruokiin saadaan hyviä emulsiorakenteita.



► Emulgointiaine

### Emulsion sekoittuminen

Emulsion syntyy tarvitaan vesiliuosta, öljyä sekä emulgointiainetta. Emulgointiaineen tehtävänä on muodostaa suojaava kerros öljyn ja veden rajapinnalle. Se estää pisaroiden yhdistymisen ja emulsion hajoamisen. Kun öljy lisätään alussa ohuena nauhana, on emulgointiaineilla aikaa hakeutua pisaroiden pinnalle. Näin emulsiopisaroista tulee pieniä ja emulsiosta kestävä. Kun emulgointiaine on puhtaassa öljyssä tai vesiliuoksessa, se hakeutuu pieniksi ryppäiksi. Esimerkiksi vesiliuoksessa siten, että molekyylin vesiliukoiset osat sijoittuvat ulospäin ja vettä karttavat (rasvaliukoiset osat) ovat suojassa ryppäiden sisäosissa.



Tee toinen sinappikastike siten, että sekoitat kaikki aineet yhtä aikaa kulhossa. Miten kastike eroaa ohjeen kastikkeesta?

**Kuva 27:** Sinappikastikkeen oivallusaukeama, ensimmäinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

Työohjeessa mainitaan vaihtoehtoinen koeasetelma, jossa pohditaan, mitä tapahtuu, jos sinappikastikkeen kaikki ainekset sekoitetaan yhtä aikaa. Emulsio ei muodostu tässä

tapauksessa yhtä tehokkaasti, joten todennäköisesti kastikkeen rakenteesta ja mausta tulee hajanainen. Onnistunut emulsiokastike on yhdessä emulsiofaasissa, jossa rakenne ja maku ovat kauttaaltaan samanlaisia. Sinappikastikkeen kokeellisen työskentelyn tehokkuusmatriisi on esitelty taulukossa 10.

**Taulukko 10:** Sinappikastikkeeseen liittyvän kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012).

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas osaa: - Tarkastella tuloksien muutosta, kun sinappikastikkeessa käytetään kananmunan keltuasta ja kun kastike tehdään ilman keltuasta. - Tarkastella tuloksia, kun kaikki ainekset sekoitetaan samassa astiassa yhtäaikaa.	Oppilas osaa selittää, että: - Sinappikastikkeesta tulee tasainen, koska muodostuu yksi emulsiofaasi. - Kananmunan keltuainen on tehokas ainesosa emulsion muodostamisessa
Oppimisen taso	Oppilas osaa: - muodostaa emulsion. - hahmottaa emulsion käsitteen. - hahmottaa kananmunan vaikutusta emulsion muodostumisessa.	Oppilas osaa selittää, että: - Majoneesi on toinen esimerkki emulsiosta. - Aineiden samanvaikainen sekoittaminen muodostaa heterogeenisen faasin - Emulsioon tarvitaan vettä, öljyä ja emulgointiainetta.

Sinappikastikkeen valmistaminen perustuu emulsion muodostamiseen. Emulsion asiasisältö ja käytännön työskentely on yhdistetty todella kiinteästi toisistaan. Kokeellinen työskentely aktivoi oppilaan tieteellistä ajattelua ehdottamalla vaihtoehtoisia koeasetelmia. Voidaan kokeilla ja ennakoida, mitä tapahtuu, kun kananmunan keltuainen jätetään pois sinappikastikkeesta ja mitä tapahtuu, kun kaikki ainekset sekoitetaan yhtä aikaa.

Sinappikastikkeen valmistaminen voidaan integroida johonkin tiettyyn opetussuunnitelman asiasisältöön, esimerkiksi kun käsitellään faaseja. Huomioitavaa on, että oppikirja on tehty hotelli-, ravintola- ja catering -alan opiskelijoille, joilla on oppilaitoksen oma opetussuunnitelma. Koska se on suuntaa-antavampi kuin lukion tai yläkoulun



opetussuunnitelma, sitä voidaan halutessa soveltaa opettajan haluamalla tavalla. Asiasisältö on yksinkertaistettu kolmeen kiinteään ja lyhyeen kokonaisuuteen, joten se on varsin helppo sisäistää. Kokeen vuorovaikutuksellisuus on opettajan omista valinnoista kiinni. Sinappikastiketyössä ohjaavia kysymyksiä ei juuri ole, mutta opettaja voisi ohjata tekemään havaintoja avaavien kysymyksien avulla. Vuorovaikutuksellisuuteen voi pyrkiä teettämällä työ pareittain, sillä tietyt työvaiheet, kuten rypsiöljyn kaataminen sinappikastikkeeseen voi vaatia useampia oppilaita. Samalla voidaan mahdollistaa se, että havaintoja tehdään yhdessä ja niistä keskustellaan tutkimusparin kanssa.

Sinappikastikkeen valmistamiseen liittyy neljä selkeää pääkohtaa. Ne menevät toistensa kanssa sujuvasti päällekkäin, joten työtä voidaan käyttää emulsion opettamisessa. Oppikirja ei esitä avoimia kysymyksiä ja työohjeen ohessa on esitelty haluttu lopputulos hyvin reseptikirjamaisesti. Onkin opettajasta kiinni, miten kartoittaa työhön liittyviä ennakkokäsityksiä ja millä tavoilla ohjataan havaintojen tekemiseen. Oppilasta ei ohjata varsinaisesti ennakkokäsitysten tekoon, koska työohjeessa on kuva halutusta tuloksesta. Ennakkokäsitysten tekoon ohjataan vaihtoehtoisilla koeasetelmilla, kuten mitä tapahtuu, jos kananmunan keltuainen jää pois sinappikastikkeesta ja mitä tapahtuu, kun kaikki ainekset sekoitetaan yhtäaikaan keskenään. Nämä vaihtoehtoiset asetelmat tuovat tutkimukseen myös avoimuutta, jolloin havaintojen tekeminen voidaan siirtää oppilaiden vastuulle ja ne ohjaavat oppilasta argumentointiin. Sinappikastikkeen valmistaminen perustuu lähes yksinomaan emulsion valmistamiseen, joten työssä ei ole ylimääräisiä ilmiöitä haittaamassa havaintojen tekemistä.

### **10.2.3. Kirjan pedagogiset ratkaisut, haastava työ**

Haastavaksi työksi todettiin karamellivanukkaan valmistaminen. Siinä esitellään kolme luonnontieteellisiin ilmiöihin liittyvää asiasisältöä, joista yksi liittyy fysiikkaan ja kaksi kemiaan. Fysiikassa tarkastellaan lämmön johtumista vesihautteessa ja kemiassa tarkastellaan karamellisaatioreaktiota sekä proteiinien denaturoitumista. Työ voidaan nähdä haastavana, sillä näiden kolmen yhteyttä ei hahmota heti, jolloin ilmiön oppiminen voi olla jokseenkin hajanaista. Haastavaa on yhdistää nämä kolme työssä esiintyvää ilmiötä ja muodostaa yhtenäinen kokonaisuus. Karamellivanukkaan työohje on havainnollistettu kuvissa 28 ja 29.

## Karamellivanukas

**KEMIA:** Sokerin karamellisoituminen ja kananmunan hyytyminen

**FYSIIKKA:** Lämmönsiirtyminen vesihautteen avulla

200 g sokeria  
2 rkl sitruunamehua  
2 rkl vettä  
5 dl maitoa  
½ vaniljatanko  
3–4 kananmunaa  
60 g sokeria

1. Pane 200 g sokeria, sitruunamehu ja vesi pieneen kattilaan ja keitä seosta kunnes se on kauniin ruskeaa.
2. Kaada kuumaa karamellimassaa vuokien pohjalle ohut kerros ja jäähdytä vuoat huoneenlämpöiseksi.
3. Kiehauta maito ja halkaistu vaniljatanko.
4. Sekoita kananmunat ja sokeri yhteen (60 g) niin, ettei muodostu vaahtoa.
5. Lisää joukkoon maito ohuena nauhana ja siivilöi seos. Kuori mahdollinen vaahto pois ja kaada seos vuokiin.
6. Paista seosta uunissa vesihautteessa 150 °C 35–40 min.
7. Jäähdytä vuokia kylmiössä 4–5 tuntia. Irrota veitsen kärjellä massan reuna vuoasta ja kumoa vanukas suoraan tarjoiluastiaan.



**Karamellisoitunut** sokeri antaa vanukkaalle kauniin pinnan. Kananmunan proteiinit ovat hyydyttäneet nesteen tasaiseksi **geeliksi**. Hyytyminen on toteutettava niin hellävaraisesti, ettei lämpötila pääse paikoittainkaan nousemaan liian korkeaksi. Rpeat keksinmurut antavat suutuntumaa pehmeän vanukkaan kanssa.



Valmista vieressä olevan ohjeen mukainen karamellivanukasmassa. Kypsennä a) osa vanukkaista ilman vesihautetta samassa uunissa, jossa kypsennät vesihauteessa olevat vanukkaat. Kypsennä b) toinen osa höyryuunissa 80 °C:ssa kelmulla peitettynä. Arvioi vanukkaiden makua, rakennetta ja ulkonäköä. Miten vesihaude vaikuttaa valmistusprosessiin. Entä miten matala lämpötila ja höyry vaikuttavat?

**Kuva 28:** Karamellivanukkaan oivallusaukeama, ensimmäinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011)

## Menyy 2

FYSIKKA

1.

**Vesihauteessa kypsentäminen**

Vesihauteessa kypsytminen on hellävaraisempaa kuin kuivassa uunissa. Vaikka uunin lämpötila on yli 100 °C, vesihautteen veden lämpötila ei nouse yli 100 °C:n eli veden **kiehumispisteen**. Vesihautteen lämpötila pysyy alle 100 °C:n, koska siitä haihtuu koko ajan vettä. Olomuodon muuttuminen nesteestä höyryksi vaatii runsaasti energiaa, mikä viilentää vesihautteen vettä.

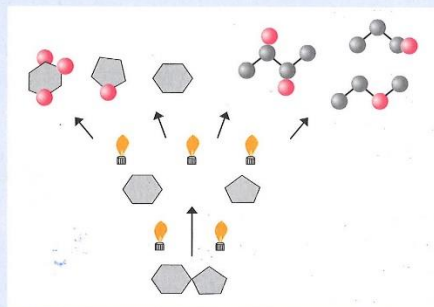
Vesihaudekypsennyksessä lämpö siirtyy kypsyvään ruokaan sekä kuljettumisen että **johtumisen** avulla. **Kuljetuksessa** lämpö siirtyy virtaavan kaasun tai nesteen mukana. Johtumisessa lämpö siirtyy suoraan kahden tai useamman aineen kosketuspinnan kautta.



Miksi ruoan lämpötila ei nouse vesihauteessa yli 100 °C:seen vaikka uunin lämpötila olisi 175 °C?

KEMIA

2.

**Sokeri karamellisoituu**

**Karamellisoitumisessa** sakkaroosista syntyy useita satoja erilaisia yhdisteitä (ks. s. 164). Sakkaroosi alkaa hajota eli invertoitua noin 100 °C:n lämpötilassa ensin fruktoosiksi ja glukoosiksi, jotka sitten noin 160 °C:ssa alkavat hajota edelleen värillisiksi ja haihtuviksi yhdisteiksi. Osa karamelloitumistuotteista on **hapvoja**, eli karamelloitunut sokeriliuos on lievästi hapanta. Karamelloitumisessa sokeriin muodostuu myös karvaita makuja.

KEMIA

3.

**Karamellivanukas hyytyy kananmunan proteiineilla**

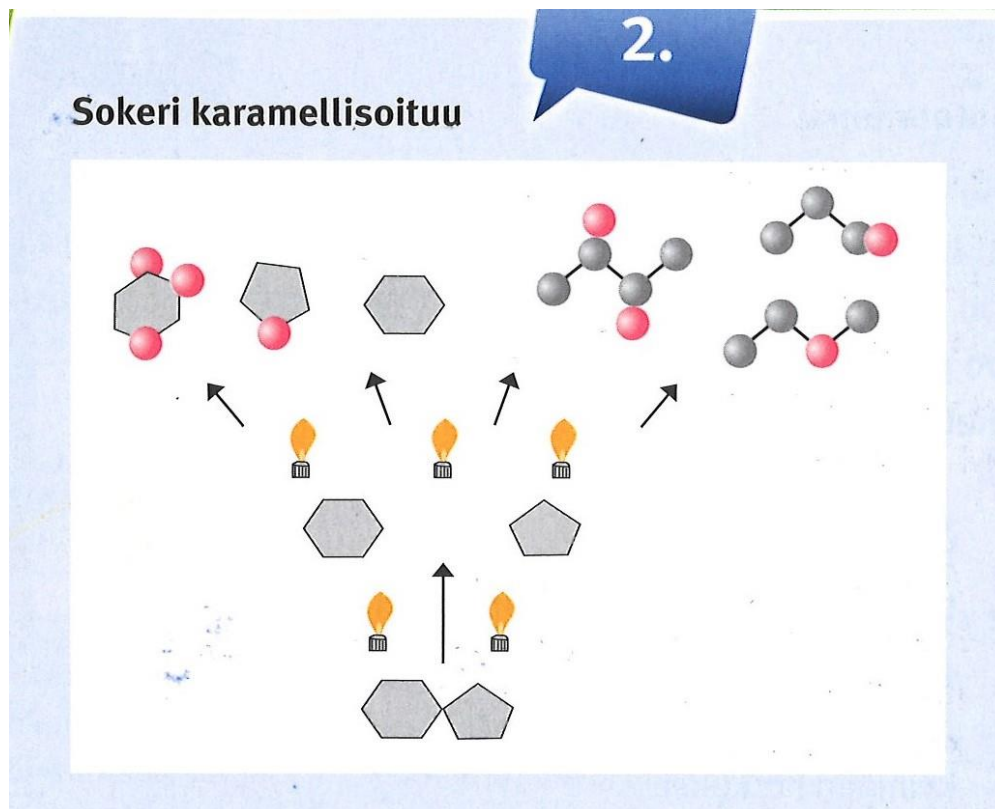
Karamellivanukkaan hyytelö syntyy kananmunan proteiinien avulla, kun ne **denaturoituvat**. Mitä suuremman vesimäärän proteiiniverkosto joutuu sitomaan, sitä korkeammaksi seoksen lämpötila täytyy nosta.

**Kuva 29:** Karamellivanukkaan oivallusaukeama, toinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

Vesihauteessa kypsentämisestä kerrotaan oppikirjasta kahdella tiiviillä kappaleella. Siinä tähdennetään, ettei veden lämpötila nouse 100 celsiusastetta korkeammaksi, koska veden höyrystyminen sitoo niin paljon lämpöenergiaa. Tarkkoja numeroita, paljonko energiaa todellisuudessa sitoutuu ei kerrota yksinkertaisuuden säilyttämiseksi. Ensimmäisessä kappaleessa keskitytään siihen, mitä vedelle tapahtuu, kun se on yli 100-asteisissa olosuhteissa.

Toisessa kappaleessa käsitellään lämmön johtumista. Siinä selitetään, miksi vesihaudekypsennys on hellävaraisempi kypsennystapa kuin esimerkiksi kuivassa uunissa paistaminen. Vesihauteessa lämpö siirtyy kahden tai useamman kosketuspinnan kautta vanukkaaseen. Kun lämpöä on siirtynyt tarpeeksi paljon vanukkaaseen, vanukastaikina lämpenee, ja siinä olevat proteiinit denaturoituvat tarpeeksi korkeassa lämpötilassa.

Työssä käsitellään karamellisaatioreaktiota. Toisin kuten kirjan alussa, nyt karamellisaatiota on havainnollistettu kuvalla. Siinä korostetaan, että sakkaroosi hajoaa lämmön vaikutuksesta fruktoosiksi ja glukoosiksi, jotka hajoavat eteenpäin muiksi yhdisteiksi. Kirjan mikrotason havainnollistus karamellisaatioreaktiosta on esitetty kuvassa 30.



**Kuva 30:** Karamellisaatioreaktio (Lehtovaara & Hopia, 2011).

Työohjeessa karamellisaatiosta kerrotaan samoja asioita kuin kirjan alussa olevassa osiossa, joissa kerrotaan ruoanlaitossa esiintyvistä kemiallisista reaktioista. Näiden lisäksi kerrotaan karamellisoituneen sokerin lievästä happamuudesta, joka johtuu siitä, että osa sokerin hajoamistuotteista on karboksyylihappoja.

Työohjeessa on myös kerrottu kananmunan proteiinien denaturoitumisessa. Tämä reaktio tapahtuu, kun lämpö johtuu 100-asteisesta vedestä useamman kosketuspinnan läpi. Reaktion ansiosta vanukkaaseen saadaan hyytelömäinen rakenne. Karamellivanukkaan kokeellisen työskentelyn tehokkuusmatriisi on havainnollistettu taulukossa 11.

**Taulukko 11:** Karamellivanukkaaseen liittyvän kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas osaa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkastella vesihauteen vaikutusta karamellivanukkaan kypsennyksessä</li> <li>- Tarkastella kananmunan määrän vaikutusta vanukkaan kypsennysprosessiin</li> </ul>	Oppilas osaa ilmaista, että: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vanukas kypsyy, koska lämpö johtuu vesihauteesta vanukkaaseen</li> <li>- Vanukas saa hyytelömäisen rakenteen koska lämpö denaturoi vanukkaassa olevia proteiineja</li> </ul>
Oppimisen taso	Oppilas osaa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- tehdä vesihauteen</li> <li>- hahmottaa denaturoitumisen käsitteen</li> <li>- hahmottaa karamellisaatioreaktion käsitteen</li> <li>- hahmottaa kananmunan vaikutusta vanukkaan rakenteeseen</li> </ul>	Oppilas osaa selittää, että: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kananmunien denaturoitumisreaktiota esiintyy paljon ruoanlaitossa</li> <li>- Veden lämpötila ei nouse yli 100 celsiusasteen, koska höyrystyminen sitoo paljon energiaa.</li> </ul>

Karamellivanukastyö eroaa sinappikastikkeesta siten, että siihen liittyviä luonnontieteellisiä asiasisältöjä ei ole yhdistetty yhtä selvästi ja näkyvästi toisiinsa. Oppijalta vaaditaan enemmän perehtymistä karamellivanukkaassa tapahtuviin reaktioihin ja ilmiöihin, ennen kuin saadaan pienistä kokonaisuuksista yhtenäinen kokonaisuus. Asiasisällöltään karamellivanukas on sopiva työ, jos halutaan soveltava orgaanisen kemian oppilastyö. Hyytelön rakenteeseen ja makuun vaikuttavat proteiinien denaturoituminen sekä sokerin karamellisaatioreaktio. Näiden reaktioiden tuotteet voivat olla monimutkaisia päätellä, joten on tärkeää, että nämä reaktiot yksinkertaistetaan tarpeeksi selkeiksi. Huomioitavaa on, ettei tuotteita voi määrittää kovin tarkasti muuten kuin esimerkiksi happamuuden toteamisella tai aromin havainnoinnilla.

Koska karamellivanukkaaseen liittyvä luonnontieteellinen asiasisältö voidaan nähdä jokseenkin hajanaisena, on erityisen tärkeää, että kokeellinen työskentely on vuorovaikutuksellista. Kunhan työssä esiintyvät syy-seuraussuhteet ovat selkeitä, asiasisällöt on helppo hahmottaa, ymmärtää ja yhdistää. Havaintojen tekeminen voi olla haastavaa, sillä niitä on tehtävä uunin luukun läpi.

Koska oppikirjan töiden ohessa esitellään tavoiteltava lopputulos, ennakkokäsitysten kartoittaminen voi koitua haastavaksi. Työohjeessa on esitetty vaihtoehtoisia koeasetelmia, kuten kananmunien määrän vaihtelu sekä vanukkaiden kypsentaminen vesihauteella ja ilman vesihaudetta. Lisäksi esitellään vaihtoehtoiseksi koeasetelmaksi kypsentaminen höyryuunissa siten, että vanukas on peitetty muovikelmulla. Näiden asetelmien avulla ohjataan oppilasta tekemään havaintoja siitä, kuinka vanukkaan rakenne ja maku muuttuvat eri asetelmissa. Samalla etsitään perusteluja sekä ihanteellinen tapa valmistaa karamellivanukasta.

#### **10.2.4. Kirjan pedagogiset ratkaisut, motivoiva työ**

Eräs esimerkki työn kiinnostavuudesta on se, että siihen liittyviä ilmiöitä ei osaa aina yhdistää suoraan kemiaan. Tämän johdosta motivoivaksi työksi todettiin paahtopaistin valmistaminen. Siinä esitellään kolme luonnontieteellisiin ilmiöihin liittyvää asiasisältöä, joista yksi liittyy fysiikkaan ja kaksi kemiaan. Fysiikassa tarkastellaan lämmön siirtymistä ja kemiassa tarkastellaan proteiinien denaturoitumista ja koaguloitumista. Kemiassa sivutaan myös Maillard-reaktiota, jossa lihaan muodostuu uusia sille ominaisia aromeja. Työ voidaan nähdä kiinnostavana, sillä lihan kypsyttämisen ja kemian välillä ei löydy nopeasti yhteyttä, vaikka kemiolla on valtava rooli lihan aromien tarkastelussa. Paahtopaistin valmistamiseen liittyvä luonnontieteelliset asiasisällöt voidaan helposti yhdistää toisiinsa. Kokeellisen työn tehokkuusmatriisi paahtopaistille on esitetty taulukossa 12 ja työohje kuvissa 31 ja 32.

## Paahtopaisti

**KEMIA:** Proteiinien denaturoituminen ja lihan entsyymit

**FYSIIKKA:** Lämmön siirtyminen

### loraus öljyä

1 kg naudan paahtopaistia

4–5 oksaa timjamia

1 oksa rosmariinia

1–2 valkosipulin kynttä

20 g karkeaa suolaa

rouhittua mustapippuria

1. Ruskista paisti kauttaaltaan öljyssä.
2. Paista paistia uunissa ritilän päällä 100 °C:ssa, kunnes paistin sisälämpötila on 55 °C.
3. Leikkaa yrtit ja valkosipuli veitsellä hienoksi ja sekoita ne suolan ja pippurin joukkoon. Lorausta seokseen hieman öljyä.
4. Hiero mausteseos lämpimään paistiin.
5. Kääri paisti leivinpaperiin ja vielä sen jälkeen tuorekelmuun.
6. Anna paistin maustua jääkaapissa noin vuorokausi. Leikkaa paisti viipaleiksi.



Miedossa lämpötilassa kypsennetyssä paahtopaistissa kypsän lihan osuus jää viipaleen reunaan. Lihan punainen väri on merkki siitä, että lihan **proteiineista** vain osa on **koaguloitunut**. Lihan vedensidontakyky on silloin parhaimmillaan.



Valmista ohjeenmukaisen paahtopaistin lisäksi toinen paahtopaisti seuraavasti. Paahtaa paistia uunissa 200 °C:ssa ritilän päällä noin 10 minuuttia ja laske lämpötila sitten 175 °C:seen. Toimi sen jälkeen yllä olevan ohjeen mukaan kohdasta 2. eteenpäin. Kuivaa paistit ja punnitse ne gramman tarkkuudella. Laske painohäviöprosentti molemmille paisteille. Vertaa paistiviipaleiden makua, rakennetta ja ulkonäköä.

**Kuva 31:** Paahtopaistin oivallusaukeama, ensimmäinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).

## Menyy 2

KEMIA  
1.

**Lihan proteiinit muuttavat olomuotoaan kuumennuksessa**

Lihan proteiinit alkavat **denaturoitua** ja koaguloitua kuumennuksen johdosta. jolloin liha kypsyy. Aivan kuin kananmunien (ks. uppomuna, s. 30) myös lihan proteiinit denaturoituvat eri lämpötiloissa:

- Kun lämpötila on 40 °C tai alle, proteiineissa ei tapahdu muutoksia. Liha on tällöin raakaa.
- 50 °C:ssa liha alkaa kiinteytyä ja ensimmäiset proteiinit alkavat muuttua. Tässä lämpötilassa lihaa mureuttavat **entsyymit** ovat aktiivisimmillaan. 55 °C:ssa nämä entsyymiproteiinit denaturoituvat eli menettävät toimintakykynsä. Toisin sanottuna mitä pidempään lihan lämpötila pysyy alle 55 °C:n, sitä mureampaa siitä tulee.
- 60 °C:ssa yhä suurempi osa lihaksen proteiineista alkaa denaturoitua. Lihaksen väri muuttuu tällöin punaisesta vaaleanpunertavaksi ja lihan kypsyyssaste on medium. Myös sidekudos alkaa kutistua tässä lämpötilassa, jolloin lihaksesta myös pusertuu nestettä ulos.
- 70°C:ssa lihaksen happea sitova myoglobiini-proteiini denaturoituu. Tämän huomaa siitä, että se muuttuu veteen liukenemattomaksi, jolloin lihasneste muuttuu kirkkaaksi. Tätä muutosta kutsutaan usein mediumin ja kypsän lihan väliseksi rajaksi.
- 80 °C:ssa lihaksen eniten kuumuutta kestävät proteiinit (aktiini) denaturoituvat. Tällöin liha on täysin kypsä. Sen rakenne alkaa myös jo olla kuiva, sillä proteiinien vedensidontakyky on jo heikentynyt merkittävästi.

KEMIA  
2.

**Lihan kypsennyksessä syntyy uusia aromeja**

Kypsennyksen johdosta lihaan syntyy uusia aromeja. Niitä kuvaillaan esimerkiksi termeillä "voimainen", "karamellimainen", "pähkinäinen" tai "lihaisa".

Lihan uudet aromiaineet ovat seurausta lihan aminohappojen ja sokereiden **Maillardin reaktioista**, rikkiptoiesten aminohappojen hajoamisesta sekä rasvojen hajoamisesta.

FYSIIKKA  
3.

**Lämpö siirtyy**

Lämpö voi siirtyä kypsennysmenetelmän mukaan **johtumalla, säteilemällä tai kuljettumalla** (ns. konvektion avulla). Lämpö siirtyy aina kuumemmasta kappaleesta kylmempään.

Paistinpannulla lämpö siirtyy kuumalta paistinpannulta lihaan johtumalla eli suoran pintakosketuksen avulla. Uunissa lämpö siirtyy lämpösäteilyn avulla. Ruoanlaitossa lämpö siirtyy paikasta toiseen myös virtaavan lämpimän aineen, kuten ilman tai veden mukana (kuljettumalla).

 14. OIVALLUSAUKEAMA: Paahtopaisti 53

**Kuva 32:** Paahtopaistin oivallusaukeama, toinen sivu (Lehtovaara & Hopia, 2011).



**Taulukko 12:** Paahtopaistin liittyvän kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas osaa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkastella lämpötilan vaikutusta lihan kypsymiselle</li> <li>- Tarkastella lihan kypsymisen ja kypsennystavan yhteyttä</li> </ul>	Oppilas osaa ilmaista, että: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lihan proteiinit denaturoituvat eri lämpötiloissa</li> <li>- Lämpöä siirtyy johtumalla, säteilemällä ja kuljettumalla aina kylmemmästä lämpimään</li> <li>- Maillard-reaktiossa syntyy erilaisia aromeja</li> </ul>
Oppimisen taso	Oppilas osaa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paistaa lihan oikein</li> <li>- Selittää denaturoitumisen ja koaguloitumisen yhteyden lihan kypsymisen kanssa</li> <li>- hahmottaa Maillard-reaktion käsitteen</li> <li>- hahmottaa kypsennystavan vaikutusta lihan kypsymiseen ja sen nopeuteen.</li> </ul>	Oppilas osaa selittää, että: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lämpö liikkuu johtumalla, säteilemällä tai kuljettumalla ja se vaikuttaa siihen, mikä on sopiva tapa kypsennää lihaa</li> <li>- Proteiinien käyttäytyminen eri lämpötiloissa.</li> </ul>

Paahtopaistityössä havaintojen ja teorian yhdistäminen voi olla haastavaa, sillä mitään työhön liittyvää asiasisältöä ei voi aistia lukuun ottamatta aromin, rakenteen ja maun muutokset. Toisaalta havaintoja on helppo tehdä, sillä liha kypsyy korkeassa lämpötilassa ja värin muutoksen näkee selvästi. Sen yhdistäminen teoreettiseen asiasisältöön voi luoda haasteita. Paahtopaistin kypsymiseen liittyviä kemiallisia reaktioita voidaan käyttää hyväksi orgaanisen kemian sovelluksissa, sillä lihan proteiinien denaturoituminen ja Maillard-reaktio ovat suuressa roolissa lihan rakenteen ja maun muodostumisessa.

Paahtopaistityössä vuorovaikutuksellisuus on tärkeää, sillä luonnontieteellinen asiasisältö voi olla erittäin haastavaa havaita. Paahtopaistityössä on vain kolme luonnontieteellistä pääkohtaa, mutta on tärkeää ohjata oppilasta näkemään niiden yhteys toisiinsa sekä hahmottaa työssä esiintyviä syy-seuraus-suhteita.

Oppilasta ohjataan muodostamaan itse ennakkokäsityksiä muodostamalla vaihtoehtoinen koeasetelma paistamalla lihaa uunissa korkeassa lämpötilassa paistinpannun sijaan sekä

tutkimaan tämän vaikutusta lihan rakenteeseen, makuun ja ulkonäköön. Oppilasta ei ohjata vuorovaikutuksellisuuteen aktivoivilla tai ohjaavilla kysymyksillä, jotka saattaisivat auttaa luonnontieteellisen asiasisällön ymmärtämistä.

Paahtopaistityössä ainoa selvä havainto on lihan kypsyminen ja lihan tuoksun muuttuminen. On mahdollista, että havaintojen tekemistä haittaavat monimutkaisemmat ilmiöt, kuten lihassa olevan nesteen katoaminen. Lisäksi Maillard-reaktion tuotteita ei voida määrittää kovin tarkasti, joten on oltava tarkkana, kuinka ilmiö otetaan esille paahtopaistityössä.

### **10.2.5. Analyysi**

Oppikirjan työt pohjautuvat selkeisiin havaintoihin. Ennakkokäsityksiä ei kirjan pohjalta voi tehdä, sillä haluttu lopputulos on esitetty jokaisessa työssä eli ruokalajissa. Koska työhön liittyvien luonnontieteellisten ilmiöiden teoria on esitetty samalla aukeamalla kuin työohjeet, on helppo yhdistää luonnontieteet ruoanlaittoon. Lisäksi työvaiheiden epäonnistuminen mahdollistaa sen, että sille voidaan etsiä selitys käyttämällä luonnontieteellisiä termejä, mikä voi helpottaa luonnontieteellisen asiasisällön sisäistämistä.

Oppikirjan työohjeissa on yleensä esitetty vaihtoehtoinen koeasetelma keltaisessa laatikossa. Tämä ohjaa oppilasta muodostamaan ennakkokäsityksiä, kuinka lopputulos muuttuu esimerkiksi maun ja rakenteen muodossa. Tälle muutokselle voidaan etsiä luonnontieteellinen selitys, joten työn suorittaminen kahdella eri koeasetelmalla voi auttaa paljon luonnontieteellisen asiasisällön sisäistämisessä.

Työohjeiden ohessa esitetyt luonnontieteelliset asiasisällöt on esitetty erillään työohjeesta selvästi numeroituina. Näin vältetään se, että eri ilmiöihin liittyvät asiat on kerrottu yhdessä yhtenäisessä osiossa, mistä voi seurata se, että kokonaisuuden hahmottaminen jää hataraksi. Selkeä jaottelu auttaa oppilasta tiedostamaan, mitä asioita hallitaan, ja missä on kerrattavaa ja mitä ymmärretään heikosti.

Monimutkaisia ilmiöitä, esimerkiksi karamellisoitumista on havainnollistettu selkeillä kuvilla. Ne eivät kuitenkaan aina ole havainnollistettu eksaktilla tavalla, esimerkiksi kuvan 23 esitys entsyymin toiminnasta, mutta auttavat osaltaan muistijäljen tuottamisessa.

Työohjeita laatiessa voidaan käyttää hyväksi kontekstia, vaihtoehtoisia koeasetelmia sekä luonnontieteellisen asiasisällön selkeitä jaotteluita, jotka tulivat esille oppikirja-analyysissa. Luonnontieteellisen tiedon ja ruoanlaiton yhdistäminen on tärkeää, jotta ruoanlaitosta saadaan tehokas ja pedagogisesti mielekäs konteksti. Tämä saadaan aikaiseksi esittämällä työhön liittyvä luonnontieteellinen teoria kiinteästi luonnontieteellisen asiasisällön rinnalla. Oppikirja ei ohjaa merkittävästi vuorovaikutuksellisuuteen esimerkiksi ohjaavilla kysymyksillä, mikä on huomioonotettava seikka esimerkkityöohjeita laatiessa.

Matriisien mukaan työt pyrkivät yhdistämään työssä esiteltävät käsitteet ja selvät havainnot keskenään. Oppikirja ei pyri soveltamaan näitä käsitteitä pitkälle vaan esimerkiksi esittelee toisen elintarvikkeen, joissa kyseisiä käsitteitä käytetään hyväksi. Matriisien nojalla oppikirjan töitä voi teettää soveltavina töinä yläkoululaisille tai teorian ohessa lukiolaisille. Keittiökemian soveltamisessa keittiökemian opetuksessa tulee tosin muodostaa selvä yhteys kurssilla käytävään asiasisältöön ja tehtävään työhön, jotta muodostuva muistijälki vahvistuu.

### **10.3. Esimerkkityöohjeiden kehittäminen**

Kyselytutkimuksen ja oppikirja-analyysin nojalla laadittiin kolme työohjetta, jotka liittyivät suklaaseen. Kyselytutkimuksessa huomioitavalla tasolla esiin nousivat kiinnostavat kontekstivalinnat, positiivisten elämysten aktivointi ja sen kautta muistijäljen muodostaminen. Työohjeita laatiessa käytetään samoja periaatteita kuin oppikirjassa, eli huomioitavat seikat ovat selvät havainnot, työohjeiden selkeys, kemian ja ruoanlaiton läheinen yhteys sekä selvästi esiin tuotu teoria, joka liittyy tehtävään työhön. Työohjeissa vuorovaikutuksellisuuteen pyritään ohjaavilla kysymyksillä, jotka esitetään työhön liittyvän teorian jälkeen. Näiden avulla ohjataan oppilasta luonnontieteellisen asiasisällön pohtimiseen ja työtapojen oikeanlaiseen toteuttamiseen.

### 10.3.1. Tutkimus suklaan rakenteesta

Ensimmäisessä työssä suoritetaan tutkimus suklaan rakenteesta sekä siihen liittyvistä tekijöistä (Liite 2). Työ liittyy läheisesti seoksiin, jota käydään yläkoulussa ja lukiossa. Työ kestoksi arvioitiin kohderyhmä huomioon ottaen 30-45 minuuttia. Työ toimii johdantona suklaaseen liittyvään kemiaan, ja siinä havainnoidaan suklaan rakennetta kahdessa tapauksessa, jotka ovat suklaan rakenne suklaalevyssä sekä sulatettu ja uudelleenjäähmetetty suklaa.

Suklaapala sulatetaan ja jäähmetetään uudelleen. Käsitellyn suklaapalan rakennetta, ulkonäköä ja makua verrataan suklaalevystä otettuun palaan. Kun suklaapalan sulattaa ja jäähmettää sattumanvaraisesti, kaakaovoin sisältämä rasva nousee suklaan pintaan. Tämä on nähtävissä vaaleana kerroksena suklaan päällä. Koska nyt suklaasta on tullut kiinteä heterogeeninen seos, suklaan maku ei ole tasainen ja on jopa mauton suklaalevyn suklaaseen nähden. Työtä voidaan nopeuttaa siten, että suklaapalat sulatetaan valmiiksi, jolloin oppilaan vastuulle jää suklaapalojen ominaisuuksien tarkasteleminen. Tämä voi olla kannattavaa, sillä silloin suklaalla on enemmän aikaa muuttua heterogeeniseksi seokseksi, mikä osaltaan korostaa sitä, mitä suklaan ominaisuuksille tapahtuu muutoksen aikana. Nopeasti jäähmetetyn suklaan rakenne lämpimässä ja kosteassa tilassa säilytyksen jälkeen havainnollistettu kuvassa 33.



**Kuva 33:** Kaakaovoin rasva, joka on noussut suklaan pinnalle. Huomaa suklaan rakeinen rakenne.

Tutkimus suklaan rakenteesta on toimiva tilaisuus havainnollistaa, mikä on suklaan vaikutuspinta-alan ja sulamisnopeuden yhteys. Työhön voidaan kehittää vaihtoehtoinen koeasetelma, jossa sulatetaan kokonainen suklaapala sekä suklaapala, joka on pilkottu pienempiin osiin tai jopa hienonnettu kokonaan. Tämä voidaan yhdistää siten myös muihin ilmiöihin, esimerkiksi hienosokerin ja tomusokerin veteen liuottamiseen liittyvät erot. Lisäksi sulatettu suklaa voidaan kokeilla jähmettää nopeasti nestetyellä. Tehdyt havainnot voidaan perustella riippuen siitä, vaikuttaako todella nopea jähmetys kaakaovoin rasvan liikkeeseen vai ei. Kaakaorasvan pintaan nousemiseen kannattaa varata aikaa, joten suklaan sulatus kannattaa suorittaa esimerkiksi edellisen tunnin lopussa. Ensimmäisen työn tehokkuusmatriisi on esitetty taulukossa 13.

**Taulukko 13:** Johdattelevan suklaatyön oppimisen tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	<p>Oppilas osaa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pohtia vaikutuspinta-alan ja suklaan sulamisnopeuden yhteyttä.</li> <li>- tarkastella suklaan rakenteen ja maun yhteyttä.</li> <li>- tehdä ennakkokäsityksiä rakenteiden ja maun erossa.</li> <li>- muodostaa ennakkokäsityksiä myös vaihtoehtoisista koeasetelmista.</li> </ul>	<p>Oppilas osaa selittää</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tehdyt havainnot homo- ja heterogeenisiin seoksiin.</li> <li>- suklaassa esiintyvät faasit sekä niiden muutokset sattumanvaraisessa lämmityksessä.</li> </ul>
Oppimisen taso	<p>Oppilas vertailee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mitä eroja on kokonaisen suklaapalan sekä pilkotun suklaapalan sulamisen välillä (aika, suklaasulan tasaisuus).</li> <li>- kuinka jäädytysajan pituus vaikuttaa suklaan rakenteeseen (nestetyppi vs. huoneenlämpö vs. jääkaappi).</li> </ul>	<p>Oppilas osaa selittää</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- homo- ja heterogeenisuuden käsitettä sekä hahmottaa, missä muualla esiintyy homo- ja heterogeenisia seoksia (esimerkiksi sokerin liuottaminen, kermavaahto, toisaalta majoneesin juoksettuminen).</li> <li>- reaktiopinta-alan vaikutusta reaktionopeuteen (lämpö, sekoittaminen, suklaan pilkkominen).</li> </ul>

Työn alussa on hyvä esitellä oppilaalle homogeeninen seoksen käsite. Suklaalevyn suklaa on homogeeninen seos, sillä sen koostumus on samanlainen kauttaaltaan. Suklaalevyn suklaa koostuu maidon tuomasta vedestä, kiinteistä kaakaopartikkeleista ja kaakaovoin rasvasta. Oppilas tulee ohjata tekemään havaintoja siitä, mitä tapahtuu, kun suklaa altistetaan lämpimiin ja mahdollisesti kosteisiin olosuhteisiin. Tällöin muodostuu heterogeeninen seos, jossa kaksi eri faasia erottuvat toisistaan. Kaakaovoin rasva nousee suklaan pinnalle, kun kosteus pääsee suklaaseen ja liuottaa suklaassa olevan sokerin. Lisäksi suklaan kiinteät kaakaopartikkelit imevät itseensä kosteutta ja turpoavat, jolloin suklaan rasva nousee pintaan. Selkeät havainnot tulee esitellä selkeillä syy-seuraus-suhteilla, jolloin teoria ja havainnot on helpompi rinnastaa keskenään ja oppilas harjaantuu tekemään kokeellista työskentelyä pohtien ilmiöiden syy-seuraussuhteita. Lisäksi koska suklaa sulatetaan itse, voidaan tehdä havaintoja, kuinka suklaa saadaan sulamaan mahdollisimman nopeasti ja tasaiseksi. Tämä kehittää oppilaiden kykyä toimia laboratoriossa tehokkaasti.

Työ liittyy suuntaa-antavasti orgaaniseen kemiaan, mutta johdatteleva työ korostaa enemmän havaintojen tekemistä ja analyttistä käsittelyä. Työ ei yksistään toimi pedagogisesti hyvin, vaan se on rinnastettava johonkin toiseen työhön, joka liittyy läheisesti suklaaseen ja sen ominaisuuksien tarkasteluun. Suklaan sulamisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä voidaan työssä tarkastella esimerkiksi vertaamalla kokonaisen suklaapalan ja paloitellun suklaan sulamisnopeutta. Toisaalta suklaan jähmettämiseen vaikuttavia tekijöitä voidaan pohtia työssä ja resurssien niin salliessa kokeilla jähmettää suklaa nestetyypellä. Kun suklaapala on jähmetetty uudelleen, oppilas tekee havaintoja suklaapalan rakenteesta, ulkonäöstä ja mausta. Tämä ohjaa oppilasta tekemään kokeellisesta työstä havaintoja, mikä on oleellinen taito kokeellisessa työskentelyssä.

Työohjeessa ohjataan oppilasta tekemään ennakkokäsityksiä työssä tehtävistä havainnoista. Ennakkokäsitykset voivat herättää keskustelua, sillä ne voivat vaihdella paljon oppilaiden välillä. Tämä voi johtua siitä, että kaikki eivät ole havainneet vaaleaa kerrosta huonosti säilytetyn suklaan pinnalla tai osaa selittää, mistä se johtuu. Johdattelevassa suklaatyössä on selvät havainnot, mikä mahdollistaa oppilaiden ennakkokäsitysten haastamisen ja täten muistijäljen muodostamisen. Suklaan vaalean kerroksen lisäksi suklaan rakenteesta tulee todella rakeinen ja suklaasta tulee hieman mautonta.

Tutkimuksessa suklaan rakenteesta on vain yksi selkeä havainto, joka on yhdistettävissä kokeessa käytävään asiasisältöön. Tämä havainto yhdistetään suklaassa tapahtuviin

faasimuutoksiin, ja niitä korostetaan esimerkiksi sarjakuvan avulla. Työ aktivoi ajattelemaan ohjaamalla oppilasta tekemään ennakkohavaintoja esimerkiksi vertaamalla kokeen lopputuloksia eri suklaalaatujen välillä. Johdatteleva suklaatyö ei yhdistä malleja, vaikka se perustuukin selkeisiin aistihavaintoihin. Koe voidaan suorittaa avoimena tutkimuksena selvittämällä suklaan kaakaovoin rasvojen nousemista pinnalle eri suklaalaatujen osalta. Erityisesti valkosuklaaseen liittyvät löydökset voivat olla kiintoisia, sillä valkosuklaassa ei ole ollenkaan kaakaopartikkeleita, jotka ottaisivat itseensä kosteuden tuomaa vettä, jolloin rasvaa ei nouse suklaan pinnalle merkittävästi. Myös havaintojen selkeys voi jäädä vähäiseksi, sillä pintaan noussut vaalea rasvakerros ei näy merkittävästi valkosuklaan pinnalla.

Tutkimus suklaan rakenteesta perustuu havaintojen tekemiseen. Saadun datan perusteella voidaan päätellä kosteuden vaikutusta suklaan rakenteeseen, ulkonäköön ja makuun. Dataa voidaan havainnoida kaikilla aisteilla, mikä tekee saadusta datasta varsin kattavaa. Suklaan rakenteeseen liittyvä tarkka asiasisältö voi olla monimutkaista, mutta yksinkertaistamalla se esimerkiksi sarjakuvan muotoon voi helpottaa sen omaksumista. Jos tutkimus tehdään useasta eri suklaalajista, tuloksien raportointien nojalla voidaan tarkastella eri suklaalaatujen välisiä eroja. Toisaalta koska kyseessä on johdatteleva suklaatyö ja tarkoitus on nostaa suklaan pinnalle kaakaovoin rasva, tällainen tutkimuksellisuus voi olla epäoleellista.

Tutkimus suklaan rakenteesta on kokeellinen työ, jossa työn pääkohta on selkeän vaalean kerroksen muodostaminen suklaan pinnalle. Työssä on paljon liikkumavaraa, sillä opettaja voi sulattaa suklaapalan itse valmiiksi oppilaita varten tai antaa oppilaille tehtäväksi sulattaa eri suklaalaatuja ja tarkastella, kuinka suklaalaatu vaikuttaa rasvakerroksen nousemiseen. Työ ei yksinään havainnollista mitään, vaan siihen sivuun on keksittävä muita töitä, joissa tarkastellaan suklaan ominaisuuksia, kuten tässä tutkielmassa keksityt sulamispistetyö ja työ suklaan temperoinnista.

### **10.3.2. Suklaan sulamispisteen tutkiminen**

Toisessa työssä suoritetaan suklaan sulamispisteen tutkiminen (Liite 2). Työ liittyy läheisesti analyttisiin menetelmiin, joita käydään paljon yläkoulun ja lukion aikana. Työ kestoksi arvioitiin noin 30 minuuttia. Mikäli haluaa havainnollistaa esimerkiksi maitosuklaan ja tumman suklaan sulamispisteiden eroja, työhön voidaan käyttää 60-75 minuuttia. Opettajan tehtävä on tässä työssä valvoa, että oppilaat tekevät itse havaintoja ja suorittavat mittausta tehtävänannon mukaisesti. Opettajan tulee myös valvoa suklaan sulamiseen liittyvän kuvaajan piirtämistä sekä

ohjata havainnoimaan eroja suklaalevyn suklaaseen ja itse jähmetettyyn suklaaseen liittyvien lämpötiläkäyrien piirtämistä. Sulamispistetyön tehokkuusmatriisi on esitetty taulukossa 14.

**Taulukko 14:** Sulamispistetyön tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas tekee aktiivisesti havaintoja, mitä suklaan kuumennuksessa tapahtuu. Oppilas oppii käyttämään analyyttisiä menetelmiä (ajanotto, lämpötilan kirjaaminen). Oppilas oppii muodostamaan kuvaajia erilaisista ilmiöistä.	Oppilas osaa selittää - sulamispisteen käsitteen ja sen vaikutusta kokeellisuuteen - kuinka reaktiopinta-ala vaikuttaa kokeelliseen työskentelyyn ja sen ilmiöihin - kuinka käytävät käsitteet vaikuttavat kuvaajan laatimiseen
Oppimisen taso	Oppilas osaa - muodostaa työssä kuvaajan. - tulkita mittaamansa dataa - pohtia tarvittaessa erilaisia satunnaisvirheitä sekä niiden vaikutusta tuloksiin.	Oppilas osaa soveltaa - sulamispisteisiin liittyviä analyyttisiä menetelmiä muissa sulamispistetoissa. - soveltaa reaktiopinta-alaa muissa töissä

Tässä työssä selkeää havaintoa tutkitaan analyyttisesti seuraamalla lämpötilaa suklaan eri vaiheissa. Samalla oppilas saa käsityksen suklaan kaakaovoin rasvakiteiden sulamispisteistä, mikä on tärkeää, kun oppilas temperoi suklaata työn 3 mukaisella työohjeella. Sulamispistettä tutkitaan vähintään kahdessa tapauksessa, jotka ovat näytteet suklaalevyn suklaasta ja oppilaan tai opettajan itse sulattamasta ja jähmettämästä suklaasta.

Suklaan sulamispistetyöllä voidaan soveltaa peruskoulun ja lukion opetussuunnitelman (POPS, 2014; LOPS, 2016) suosittamia asiasisällöllisiä käsitteitä, ja siinä tarvitaan laboratoriossa tärkeitä analyysitaitoja. Työ edellyttää oppilailta lämpötilan seuraamista, havaintojen kirjaamista sekä kuvaajien piirtämistä. Työhön liittyvät asiasisällöt voidaan tässä työssä avata, sillä suklaan sulaminen liittyy kaakaovoin rasvakiderakenteiden hajoamiseen, jotka ovat keskiössä suklaan temperoinnissa. Rasvakiderakenteiden käsittely voi olla pedagogisesti hyvin monimutkaista, joten kuvien käyttäminen siinä voi olla elintärkeää.



Sulamispistetyö voidaan katsoa olevan vuorovaikutuksellinen. Oppilaasta edellytetään muodostamaan ennakkokäsityksiä sekä pohtimaan omia henkilökohtaisia havaintoja suklaasta. Lisäksi oppilaalta kysytään ennakkokäsityksiä työvaiheista, jotta työvaiheet tehdään varmasti oikealla tavalla ja data otetaan halutulla ja mielekkäällä tavalla talteen. Data esitetään muulle ryhmälle kuvaajineen, ja oppilaat voivat esittää siitä omat tulkintansa.

Työssä on muutama pääkohta, jotka liittyvät pääosin analyyttiseen työskentelyyn. Näitä ovat havaintojen tekeminen kokeesta, ajan ottaminen, lämpötilan mittaaminen sekä datan kerääminen kuvaajan muotoon. Datan tulkintaa myös harjoitellaan, sillä työssä tutkitaan kahden eri suklaan sulamispistekäyrää. Johdattelevissa kysymyksissä tarkistetaan oppilaan taidot analyyttisessä työskentelyssä ja tarvittaessa kerrataan tai opetetaan ne. Sulamispistetyössä tehdään selviä havaintoja, mutta se ei esitele näkyvästi mitään luonnontieteisiin liittyviä malleja, vaan työ keskittyy käytännön työskentelyyn liittyviin asioihin. Kokeellisessa työskentelyssä on vain muutama selkeä pääkohta. Kokeellinen työskentely aktivoi ajattelemaan jo ennen sen suorittamista. Kokeellinen työskentely yhdistää malleja ja työssä tehtäviä aistihavaintoja. Tutkimukseen voi tarvittaessa lisätä avoimuutta tutkimalla useiden eri suklaalaatujen sulamispisteitä sekä sitä, kuinka esiin noussut rasvakerros vaikuttaa kunkin suklaan sulamispisteeseen. Tällöin saadaan tarkempaa dataa ja vankempia käsityksiä suklaan ominaisuuksista.

Oppilasta ei edellytetä tekemään ennakkokäsityksiä itse ilmiöstä muuten kuin määrittämällä omien kokemusten perusteella suklaan sulamispiste ylimalkaisesti. Oppilas joutuu itse muodostamaan ennakkokäsityksiä koeasetelmasta, tekemään havaintoja ja tekemään johtopäätöksiä tuloksista. Kokeelliseen työskentelyyn voidaan tuoda avoimuutta vertailemalla eri suklaalaatujen ja jopa raakasuklaan sulamispisteitä sekä vertaamalla niiden sulamispisteitä sekä sulamispistekäyriä keskenään. Oppilasta voidaan myös ohjata tarkastelemaan kunkin suklaalaadun ravintosisältöarvoja ja pohtimaan, mikä yhteys niillä on suklaan ominaisuuksien kanssa.

Sulamispistetyö on suorituksen kannalta varsin yksinkertainen, sillä siinä tarkastellaan vain suklaan sulamispistettä. Suklaan sulaminen on itsessään erittäin selkeä havainto, joka toteutetaan vesihauteessa. Siihen ei liity ylimääräisiä ilmiöitä kuten suklaan palaminen tai muut epätoivottavat reaktiot. Kokeellinen työskentely ohjaa seuraamaan havaintoja sekä tulkitsemaan saatua dataa. Kokeelliseen työskentelyyn ei liity ilmiöitä tai muita muuttujia, jotka haittaavat havaintojen tekemistä tai johtopäätösten muodostamista.

Työstä saatava data eli sulamispistekäyrä sekä niiden tulkinnat on mahdollista esittää selvästi muulle ryhmälle. Datasta saadaan selville, kuinka suklaan homogeenisyys vaikuttaa suklaan sulamispisteeseen ja kuinka eri suklaiden sulamispisteet eroavat toisistaan. Työn selkeät havainnot ja data helpottavat tulosten esittämistä.

Suklaan sulamispistetyö on selkeisiin havaintoihin perustuva analyttinen työ, jonka avulla voi tutkia monen eri suklaan ominaisuuksia. Työssä voidaan verrata keskenään samasta suklaasta saatujen palojen sulamispisteitä.

### **10.3.3. Suklaan temperointityö**

Kolmannessa työssä suoritetaan suklaan temperointi (Liite 2). Työ liittyy läheisesti kahteen edelliseen työhön, jotka painottuvat havaintojen tekemiseen ja analyttisiin menetelmiin. Työ kestoksi arvioitiin noin 60 minuuttia, koska työssä voidaan tarvittaessa temperoida useita suklaatyyppejä tai saada edes jokin suklaalajeista temperoitumaan. Huomioitavaa on, ettei suklaan temperoiminen ole helppo työ ainakaan ilman lämpömittaria, sillä rasvakiteiden toivottu kiteytyminen voi olla hankalaa toteuttaa, koska rasvakiteiden sulamispisteet ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Suklaan temperoimistyön tehokkuusmatriisi on esitetty taulukossa 15.

**Taulukko 15:** Suklaan temperoinnin tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas oppii seuraamaan seoksen lämpötilaa tarkasti. Oppilas osaa temperoida suklaata käyttämällä hyväksi sen ominaisuuksia.	Oppilas osaa selittää - sulamispisteen käsitteen suklaan rakenteen muuttamisen yhteyttä. - rasvakiteiden muodostumista temperoinnin eri vaiheissa.
Oppimisen taso	Oppilas osaa hahmottaa rasvakiteiden järjestäytymisen temperoinnin eri vaiheissa Oppilas havainnoi suklaan rakenteen muutosta ja raportoi niistä.	Oppilas osaa selittää - miten rasvakiderakenteita tulee muuttaa, jotta saadaan kovaa ja napsahtavaa suklaata. - eri suklaalaatujen temperointiin liittyviä eroja ja osaa perustella ne.

Temperointityössä käytetään hyväksi kahdessa edellisessä työssä tehtyjä havaintoja ja tuloksia ja sovelletaan niitä käytännön työtapaan, joka liittyy kiinteästi makeisten valmistukseen. Työssä korostetaan rasvakiderakenteiden muodostumiseen liittyvää teoriaa entistä kiinteämmin, sillä se on keskeinen asia temperointityön onnistumisessa. Lisäksi tämä soveltava työ vaatii entistä enemmän tarkkuutta, mikä harjaannuttaa oppilaiden taitoja analyyttisessä työskentelyssä. Koska työn toteuttaminen onnistuneesti voi olla hankalaa, on hyvä käyttää hyväksi luoda oppimisen elämyksiä myös epäonnistumisten kautta.

Kokeellinen työ liittyy läheisesti kahteen edelliseen työhön, joten suklaan temperointityö soveltaa opetussuunnitelman suosittelemia kemian käsitteitä. Työssä tehtävät havainnot ovat selkeitä, jos työssä suoritettavat työvaiheet toteutetaan oikein ja onnistuneesti, mikä ei ole aina itsestäänselvyys. On siis mahdollista, ettei merkittäviä ja selkeitä havaintoja saada ainakaan ensimmäisellä kerralla. Rasvakiteisiin sekä niiden muodostumiseen liittyvä asiasisältö voi olla todella hankala hahmottaa pelkän tekstin avulla, joten siihen liittyvä sarjakuva voi havainnollistaa huomattavasti selkeämmin ja yksinkertaisemmin tarkasteltavaa ilmiötä.

Kuten kahdessa edellisessä työssä, työtä varten on laadittu johdattelevia kysymyksiä. Niiden tarkoitus on perehdyttää oppilas suklaan temperointiin liittyviin työvaiheisiin. Suklaan temperoinnin epäonnistuminen riski myös mahdollistaa virheiden käsittelyn

vuorovaikutuksellisesti. Suklaan temperoimistyö yhdistää hyvin kokeellisesti todettuja suklaan kaakaovoin rasvakiderakenteiden sulamispisteitä, kiderakenteiden muutoksia temperoinnin aikana sekä aistihavaintoja, eli pehmeän suklaan muuttumista kovaksi ja napsahtelevaksi.

Suklaan temperoimistyössä haluttu lopputulos sekä niiden perustelut on esitelty konkreettisesti työohjeessa. Oppilailta ei siis ole syytä kartoittaa ennakkokäsityksiä kokeen lopputuloksesta. Oppilas tekee selviä havaintoja vasta prosessin loppuosassa, jossa suklaa jähmetetään kovaksi ja napsahtelevaksi suklaaksi, mutta vain silloin, kun oppilas on temperoinut suklaan oikeilla lämpötiloilla sekä toteuttanut työvaiheet oikein. Mikäli temperointi sujuu oppilailta, he voivat kokeilla temperoida eri suklaalajeja sekä tehdä havaintoja niiden temperointilämpötiloista. Työhön liittyvän datan kerääminen on varsin helppoa, sillä dataa kerätään lämpötilamuutosten aikana. Työn onnistumista ja erityisesti epäonnistumista voidaan pohtia asiakeskeisesti, joka on myös eräs tapa kerätä dataa. Huomioitavaa on, että työtä ei voi teettää täysin avoimena tutkimuksena, sillä kyseessä voi olla haastava tapa käsitellä suklaata, joten selkeät työvaiheet on oltava jatkuvasti nopeasti saatavilla.

Suklaan temperoimistyö ohjaa seuraamaan suklaan lämpötilaa temperoinnin eri vaiheissa. Se myös ohjaa oppilaita noudattamaan ohjeita pilkuntarkasti sekä tarvittaessa kokeilemaan eri temperoimislämpötiloja, jotka voivat vaihdella eri suklaavalmistajien välillä. Työhön liitettävän teorian avulla voidaan havainnoida, miksi temperointi onnistuu tai epäonnistuu. Työhön ei liity temperoinnin epäonnistumisen ohella muita ylimääräisiä ilmiöitä, jotka haittaisivat työn etenemistä tai havaintojen tekemistä. Temperointi voi epäonnistua oppilaalta helposti, joten epäonnistumisia kannattaa käsitellä asiasisältökeskeisesti mahdollisimman paljon ja varata aikaa uusintayrityksille. Esimerkkitapaus epäonnistuneesta temperoinnista on esitetty kuvassa 34. Siinä suklaa on jäänyt pehmeäksi ja helposti sulavaksi. Suklaa on mattapintainen eikä napsahtele.



**Kuva 34:** Epäonnistunut yritys temperoida suklaata. Huomaa suklaan mattamainen ulkonäkö sekä sormille sulanut suklaa.

Työssä onnistuvat oppilaat voivat kokeilla muita suklaalaatuja tai keskustella omista havainnoistaan. Kokeelliseen työskentelyyn ei liity ilmiöitä tai muita muuttujia, jotka haittaavat havaintojen tekemistä tai johtopäätösten muodostamista. Suklaan temperoimistyö ohjaa argumentointeihin vain, mikäli työ epäonnistuu ja niihin etsitään syitä tai toisaalta ehditään temperoida onnistuneesti useampia eri suklaalaatuja. Eri suklaalaatuja temperoidessa voidaan havainnoida eroja temperoimislämpötiloissa ja perustella niitä asiasisältökeskeisesti käyttämällä tietopohjaa suklaan kaakaovoin rasvakiderakenteista sekä niiden eroista eri suklaalajien välillä.

Suklaan temperointityö on työ, joka soveltaa työssä 1 ja 2 tehtyjä havaintoja suklaan ominaisuuksista. Työohjetta kehittäessä kannattaa kiinnittää huomiota asiasisällön korostamiseen, sillä työ voi hankalahkojen työvaiheiden takia mennä vaihe vaiheelta suorittamiseen. Työssä kannattaa korostaa, että epäonnistuminen on myös mahdollisuus oppia suklaan ominaisuuksista sekä tieteistä yleisestikin. Työ vaatii analyyttistä tarkkuutta, joten lämpötilan mittaaminen elektronisilla välineillä tai jopa tieto- ja viestintäteknologialla on erittäin suositeltavaa.

#### **10.3.4. Karamellisaatiotyö**

Neljännessä esimerkkityössä käsitellään karamellisaatioreaktiota valmistamalla karamellikastike (Liite 3). Työ painottuu kahden edellisen työn tapaan havaintojen tekemiseen.

Siinä valmistetaan kolme erilaista karamellikastiketta, jotka eroavat toisistaan värin vuoksi. Näiden värien, aromien ja makujen erot voidaan selittää sillä, kuinka pitkälle karamellisaatioreaktio saatetaan kuumennettaessa sokeria. Jos kaikkia karamellikastikelaatuja kokeillaan, työhön tulee varata noin 60-75 minuuttia.

Huomioitavaa on, ettei työssä kannata kiinnittää liikaa huomiota siihen, mitä tuotteita karamellisaatioreaktiossa syntyy, koska niitä on paljon ja jotkut tuotteet voivat olla todella monimutkaisia ja vaikea määrittää tarkasti ainakin yläkoulu- ja lukiotasolla. Sen sijaan kannattaa painottaa sokerin ominaisuuksia ja rakenteen muutoksia korkeissa lämpötiloissa. Lisäksi pelkkää sokeria kuumennettaessa on oltava varuillaan, ettei sokeri pala, sillä silloin muodostuu erittäin kitkerää savua, joka helposti voi täyttää työtilan. Tästä syystä sokeriin lisätään vettä, eikä tarvitse tehdä erityisiä järjestelyjä ilmanvaihdon suhteen. Karamellisaatiotyön tehokkuusmatriisi on esitetty taulukossa 16.

**Taulukko 16:** Karamellisaatioon liittyvän työn tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas tarkastelee värin ja aromin muutosta sokerin kuumennuksen aikana. Oppilas tarkastelee rakenteen muutosta, kun sokeriseokseen lisätään kermaa ja vaniljaa.	Oppilas osaa selittää - karamellisaatioreaktion kulun. - karamellisaatioreaktion tuotteita sekä niiden vaikutuksia makuun ja rakenteeseen.
Oppimisen taso	Oppilas esittää värin ja aromin muutoksen sekä päättelee joitakin yhdisteitä, jotka syntyvät reaktiossa. Oppilas osaa selittää rakenteen muutoksen eri vaiheissa karamellikastikkeen valmistuksessa.	Oppilas osaa selittää, että - karamellisaatiota käytetään muissakin elintarvikkeissa, kuten fudgessa ja paahtovanukkaan sokerikuorrutuksessa.

Työssä valmistettava kinuskikastikkeen maku ja aromi perustuvat pääosin karamellisaatioreaktioon, joka on havaittavissa työn ensimmäisissä vaiheissa, jossa ruskistetaan sokeria. Karamellisaatioreaktion eteneminen riippuu siitä, kuinka kauan sokeria ruskistetaan korkeissa lämpötiloissa. Johdattelevissa kysymyksissä kehoitetaan ottamaan selvää

karamellisatiassa syntyvistä tuotteista, mikä aktivoi ajattelemaan tarkastelevaa ilmiötä sekä ottamaan selvää, mitkä yhdisteet vaikuttavat karamellikastikkeen makuun ja aromiin.

Karamellikastikkeen valmistus tarkastelee orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia, tarkemmin sitä, että tietyt orgaaniset yhdisteet hajoavat korkeissa lämpötiloissa. Työ voidaan suorittaa osana esimerkiksi lukion kemian toista kurssia, joka käsittelee orgaanisia yhdisteitä sekä niiden ominaisuuksia. Työssä kannattaa korostaa sokerin hajoamista eri yhdisteiksi, joka määrittää keskeisesti karamellikastikkeen maun ja aromin. Makua ja aromia tarkastellessa kannattaa ohjata oppilasta pohtimaan, mitkä yhdisteet saavat aikaan karamellin maun ja aromin.

Työ ohjaa vuorovaikutukselliseen työskentelyyn johdattelevien kysymysten sekä aktiivisten havaintojen tekemisen ja kirjaamisen avulla. Työssä esitettävä datan muodostaa aromien kuvailu sekä se, mitkä yhdisteet saattavat vaikuttaa kyseisen karamellikastikkeen makuun. Samalla voidaan pohtia sokerin ruskistamisajan ja karamellikastikkeen värin välistä yhteyttä.

Karamellikastiketyön keskeiset ilmiöt havaitaan työn ensimmäisissä vaiheissa sokerin ruskistamisen yhteydessä. Sokerin ruskistamisen jälkeen karamellisatioreaktiota tarkastellaan vasta makua ja aromia tarkastellessa, joten on oltava tarkkana, että karamellisatioreaktiota korostetaan työhjeessa tarpeeksi. Loput työvaiheet suoritetaan karamellikastikkeen rakenteen ja maun muuttamisen vuoksi. Vaniljan lisäämisen voisi jättää siksi pois, mikäli haluaa korostaa työssä syntyviä yhdisteitä. Karamellisatiassa kannattaa myös korostaa, että makeasta sokerista muodostuu hieman kitkerämpiä ja vivahteikkaampia yhdisteitä. Reaktio tulee havainnollistaa kuvilla, jotta karamellisatioon liittyvä ilmiö on oppilaille selvempi.

Keskeiset työhön liittyvät havainnot ja myös ennakkokäsitykset tehdään työn alussa, kun sokeria ruskistetaan. Oppilas voi ennakoida, mitä sokerin värille käy, kun sitä kuumennetaan kauemmin. Samalla oppilas voi tehdä ennakkokäsityksiä karamellikastikkeen mausta ja erityisesti sen mausta. Työssä ei tapahdu ilmiöitä, jotka vaikuttavat sokerin karamellisoitumisen havainnoimiseen. Karamellikastikkeen makua ja väriä voidaan havainnoida ja perustella omien aistihavaintojen perusteella. Argumentointia voi haitata se, että värien ja makujen kuvailu on havainnoijasta itsestä kiinni, joten esimerkiksi saman kastikkeen kanssa saadaan monenlaisia eri havaintoja. Tärkeää on pitää mielessä karamellisatioon liittyvä asiasisältö sekä karamellisatioreaktion kulku. Sakkarooosi hajoaa lämmön vaikutuksesta glukoosiksi ja fruktoosiksi, jotka hajoavat eteenpäin eri orgaanisiksi yhdisteiksi, esimerkiksi etikaksi.

Karamellikastiketyössä merkittävimmät havainnot tehdään työn alkuvaiheessa, sillä sokeri ruskistetaan ennen muiden aineiden lisäämistä. Koska karamellikastike kannattaa nauttia vaikkapa pikkuleipien kanssa, sen rinnalla kannattaa teettää työ Maillard-reaktiosta, jossa paistetaan pikkuleipiä. Tämä yhdistäisi jatkumollisesti karamellisaatio- ja Maillard-reaktioon liittyviä asiasisältöjä.

### **10.3.5. Maillard-reaktiotyö**

Viidennessä työssä suoritetaan Maillard-reaktioon liittyvä työ, jossa ruskistettiin sipulia (Liite 4). Työ liittyy läheisesti karamellisaatioon, jonka tapahtuminen edesauttaa Maillard-reaktion etenemistä. Työ kestoksi arvioitiin noin 75-90 minuuttia, koska sipulin paistaminen voidaan suorittaa eri olosuhteissa. Työssä kypsytetään sipuli hitaasti alhaisessa lämpötilassa, korkealla lämpötilassa nopeasti sekä tutkia, kuinka ruokasoodan lisääminen vaikuttaa Maillard-reaktion etenemiseen kummassakin tilanteessa ja kuinka se vaikuttaa sipulien makuun ja rakenteeseen. Maillard-reaktion asiasisältö voi olla paikoitellen monimutkaista, koska sen mekanismi voi olla hankala hahmottaa. Toisaalta Maillard-reaktion nopeuteen vaikuttavia tekijöitä on helppo tarkastella ja ne käydään läpi kolmessa eri kokonaisuudessa. Maillard-reaktioon liittyvän työn tehokkuusmatriisi on esitetty taulukossa 17.



**Taulukko 17:** Maillard-reaktioon liittyvän työn tehokkuuden arviointimatriisi (Ahtineva 2014; Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reis, 2012)

Oppimisen tehokkuus	Selvästi havaittavat kohteet	Kokeelliseen työskentelyyn liittyvät käsitteet
Tekemisen taso	Oppilas tekee havaintoja eri koeasetelmista.  Oppilas pohtii havaintojensa perusteella, millainen on ihanteellinen koeasetelma Maillard-reaktiolle.	Oppilas osaa selittää - mitä Maillard-reaktiossa tapahtuu - mitkä ovat Maillard-reaktioon vaikuttavat tekijät - mikä yhteys ylläolevilla on Maillard-reaktion ensimmäisessä vaiheessa
Oppimisen taso	Oppilas pohtii havaintojensa perusteella, millainen on ihanteellinen koeasetelma Maillard-reaktiolle.  Oppilas osaa perustella Maillard-reaktion ominaisuuksia sen nopeuteen vaikuttavien tekijöiden nojalla.  Oppilas osaa ennakoida, mitä reaktionopeudelle tapahtuu, kun kokeen olosuhteita muutetaan.	Oppilas osaa selittää - reaktioon vaikuttavia tekijöitä sekä tarkastella niitä muissa orgaanisissa reaktioissa. - olosuhteiden happamuuden tai emäksisyyden vaikutuksen orgaanisissa reaktioissa. - orgaanisten yhdisteiden pelkistymisreaktioita

Maillard-reaktioon liittyvä työ on eroteltu selvästi neljään eri kokonaisuuteen, jossa tarkastellaan kunkin tekijän vaikutusta Maillard-reaktion kulkuun. Opiskelija huomaa selvästi, että Maillard-reaktion nopeuteen vaikuttaa neljä tekijää, jotka ovat lämpötila, kosteus, emäksisyys ja sokerin eli lähtöaineen määrä.

Käytännön työskentely yhdistää havaintojen tekemistä ja teorian oppimista kiinteästi tarkastelemalla reaktioon liittyviä tekijöitä erillisissä tapauksissa. Näissä tapauksissa saadaan jokaisessa tapauksessa selvä ero eri koeasetelmien välille. Täten saadaan tehtyä johtopäätöksiä, millaisissa olosuhteissa sipuli ruskistuu nopeimmin, ja toisaalta millaisissa olosuhteissa saadaan ruskistettua hyvänmakuista sipulia. Koska jokaisessa koeasetelmassa tarkastellaan samaa reaktiota erilaisissa olosuhteissa, oppilas voi tarkastella Maillard-reaktioon liittyviä tekijöitä ja yleisesti tyypeä sisältävien orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia. Tämä työ tuo erityisen hyvin esille proteiinien ja aminohappojen ominaisuuksia orgaanisina yhdisteinä.

Maillard-reaktio liittyy kiinteästi orgaaniseen kemiaan, jota käydään esimerkiksi lukion kemian toisella kurssilla. Työ tuo esille, kuinka elektronegatiivisuus vaikuttaa orgaanisen yhdisteen ominaisuuksiin. Tässä se on typpi, joka esiintyy hyvin tyypillisesti orgaanisessa kemiassa. Työssä tehtävät havainnot ovat selkeitä ja ne voidaan havainnoida kaikilla aisteilla, kunhan sipuleita ei polta täysin mustiksi. Koska Maillard-reaktio kokonaisuudessaan on monimutkainen sarja reaktioita, joiden tuotteet ovat vaikea yksilöidä, on järkevä painottaa sen ensimmäiseen vaiheeseen, joka määrittää Maillard-reaktion tapahtumisen ja korostaa tyypeä sisältävien orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktiivisuutta eri olosuhteissa. Sipulien ruskistustyön voi siis sisällyttää orgaaniseen kemiaan liittyviin töihin, kunhan Maillard-reaktioon liittyvän asiasisällön yksinkertaistaa järkevästi ja korostaa aminohappojen ja proteiinien ominaisuuksia orgaanisina yhdisteinä. Tällöin kannattaa hahmotella oppilaille Maillard-reaktion ensimmäinen työvaihe, jolloin syntyy imiini.

Maillard-reaktioon liittyvä sipulien ruskistus ohjaa vuorovaikutukseen johdattelevien kysymysten avulla. Niiden avulla voidaan kartoittaa oppilaiden ennakkokäsityksiä käytävästä asiasta sekä painottaa oppilaille havaintojen tekemistä. Maillard-työn johtopäätösosiossa voidaan miettiä yhdessä koko luokan kanssa tai pienissä ryhmissä, kuinka saadaan sipuli ruskettumaan mahdollisimman nopeasti ja toisaalta, mitä olosuhteita maukas ruskistettu sipuli vaatii.

Maillard-reaktiota tarkastellaan tässä työssä useissa eri tapauksessa. Työ suoritetaan olosuhteiden muuttamista lukuunottamatta samalla tavalla, joten työvaiheiden yksinkertaisuus auttaa hahmottamaan sipulien ruskistamiseen liittyvää asiasisältöä. Maillard-reaktioon vaikuttaa neljä tekijää ja siksi työssä on neljä eri koeasetelmaa, sekä johtopäätösosio, joissa tehdyt havainnot kiteytetään paistamalla sipulia nopeasti ja paistamalla hyvää sipulia sekä vertaamalla näitä keskenään. Kussakin koeasetelmassa ohjataan tekemään ennakkokäsityksiä, kuinka tietty tekijä vaikuttaa reaktion nopeuteen. Oppilasta myös ohjataan tekemään havaintoja ja ottamaan aikaa siitä, kauan reaktiossa kestää, joten ennakkokäsitysten tarkistaminen on nopeaa ja tarkkaa. Maillard-reaktio on itsessään monimutkainen reaktio, joten sen mallintaminen voi olla hyvin hankalaa. Lisäksi eri reaktioiden nopeuksiin vaikuttavat erilaiset tekijät, mutta tässä työssä reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät on esitelty selkeästi, joten niiden soveltaminen muissa reaktioissa on täysin mahdollista, jopa suotavaa.

Maillard-reaktioon liittyvä sipulien ruskistaminen perustuu täysin ennakkokäsitysten ja havaintojen tekemiseen. Niistä voidaan tehdä johtopäätöksiä ja soveltaa niitä itse

muodostettavaan ihanteelliseen koeasetelmaan. Työ voidaan suorittaa avoimena tutkimuksena siten, että työohjeessa ei esitellä työohjeessa selkeästi eriteltyjä eri koeasetelmia, vaan oppilaan on itse selvitettävä Maillard-reaktion nopeuteen vaikuttavia tekijöitä esimerkiksi kirjallisuuden ja tieto- ja viestintäteknologian avulla. Tiedonhaun jälkeen oppilas muodostaa itse ihanteellisen koeasetelman ja esittää tulokset suullisesti muille oppilaille tai kirjallisesti raporttina. Havainnot ovat selkeitä, sillä Maillard-reaktiossa muodostuu selvästi havaittavia tuotteita, joita voidaan havainnoida näkemällä, haistamalla ja maistamalla.

Työssä tehtävät selkeät havainnot voidaan selittää ja raportoida helposti, sillä kussakin eri koeasetelmassa tarkastellaan eri tekijää, joka saattaisi vaikuttaa Maillard-reaktion nopeuteen. Oppilas voi selittää, kuinka kukin tekijä vaikuttaa reaktion nopeuteen sekä perustella niitä vaihtoehtoisten koeasetelmien epäonnistumisilla. Oppilas voi esimerkiksi todeta, että Maillard-reaktio etenee nopeammin emäksisissä olosuhteissa, sillä etikan lisääminen hidasti reaktiota merkittävästi. Eri koeasetelmat perustuvat selvään vastakkainasetteluun, mikä helpottaa oppilasta pohtimaan Maillard-reaktion nopeuteen vaikuttavia tekijöitä.

Maillard-reaktioon liittyvä työ perustuu selviin havaintoihin ja koeasetelmiin, ja siitä on helppo saada selvää esitettävää dataa. Sipuli elintarvikkeena ei ole välttämättä yleisesti motivoiva, mikä sinällään voi heikentää Maillard-työn motivoivuutta. Huomioitavaa on, että Maillard-reaktioon liittyviä töitä voidaan toteuttaa monella tavalla, mutta sipulien ruskistus on eräs keino tuoda Maillard-reaktion nopeuteen liittyviä tekijöitä erittäin selvästi esille.

### **10.3.6. Yhteenveto**

Esimerkkityöohjeita tarkasteltiin Millar'n peruspilareiden pohjalta sovellettuna kappaleessa. Yhteenveto kyseisestä tarkastelusta on esitettyinä taulukossa 18.

**Taulukko 18:** Johtopäätös esimerkkiteiden tarkastelusta Millar'n sovellettujen peruspilareiden avulla. x = työ täyttää kyseessä olevan peruspilarin, / = työ täyttää osittain kyseessä olevan peruspilarin (Laasala, 2017; Millar, 2004).

	PP 1	PP 2	PP 3	PP 4	PP 5	PP 6	PP 7
Työ 1	x	x	x	x	x		x
Työ 2	x	x	x	x		x	x
Työ 3	x	x	x	x		x	x
Työ 4	x	x	x	x	x	x	x
Työ 5	x	x	x	x	x	x	x

Taulukon 18 mukaan vaikka suklaa onkin kiinnostava konteksti, sen käyttäminen keittiökemiassa voi vaatia tarkkuutta asian yksinkertaistamisessa. Suklaaseen liittyvät kolme ensimmäistä työtä täyttävät melko kattavasti sovelletut kokeellisen työskentelyn peruspilarit huolimatta suklaaseen liittyvän asiasisällön yksinkertaistamisen haasteellisuudesta. Esimerkiksi kaakaovoin rasvan polymorfisuutta voi olla haasteellista havainnoida, jos suklaan temperointi epäonnistuu jatkuvasti.

Työt 4 ja 5, joissa tarkastellaan karamellisaatiota ja Maillard-reaktiota, täyttävät sovelletut kokeellisen työskentelyn peruspilarit erinomaisesti. Syyksi voidaan mainita töiden selkeä jäsentely, helppo toteutus sekä helposti kerättävä data. Molemmissa töissä tarkastellaan samaa ilmiötä eri koeasetelmissa. Karamellisaatiotyössä havaintojen muutosta tarkastellaan sokerin kuumentamisajan muutoksella, Maillard-reaktioon liittyvä työ taas tarkastelee sipulin kypsymistä eri reaktio-olosuhteissa. Molemmissa töissä datan kerääminen on siis varsin helppoa ja tulosten käsittelyssä oppilaat voivat argumentoida rakentavasti tuloksistaan.

## 11. Johtopäätökset

*”Onnistuaksesi käytä saamiasi mahdollisuuksia hyväksi yhtä tehokkaasti kuin teet johtopäätöksiä.”*

- Benjamin Franklin (1706-1790), yhdysvaltalainen diplomaatti ja keksijä

Kyselytutkimuksen tulosten mukaan tunteiden merkitys kemian oppimisessa oli merkittävä. Keittiökemia toi pääosin positiivisia elämyksiä oppilasvierailuilla, koska ne koettiin virkistävänä vaihtelua tyypilliselle kemian tunnille. Oppilaiden kokemat positiiviset elämykset auttoivat muistijäljen muodostamisessa, palautteen vastaanottamisessa, kemian oppimisessa sekä kemian ja arkielämän yhdistämisessä. Keittiökemiaan liittyvät työtavat toteuttivat oppilaille mieleisiä työtapoja, ja ne toivat oppilaille uutta tietoa elintarvikkeiden kemiasta. Tämä näkyy kyselytutkimuksen mukaan oppilaiden suosimissa työtavoissa, joista yksi merkittävimpiä oli laboratoriotyöskentelyn ja opettajan näyttämän kokeen ohella kokeellinen keittiökemia. Keittiökemia ei herättänyt merkittävästi negatiivisia tunteita ja elämyksiä vierailun aikana. Voidaan siis todeta, että keittiökemia on toimiva työtapo kokeellisessa kemian työskentelyssä.

Kyselytutkimuksen tulosten mukaan keittiökemia on toimiva konteksti yläkoulun opetuksessa. Tämä näkyy oppilaiden kokemista positiivisista elämyksistä sekä heidän positiivisista asenteista keittiökemiaa kohtaan. Jatkotutkimuksissa samanlaisen opetuskokeilun voisi suorittaa lukiolaisille ja verrata saatuja tuloksia tässä tutkielmassa suoritettuun kyselytutkimukseen.

Kyselytutkimuksen tuloksista kävi ilmi palautteen merkitys motivaation rakentumisessa. Saatu palaute ei vaikuttanut negatiivisesti oppimiseen vaan joko paransi motivaatiota tai ei vaikuttanut mitenkään motivaatioon kemiaa kohtaan. Palautteen antaminen on hyvin paljon opettajan omasta toiminnasta kiinni, mutta työohjeet voisivat ohjata opettajaa antamaan palautetta oppilaan asiasisällön hallinnasta. Esimerkki tällaisesta toiminnasta on ohjata oppilasta tekemään havaintoja ja perustelemaan ne, kuten esimerkkityöohjeissa on pyritty tekemään. Lisäksi soveltavilla kysymyksillä oppilasta voidaan ohjata soveltamaan opittavaa luonnontieteellistä ilmiötä muissa ympäristöissä. Tämän avulla oppilaalle esitetään selvästi

työn tavoitteet, joiden avulla oppilas voi pohtia omaa oppimista ja argumentoinnin kehittymistä (Töyrylä, 2012; Kuronen, 2013; Ahtineva, 2014).

Kyselytutkimuksen tulosten mukaan keittiökemia luo toimivaa kontekstia kemian oppimiseen. Keittiökemia nähtiin yleisesti positiivisena asiana eikä se tehnyt kemian oppimisesta merkittävästi vaikeampaa. Sukupuolella oli vain paikoitellen merkitystä siinä, kuinka paljon keittiökemia kontekstina aktivoi oppilaita tai kuinka se vaikuttaa oppilaan motivaatioon. Tämä siten täydentää Majurin (2016) havaintoa, jonka mukaan erityisesti tytöt pitävät keittiökemiasta. Pieniä paikoittaisia eroja sukupuolten välillä havaittiin kyselytutkimuksessa, mutta tulokset osoittivat myös, että keittiökemia on myös poikien mieleen. Keittiökemian soveltaminen kontekstilähtöisessä opetuksessa luo oppilaille kiinteän arkielämän yhteyden kemiaan, minkä vuoksi sen avulla oppilaita voi kyselytutkimuksen ja Bennett'n (2005) havaintojen nojalla motivoida kemian opiskeluun.

Tutkimuksessa analysoidun oppikirjan työt pohjautuvat selkeiden havaintojen tekoon. Ennakkokäsityksiä ei kirjan avulla voi tehdä, sillä haluttu lopputulos on esitetty jokaisella oivallusaukeamalla. Luonnontieteet on helppo yhdistää ruoanlaittoon, koska työohjeet ja niihin liittyvä teoria on esitetty samalla aukeamalla selvästi eriteltynä. Tarkasteltavat työt ovat varsin toteuttavissa, kunhan seuraa työohjeita, mutta epäonnistumisia voidaan pohtia vuorovaikutuksellisesti keskustelemalla. Tällainen selkeys edistää sisäiseen motivaatioon liittyvää identifikaatiota, jollin oppilas voi tietoisesti arvioida omaa toimintaansa työtä tehdessä ja omaa osaamistaan työhön liittyvän asiasisällön kanssa (Deci & Ryan, 2000).

Vaihtoehtoiset koeasetelmat ovat myös eräs tapa havainnollistaa käytävää asiasisältöä, ja ne esiteltiin selvästi eriteltynä keltaisessa laatikossa. Oppilasta ohjataan tällä muodostamaan ennakkokäsityksiä, kuinka lopputulos muuttuu esimerkiksi maun ja rakenteen muodossa. Havaintojen muutokselle voidaan etsiä luonnontieteellinen selitys, joten työn suorittaminen kahdella eri koeasetelmalla voi auttaa paljon luonnontieteellisen asiasisällön sisäistämässä. Tämä on eräs tapa toteuttaa eheyttävää opetusta jatkuvana prosessina *trial and error* -menetelmällä, jossa kokonaisuuden opetusta voidaan kokeilla kirjassa esitettyjen vaihtoehtoisten koeasetelmien avulla tai opettajan itse keksimien koeasetelmien tai kokeilla asiasisällön sisäistämisen tehokkuutta ilman vaihtoehtoisia koeasetelmia (Eheyttämistyöryhmä, 1990).

Oppikirjan työohjeiden ohessa esitetyt luonnontieteelliset asiasisällöt on esitetty erillään työohjeesta selvästi numeroituina. Näin vältetään se, että eri ilmiöihin liittyvät asiat on kerrottu yhdessä yhtenäisessä osiossa, mistä voi seurata se, että kokonaisuuden hahmottaminen jää hataraksi. Selkeä jaottelu auttaa oppilasta tiedostamaan, mitä asioita hallitaan, ja missä on kerrattavaa ja mitä ymmärretään heikosti.

Monimutkaisia ilmiöitä on havainnollistettu valitussa aineistossa selkeillä kuvilla. Niitä ei aina ole havainnollistettu luonnontieteellisesti tarkalla tavalla, mutta esimerkiksi kuvan 23 esitys entsyymin toiminnasta auttaa osaltaan muistijäljen tuottamisessa. Yksinkertaistettu esitys osaltaan ehkäisee negatiivisten tunteiden muodostumista, ja täten luo oppilaille positiivisia elämyksiä.

Oppikirjan töissä esiteltävät käsitteet ja selvät havainnot yhdistetään selkeästi keskenään. Oppikirja ei sovellu käsitteitä syvälliselle tasolle vaan esimerkiksi esittelee toisen elintarvikkeen, joissa kyseisiä käsitteitä käytetään hyväksi. Sellaisenaan työt ovat sopivia opetukseen, mutta oppimista voi edistää ohjaavat kysymykset. Keittiökemian soveltamisessa keittiökemian opetuksessa tulee tosin muodostaa selvä yhteys kurssilla käytävään asiasisältöön ja tehtävään työhön, jotta muodostuva muistijälki vahvistuu.

Työohjeita laatiessa käytettiin hyväksi kontekstia kiinnostavilla elintarvikkeilla, vaihtoehtoisia koeasetelmia, josta esimerkkinä Maillard-työn eri koeasetelmia sekä luonnontieteellisen asiasisällön selkeitä jaotteluita, jotka tulivat esille oppikirja-analyysissa. Luonnontieteellisen tiedon ja ruoanlaiton yhdistäminen on tärkeää, jotta ruoanlaitosta saadaan tehokas ja pedagogisesti mielekäs konteksti. Tämä saadaan aikaiseksi esittämällä työhön liittyvä luonnontieteellinen teoria kiinteästi luonnontieteellisen asiasisällön rinnalla. Oppikirja ei ohjaa merkittävästi vuorovaikutuksellisuuteen esimerkiksi ohjaavilla kysymyksillä, mikä oli huomioonotettava seikka esimerkkityöohjeita laatiessa. Ohjaavien kysymysten avulla oppilas saisi pohtia lähtötasoaan työhön liittyvässä asiasisällössä, mikä helpottaa oppilaan oppimisen ja argumentoinnin reflektointia työn aikana ja sen jälkeen (Millar, 2004).

Työohjeita laatiessa käytettiin näitä asioita hyväksi melko tehokkaasti, koska ne perustuvat joko mielenkiintoisten elintarvikkeiden käsittelyyn ja valmistukseen tai selkeiden havaintojen tekemiseen ja datan keräämisen helppouteen. Työohjeet muodostivat yhtenäisen kokonaisuuden, koska ne liittyivät läheisesti suklaaseen ja yleisesti jälkiruokiin, mikä voi olla hyvin motivoivaa nuoremmille oppilaille. Sipulin ruskistamisessa havainnot ovat varsin selkeitä, mutta havaintojen tekeminen makuaistin avulla voi vaatia jonkin verran rohkaisua, erityisesti jos opetettava ryhmä koostuu nuorista oppilaista. Suklaan temperointi on itse prosessina melko vaativa, mutta saaduista tuloksista pitäisi saada joka tapauksessa vuorovaikutuksellista käsittelyä, onnistuttiin suklaan temperoinnissa tai ei.

Suklaan kanssa työskentely voi herättää sisäistä motivaatiota, sillä siinä käsitellään yleisesti pidettyä elintarviketta ja siinä poiketaan normaaliin kemian opetukseen liittyvästä rutiinista (Comer, 1988). Suklaan ominaisuuksia tutkivat työt ovat helppoja eivätkä haastavuuden takia haittaa oppilaan motivaatiota. Suklaan temperointi sen sijaan voi haastavuudellaan haitata jonkin verran motivaatiota, erityisesti mikäli työ on huonosti järjestetty. Haastavuus voi herättää negatiivisia elämyksiä kuten turhautumista ja epäonnistumista, jotka voivat viedä paljon työmuistia niin paljon, että oppimistulokset voivat heikentyä (Karhunen & Vanhanen, 2004; Korhonen & Kovanen, 2017). Tämän johdosta muistijälki voi jäädä hataraksi ja se keskittyy asiasisällön sijaan työssä kohdattuihin ongelmiin.

Jotta keittiökemiaa voisi kehittää eteenpäin, on eriytettävä luonnontieteelliset ilmiöt selvästi ruoanlaitosta. Koska kaikki ilmiöt eivät ole asiasisällöltään selkeitä, niitä on yksinkertaistettava riippuen siitä, mille kohderyhmälle työ on osoitettu. Toinen ongelma voi olla resurssien puute. Tämän tutkimuksen taustalla olleeseen yliopistokurssiin liittyvällä oppilasvierailuilla oppimistilanteet oli sovittu ennalta, mutta tällainen järjestely ei ole itsestäänselvyys läheskään kaikissa kouluissa. On siis sovittava kotitalousopettajan kanssa kotitalousluokan yhteiskäytöstä. Näiden keskustelujen avulla voidaan myös kehittää yhdessä tunteja ja muita oppikokonaisuuksia esimerkiksi teemapäivien muodossa. Tämä parantaisi keittiökemian toteuttamista kaikilla aisteilla turvallisesti hajua ja makua myöten.

Tutkielma pohti kattavasti oppimistilanteissa esiintyviä ilmiöitä oppilaslähtöisesti. Keittiökemian tutkimisen lähtökohdaksi oli pohtia, kuinka kaikkia koskettava konteksti toimii kemian opetuksessa. Lisäksi pohdittiin, mitä asioita esiintyy oppimistilanteissa, esimerkiksi



mitä tunteita oppilas käy läpi opiskellessaan kemiaa ja miten hänen motivaationsa rakentuu. Tutkielma ei ottanut huomioon luokassa esiintyviä vuorovaikutussuhteita sekä niihin liittyviä ilmiöitä, kuten mahdollista kiusaamista tai työilmapiirin vaikutusta oppimiseen. Keittiökemian ja vuorovaikutuksiin liittyvien ilmiöiden yhteyksiä voisi pohtia tulevissa tutkimuksissa tarkemmin, vaikka kyselytutkimuksen positiiviset tulokset antaisivatkin viitteitä tähän liittyen.

Kyselytutkimuksen voidaan katsoa olevan luotettava, sillä sen otanta oli 45 oppilasta eri oppilasryhmistä. Kyseessä on melko suuri otanta, jonka pohjalta saatiin luotettava ja yleistettävä tulos siitä, kuinka oppilaat suhtautuivat keittiökemiaan ja miten se vaikuttaa heidän motivaatioon ja tunteisiin. Keittiökemiaan liittyvän tutkimusaineiston määrä oli tässä tutkielmassa vähäinen, joten tulevissa tutkimuksissa voisi tutkia lisää siihen liittyviä materiaalia, vaikka oppikirjoissa tai muissa materiaaleissa, joissa yhdistetään luonnontieteitä ja ruoanlaittoa. Työohjeita tulisi kokeilla opetuksessa ja kemian aineenopettajakoulutukseen liittyvillä kursseilla, jotta niiden pedagogiset vahvuudet ja kehittämiskohteet tulisivat selvästi esille. Erityisesti suklaan temperointiin liittyvä työohjetta tulisi tarkastella, sillä se on haastava työ toteuttaa onnistuneesti. Esimerkkityöohjeita kokeillessa on myös tarkasteltava, kuinka vuorovaikutuksellisuus toteutuu kussakin työohjeessa.

Tulevia tutkimuksia varten voisi kartoittaa eri työtapojen vaikutusta oppilaiden tunteisiin. Esimerkiksi tietokonemallinnukset ja simulaatiot jakoivat kyselytutkimuksessa mielipiteitä, joten niiden vaikutusta oppilaiden tunteisiin ja oppimiseen voisi tutkia. Toinen tutkimuskohde voisi olla ahaa-elämykset, joita koettiin kyselytutkimuksen mukaan vaihtelevasti. Ahaa-elämykset voivat vaikuttaa merkittävästi oppilaan motivaation opiskella kemiaa, joten jatkotutkimuksissa voisi pohtia, millä pedagogisilla valinnoilla niitä voisi herättää enemmän keittiökemiassa ja muissa kemian opiskelun työtavoissa. Lisäksi työrauhan ja -ilmapiirin vaikutusta oppilaan tunteisiin voisi tutkia jatkossa. Tämä korrelaatio voi vaikuttaa ilmiselvältä, mutta tutkimuksen avulla voisi tehdä helpommin pedagogisia valintoja, joilla vaikuttaa oppilaiden positiivisiin tunteisiin ja hyvään työilmapiiriin.

Keittiökemia on parhaimmillaan motivoiva työtapo, joka soveltaa erityisesti orgaaniseen kemiaan liittyviä asiasisältöjä sekä yleisiä analyttisiä menetelmiä, kuten lämpötilan mittaamista, ajanottoa ja reaktion nopeuttamista. Jotta keittiökemia on tehokas ja motivoiva menetelmä oppia kemiaa, on panostettava siihen, että työhön liittyvät asiasisällöt ovat selkeitä

ja asiasisällöt liittyvät läheisesti tehtävään työhön eli ruoanlaittoon. Tämä tukisi ahaa-elämysten aikaansaamista. Oppilasvierailuissa oltiin tyytyväisiä käytettyihin työtapoihin. Syiksi voidaan mainita kiinnostavat kontekstivalinnat, arkielämän ja kemian yhteyden vahvistuminen ja muistijäljen muodostuminen positiivisten kokemusten kautta. Oppilasvierailuissa esiin nousseita kokemuksia ja analysoidun oppikirjan työohjeita yhdistivät kiinnostavat kontekstivalinnat ja positiivisten elämysten luomat muistijäljet.

## 12. Kirjallisuusviitteet

Abrahams I. & Millar R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.

Abrahams I. & Reiss M. (2012). Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*. 49(8), 1035-1055.

Ahtineva, A. (2014). On Assessing Laboratory Work. *LUMAT (2013-2015 Issues)* 2(2), 113-123.

Ahvenniemi, R. (2009) *Molekyyligastronomiiaa opetuksessa: Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen*, Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto.

Aikenhead, G. S. (2003). Chemistry and physics instruction: Integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education Research and Practice* 4(2), 115-130.

Aninko J. (2015). *Toiminnallinen opettaminen oppimiskokemuksen ja sisäisen motivaation rakentaja alakoulussa*. Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto.

Annala J. (2012). *Kokeelliset opetusmenetelmät yläkoulun kemian opetuksessa opettajan näkökulmasta*, Pro gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto.

Anttalainen H. & Tulivuori J. (2011). *Luonnontieteiden opetustilat, työturvallisuus ja välineet*. Opetushallitus.

Beckett, S. & Phil, D. (2009) *Industrial chocolate manufacture and use*. Lontoo: Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall

Bennett, J. & Lubben, F. (2006). Context-based chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9) 999-1015.

Bennett, J. & Gräsel, C. & Parchmann, I & Waddington, D. (2005). Context based and conventional approaches to teaching chemistry: Comparing teachers' views. *International Journal of Science Education*. 27(13): 1521-1547.

Benton D. (2010). The plausibility of sugar addiction and its role in obesity and eating disorders. *Clinical Nutrition*. 29(3): 288-303.

Betancourt, S. (2017) *Vuorovaikutuksen merkitys kemian aineenopettajaopiskelijoiden välillä opettajaidentiteettiä muodostettaessa*. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Burke R., Danaher P., Traynor M. (2012) *The Development of Molecular Gastronomy as a Subject Discipline at the Dublin Institute of Technology*: Dublin Institute of Technology

Comer, J. (1988). Educating Poor Minority Children. *Scientific American* 259(5), 42-49.

Ehyyttämistyöryhmä. (1990). *Kouluhallituksen ehyyttämistyöryhmän muistio*. Teoksessa R. Laukkanen, E. Piippo, & A. Salonen, *Ehyesti elävä koulu*. Helsinki: VAPK-kustannus.

Haatainen O. (2014) *Kehittämistutkimus: verkkomateriaali suklaasta ehyyttävään kemian opetukseen*. Helsingin yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Hopia A. & Fooladi E. (2017). *Hyppysellinen tiedettä*, Helsinki: Gaudeamus.

Hopia, A., Lehtovaara, T., Rastas, A. (2014) *Kaksi kokkia ja kemisti*, Helsinki: Nemo.

Jeskanen E. (2015). *Ehyyttävä kemian opetus nuorten kiinnostuksen tukena: esimerkinä kiertotalous*. Helsingin yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Johnstone, A. (2000) Teaching of chemistry-logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*. 1(1): 9-15.

Karhunen, Jenni & Vanhanen, Tiina (2004) *Oppilaan tunteet opettajaa kohtaan*. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Keller, G. & Hartings, M. (2011) “The Chemistry of Caramel”,  
<http://www.sciencegeist.net/the-chemistry-of-caramel/> Luettu 19.3.2018.

Keppo M. (2017) *Harvinaiset maametallit kiertotalouden kontekstilähtöisessä oppimisessä*. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Korkiakoski N & Kovanen A. (2017) *Luokanopettajan negatiiviset tunteet luokkavuorovaikutuksessa: luokanopettajien ja luokanopettajaopiskelijoiden näkökulma*. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu –tutkielma,

Kuronen H. (2013). *"Tietenkään pieni kannustaminen ei ole pahasta" - lukiolaisten ajatuksia kirjoittamisesta annetusta palautteesta*. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Laasala, R. (2017) *Keittiökemian rooli luonnontieteiden opetuksessa*. Jyväskylän yliopisto. Kandidaattitutkielma.

Lee P., Rogers M. A. (2012). Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1(2), 96-100.

Lehtovaara T. & Hopia A. (2011) *Molekyyli sopassa*. Helsinki: WSOYpro.

Lengel, T., & Kuczala, M. (2010). *The kinesthetic classroom: Teaching and learning through movement*. Corwin: Thousand Oaks.

Leppiniemi H. (2017) *Ilmiö nimeltä ilmiöpohjainen oppiminen: Opettajien käsityksiä ilmiöpohjaisesta oppimisesta*. Pro gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2016, Opetushallitus.

Madhusoodhanan, V. (2014) ”White film on chocolate? Blame fat”.

[https://www.insidescience.org/sites/default/files/chocolatebloom\\_top.jpg/](https://www.insidescience.org/sites/default/files/chocolatebloom_top.jpg/) Luettu 13.10.2017.

Majuri J. (2016) *Tyttöjen ja poikien asenteita ja tunteita kokeellisuudesta kemian opetuksessa*. Pro gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto.

Maslow, A. (1954). The instinctoid nature of basic needs. *Journal of Personality* 22(3): 326-347.

McGee H. (2004) *McGee on food & cooking: an encyclopedia of kitchen science, history and culture*. Lontoo: Hodder & Stoughton.

Mercier, J. (2008). *The Temptation of Chocolate*. Bryssel: Lannoo.

Millar R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. University of York. Tutkielma.

Molecular Gastronomy, Molecular Gastronomy: Basic Spherification to Make Caviar, <https://www.youtube.com/watch?v=BeRMBv95gLk>, Haettu 21.11.2017.

Otavan opisto. ”Monialaiset oppimiskokonaisuudet.” <https://www.monialaiset.fi/> Luettu 27.10.2017.

Mäkinen O & Vuohiniemi S. (2001) *Onnistuuko integraatio? Erityisopetuksen integraatio opettajien ja opettajaksi opiskelevien silmin*. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu –tutkielma.

Oleiinihapon rakennekaava

[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/oleic\\_acid#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/oleic_acid#section=Top) luettu 11.10.2017

Ollilainen V. (2016) Maillard-reaktio

<https://wiki.helsinki.fi/display/KeittioKemiaa/Maillard+-reaktio> Luettu 27.10.2017.

Opetus- ja kulttuuriministeriö (2016). ”PISA 2015: Suomalaisnuoret edelleen huipulla, pudotuksesta huolimatta.” [http://minedu.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/pisa-2015-suomalaisnuoret-edelleen-huipulla-pudotuksesta-huolimatta](http://minedu.fi/artikkeli/-/asset_publisher/pisa-2015-suomalaisnuoret-edelleen-huipulla-pudotuksesta-huolimatta) Luettu 20.9.2017.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, Opetushallitus.

Perusopetuslain muutos 2010/642. Annettu Naantalissa 24. kesäkuuta 2010.

Perusopetuslaki 1998/628. Annettu 21. elokuuta, 1998.

Pinola, Minna (2008). *Integraatio ja inklusio peruskoulussa: luokanopettajien asennoituminen kaikille yhteiseen kouluun*. Jyväskylä: Koulutuksen tutkimuslaitos.

Rajander, T. (2008). *Opetuksen integraatio: suomen kielen ja viestinnän opetuksen integrointimahdollisuudet ammattikorkeakoulussa*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Kehittämisraportti.

Robinson H. W. (1947) Notes and Records of the Royal Society of London. *Royal Society Stable*. 5(1): 47-50.

Roiha A. (2012) *Opettajien kokemuksia CLIL-opetuksen eriyttämisestä: käsityksiä, käytänteitä ja haasteita*. Pro gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto.

Russo R. (2010). *The Raw Fool Lifestyle: The Philosophy and Nutrition Behind Raw and Live Food*. Berkeley: North Atlantic Books.

Ryan, R. & Deci E. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology* 25(1), 54-67.

Seery, M. (2015). “Putting Chemistry in Context”, <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00002164/putting-chemistry-in-context-context-based-learning?cmpid=CMP00007319>, Luettu 5.4.2018.

Shiina Y., Funabashi N., Lee K., Murayama T., Nakamura K., Wakatsuki Y., Daimon M., Komuro I. (2009). Acute effect of oral flavonoid-rich dark chocolate intake on coronary

circulation, as compared with non-flavonoid white chocolate, by transthoracic Doppler echocardiography in healthy adults. *International Journal of Cardiology*. 131(3), 424-429.

Short, M., Gonzalez, X., Maldonado, A. Spherification/reverse spherification automated and integrated system and method, *US Pat.*, 9,320,297, 2016

Sikorski, Z. E. (2006). *Chemical and Functional Properties of Food Components*. Boca Raton: CRC Press.

Snitkjaer, P. (2011). Investigations of meat stock, University of Copenhagen. Tutkielma.

Streariinihapon rakennekaava

[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/stearic\\_acid#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/stearic_acid#section=Top) luettu 11.10.2017.

Suomen YK-liitto (2009). *YK:n yleissopimus vammaisten henkilöiden oikeuksista ja sopimuksen valinnainen pöytäkirja*. Helsinki.

Suomen YK-liitto: Vammaisten oikeudet

<http://www.ykliitto.fi/yk70v/yk/ihmisoikeudet/vammaisten-oikeudet> Luettu 28.10.2017.

Taskinen N. Luokanopettajien käsityksiä integraatiosta (2013). Jyväskylän yliopisto.

This H, Méric R, Cazor A. Lavoisier and meat stock. *Comptes Rendus Chimie; Modification, dégradation et stabilisation des polymères*. 2006;9(11):1510-5.

This H. (2011) Molecular Gastronomy in France. *Journal of Culinary Science & Technology*. 9(3), 140-149.

This H (1995) La gastronomie moléculaire. *Actual Chim*. 6, 42–46

This H (2001) *Les Ateliers Expérimentaux du Goût*. Pariisi: Presses de la Sorbonne.

This, Hervé. (2008). Molecular gastronomy, a scientific look at cooking. *Accounts of chemical research*. 42(5), 575-583.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2004. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Töyrylä, L. (2012) *Argumentaation tukeminen yläasteen happamuuden kemian opetuksessa molekyyli-gastronomiia soveltaen*. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto.

United Nations Educational (1994). *Scientific and Cultural Organisation. The Salamanca Declaration and Framework for Action*. Pariisi: UNESCO.

Varga, T. (1971). *Teaching School Mathematics*. Harmondworth: Penguin.

Vartiainen J., Aksela M., Hopia A. (2013) Introduction to molecular gastronomy and to its applications in science education, Helsingin yliopisto.

Vaskuri, Juhani. (2017) Oppiennätyksistä opetussuunnitelman perusteisiin: lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman kehittyminen Suomessa Vuosina 1918-2016, Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto.

Wisniak, J. (2002) Michel Eugène Chevreul. Educación Química.

Wollgast J., Anklam E. (2000). Polyphenols in chocolate: is there a contribution to human health? *In Food Research International*. 33(6), 449-459.

Yumi S., Nobusada F., Kwangho L., Taichi M., Koki N., Yu W., Masao D., Issei K. (2009). Acute effect of oral flavonoid-rich dark chocolate intake on coronary circulation, as compared with non-flavonoid white chocolate, by transthoracic Doppler echocardiography in healthy adults. *In International Journal of Cardiology*. 131(3), 424-429.

Zusho A., Pintrich, P. R. & Coppola B. (2003) Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education*. 25(9), 1081-1094.





c. En halua vastata

Ympyröi seuraavassa osiossa itseäsi parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=täysin eri mieltä, 2=melko paljon eri mieltä, 3= ei voimakasta mielipidettä, 4=melko paljon samaa mieltä, 5=täysin samaa mieltä).

5. Pidän kemian opiskelusta.	1	2	3	4	5
6. Opin kemiaa helposti.	1	2	3	4	5
7. Kemiaa on mielestäni haastavaa.	1	2	3	4	5
8. Kemia on minulle mieluinen oppiaine	1	2	3	4	5
9. Kemia on mielestäni tärkeää.	1	2	3	4	5
10. Kemialla on mielestäni merkitystä arkielämässäni.	1	2	3	4	5
11. Pidän kemian kokeellisesta työskentelystä.	1	2	3	4	5
12. Kokeellinen työskentely on minusta haastavaa.	1	2	3	4	5
13. Saan yleensä mielekästä palautetta osaamisestani kemiassa.	1	2	3	4	5

Ympyröi seuraavassa osiossa, kuinka motivoivia seuraavat menetelmät mielestäsi ovat kemian opetuksessa. (1=vähiten motivoiva, 2=ei niin motivoiva, 3= ei voimakasta mielipidettä, 4=melko motivoiva, 5=hyvin motivoiva)

14. Opettaja näyttää kokeen	1	2	3	4	5
15. Laboratoriotyöskentely	1	2	3	4	5
16. Muistiinpanojen kirjoittaminen	1	2	3	4	5
17. Kotitehtävät	1	2	3	4	5
18. Keskusteleminen opettajajohtoisesti	1	2	3	4	5
19. Keskusteleminen ryhmässä	1	2	3	4	5
20. Keskusteleminen parin kanssa	1	2	3	4	5
21. Tietokonemallinnukset ja simulaatiot	1	2	3	4	5
22. Keittiökemia	1	2	3	4	5

Lyhyt perustelu sopivimmalle menetelmälle:

Ympyröi seuraavassa osiossa itseäsi parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=täysin eri mieltä, 2=melko paljon eri mieltä, 3= ei voimakasta mielipidettä, 4=melko paljon eri mieltä, 5=täysin samaa mieltä).

23. Keittiökemia teki kemiasta kiinnostavampaa.	1	2	3	4	5
24. Keittiökemia auttoi ymmärtämään kemiaan liittyviä ilmiöitä	1	2	3	4	5
25. Keittiökemia teki kemian oppimisesta vaikeampaa.	1	2	3	4	5
26. Keittiökemia auttoi näkemään paremmin kemian ja arkipäivän välisen yhteyden	1	2	3	4	5
27. Keittiökemia motivoi enemmän opiskelemaan kemiaa.	1	2	3	4	5
28. Sain mielekästä palautetta työskentelystäni keittiökemian parissa.	1	2	3	4	5

Mitä tunteita ja elämyksiä keittiökemia herätti? (1=hyvin vähän, 2=melko vähän, 3= ei voimakkaita tunteita, 4=melko paljon, 5=hyvin paljon)

29. Iloa	1	2	3	4	5
30. Hämmennystä	1	2	3	4	5
31. Turhautumista	1	2	3	4	5
32. Ahaa-elämyksiä	1	2	3	4	5
33. Onnistumisia	1	2	3	4	5
34. Epäonnistumisia	1	2	3	4	5
35. Ahdistusta	1	2	3	4	5
36. Yhteisöllisyyttä	1	2	3	4	5
37. Jotain muuta, mitä? _____					

38. Näitkö keittiökemiassa selkeää yhteyttä kemiaan?

- a. Kyllä
- b. Jotenkin
- c. Ei

Perustele ei-vastauksesi:

39. Mitä opit keittiökemian avulla?

40. Mikä haittasi kemian oppimista keittiökemiassa?

41. Kerro lyhyesti, kuinka saamasi palaute keittiökemian parissa vaikutti motivaatioosi kemian opiskelua kohtaan.

42. Haluaisitko tehdä uudestaan keittiökemiaan liittyviä töitä?

a. Kyllä

b. Ei

Lyhyt perustelu:

43. Avoin sana, mielipiteitä, toiveita:

**Kiitos vastauksistasi!**

## Suklaa

### 1. Suklaan rakenne sekä siihen vaikuttavat tekijät

#### Teoria:

Suklaa esiintyy suklaalevyssä homogeenisenä seoksena. Tämä tarkoittaa sitä, että suklaa ei koostu yhdestä ainoasta aineesta, vaan suklaa on useiden aineiden seos, jonka koostumus on samanlainen niin suklaan pinnassa kuin sen sisällä. Suklaa on kaakaovoin rasvan, sokerin, kiinteiden kaakaopartikkeleiden sekä vesipohjaisen nesteen, esimerkiksi maidon, välinen seos. Maidon pitoisuus suklaassa riippuu suklaan laadusta. Tummassa suklaassa maitoa on hyvin vähän, mutta maitosuklaassa maitoa on huomattavasti enemmän, jotta suklaan maku ei ole niin pistävä.

Toisinaan suklaata käsitellessä siitä tulee heterogeeninen seos. Jos suklaata säilyttää kosteassa ja lämpimässä tilassa, suklaan vesiliukoiset ja rasvaliukoiset elementit erottuvat toisistaan. Tämä johtaa siihen että suklaassa olevat kiinteät kaakaopartikkelit ja sokeri ottavat itseensä vettä, mikä nostaa suklaassa olevan kaakaovoin rasvan suklaan pinnalle samalla, kun kiinteät kaakaopartikkelit turpoavat..

Tässä työssä suklaapala muotoillaan sulattamalla suklaapala ja kaatamalla se muottiin. Suklaan sulamiseen kestävä aika riippuu reaktiopinta-alasta. Reaktiopinta-alalla tarkoitetaan tässä työssä sitä, kuinka suuri osa koko suklaasta on kosketuksissa lämmön kanssa ja täten alkaa sulamaan. Tämä ilmiö esiintyy myös liuotettaessa sokeria.

### Johdattelevat kysymykset:

1. Selitä, mikä on homo- ja heterogeeninen seos. Miten nämä eroavat toisistaan?
2. Pohdi, mitä sokerin liukenemiselle tapahtuu, kun liuotuksessa käytetään hienosokeria palasokerin sijaan. Mitä voidaan sanoa suklaan sulamisajasta, kun suklaa sulatetaan pieninä palasina kokonaisen suklaapalan sijaan?
3. Pohdi mitä tapahtuu, kun suklaa sulatetaan ja jähmetetään uudestaan. Valmistaudu esittämään hypoteesisi.
4. Tee tutkimusparisi kanssa hypoteesi, kuinka tulokset muuttuvat, jos kokeessa käytetään maitosuklaan sijaan tummaa suklaata.

### Työn suoritus:

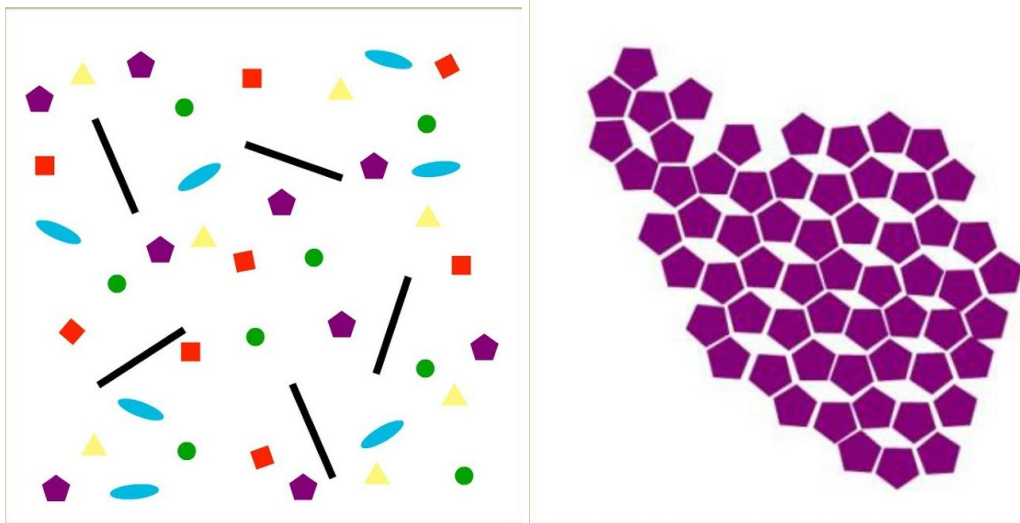
Sulata suklaapala vesihauteessa. Kaada sulanut suklaa muottiin. Anna jäähtyä noin puoli tuntia. Vertaa suklaalevyn suklaata ja sulattamaasi suklaata keskenään. Tee havaintoja valmistamasi suklaapalan ulkonäöstä, rakenteesta ja mausta ja vertaa niitä suklaapalan rakenteeseen, makuun ja ulkonäköön. Kirjaa havaintosi ylös.

## **2. Suklaan sulamispisteen tutkiminen**

### Teoria:

Suklaan koostumukseen vaikuttaa siinä oleva kaakaovoi. Kaakaovoi muodostuu kuudesta eri rasvakiderakenteesta eli kiderakenteista I-VI, joista I on pehmein rakenne ja VI kovin. Mitä pienempi on kiderakennetta vastaava luku, sitä enemmän epäjärjestäytyneitä kaakaovoin rasvakiteet ovat. Vastaavasti mitä suurempia kiderakennetta vastaavat luvut ovat, sitä tiiviimmin kaakaovoin rasvakiteet ovat järjestäytyneitä. Alla olevassa kuvassa on esitetty suklaan kiderakenteiden järjestäytyminen kahdessa eri tapauksessa. Vasemmalla kaakaovoin rasvakiteet

ovat epäjärjestäytyneitä eli kiderakenteissa I-IV, mikä tekee suklaasta pehmeää. Oikealla kaakaovoin rasvakiteet ovat kiderakenteissa V-VI, mikä tekee suklaasta kovaa ja napsahtavaa. Rasvakiteiden kiderakenteita käytetään hyväksi suklaan temperoinnissa.



**Kuva 1:** Rasvakiteiden järjestyminen kiderakenteissa I-IV (vasemmalla) ja kiderakenteissa V-VI (oikealla).

Suklaan temperoimisessa rasvakiteiden ominaisuuksia käytetään hyväksi kuumentamalla suklaata varovaisesti. Eri kiderakenteilla on erilaiset sulamispisteet, mikä tekee haluttujen kiderakenteiden muodostamisesta mahdollista. Kaakaovoin rasvojen kiderakenteet on havainnollistettu alla olevassa taulukossa.

Kiderakenteiden ominaisuuksia käytetään hyväksi suklaan temperoinnissa. Suklaalevyssä suklaata on temperoitu valmiiksi korkeamman luvun kiderakenteisiin, jotta suklaa olisi napsahtavaa. Jos suklaa pitää muotoilla uudestaan, se pitää sulattaa ja temperoida itse, tai muuten suklaassa oleva kaakaovoin rasva nousee pintaan.

**Taulukko 1:** Kaakaovoin kiderakenteiden sulamispisteet.

Kiderakenne	Sulamispiste (°C)
Rakenne I	17,3
Rakenne II	23,3
Rakenne III	25,5
Rakenne IV	27,3
Rakenne V	33,8
Rakenne VI	36,3

Johdattelevat kysymykset:

1. Miksi työssä ei käytetä kuumaa vettä, vaan korkeintaan 50-asteista vettä?
2. Miksi suklaata tulee sekoitella kuumennuksen aikana?
3. Tehtävänäsi on tässä työssä muodostaa kuvaaja lämpötilasta ajan funktiona. Mitä tämä tarkoittaa?

4. Kesäkuumalla ja kädessä suklaa sulaa melko nopeasti. Mitä arvioita voit tämän nojalla tehdä suklaan (tai tarkemmin kaakaovoin rasvakiteiden) sulamispisteestä?

Tarvitset:

- Kuumaa vettä
- Kaksi koeputkea
- Keitinlasi (250 cm<sup>3</sup>)
- Lämpömittari
- Sekuntikello





**Taulukko 2:** Jähmettämäsi suklaan lämpötila ja aika.

	Lämpötila

### **3. Suklaan temperointi**

#### Teoria:

Suklaan rakenne perustuu sen kaakaovoissa oleviin kiderakenteisiin, joita on kuusi erilaista. Kiderakenne I on niistä pehmein ja epästabiilein ja kiderakenne VI on kovin ja stabiilein. Kiderakenteen VI muodostuminen voi kestää viikkoja, joten temperoidessa suklaata pyritään muodostamaan kiderakenne V, joka on havaittavissa suklaan kiiltävyytenä, kovuutena ja napsahtavuutena.

Lämpötila on merkittävä osa suklaan temperoinnissa. Jos suklaata temperoi liian korkeassa lämpötilassa, suklaa palaa, mikä haittaa homogeenisen rakenteen muodostumista ja tekee suklaasta erittäin kitkerää. Jos suklaata temperoi liian

alhaisessa lämpötilassa, se ei kovetu kunnolla, eikä haluttuja kiderakenteita muodostu.

Eri suklaalaatujen kaakaovoin määrä eroavat hieman, joten temperointilämpötilat eroavat hieman toisistaan. Suklaan temperointi alkaa siitä, että kaakaovoin kaikki kiderakenteet sulatetaan. Tämän jälkeen suklaa jäähdytetään toisen vaiheen lämpötilaan, jotta rasvakiteitä järjestäytyy kiderakenteen V mukaisesti. Toisen vaiheen jälkeen suklaata lämmitetään uudestaan varovaisesti, jotta loput epästabiilit kiderakenteen I-IV mukaiset rasvakiteet sulavat ja järjestäytyvät kiderakenteen V mukaisesti. Työ on haastava ja voi vaatia useita yrityksiä. Samalla tulee olla tarkkana, että suklaata sekoitetaan koko ajan yhtenäisen rakenteen mahdollistamiseksi. Lämpötilaa tulee seurata tarkasti, jotta temperoinnin eri vaiheet suoritetaan oikeissa lämpötiloissa.

Tarvitset:

- Maito-, valko- tai tummaa suklaata, mieluiten hyvälaatuista
- Vesihaude, sekä kuuma että kylmä
- Mahdollisimman tarkka lämpömittari

Johdattelevat kysymykset:

1. Tarkastele työn 1 tuloksia. Mitä tapahtuu, jos suklaa sulatetaan ja jähmetetään sattumanvaraisesti?
2. Miksi vesihaudetta käytetään suklaan temperoinnissa? Voisiko temperoinnin suorittaa jotenkin muuten? Mitkä ovat tämän menetelmän edut ja haitat?
3. Miksi suklaa raastetaan ennen sulatusta? Miksi suklaata sekoitellaan kuumennuksen aikana?
4. Miksi alla olevat suklaiden temperoimislämpötilat ei ole aina esitetty tarkasti?
5. Miksi suklaa jäähdytetään ensimmäisen lämmityksen jälkeen?
6. Mainitse yksi arkipäiväinen asia, jossa voit havaita temperoitua suklaata.
7. Miten voit havaita, että suklaan temperointi on onnistunut?

Eri suklaalaatujen temperointilämpötilat menevät seuraavanlaisesti:

Tumma suklaa:

1. vaihe eli sulatus 48-50 °C
2. vaihe eli kiteytys 27-28 °C
3. vaihe eli uudelleensulatus 31-32 °C

Maitosuklaa:

1. vaihe 45 °C
2. vaihe 26-27 °C
3. vaihe 30 °C

Valkosuklaa:

1. vaihe 40 °C
2. vaihe 26-27 °C
3. vaihe 25-29 °C

Työn suoritus:

1. Vaihe: Raasta suklaa. Sulata suklaa varovasti 1. vaiheen mukaiseen lämpötilaan.
  2. Vaihe: Jäähdytä suklaa 2. vaiheen mukaiseen lämpötilaan
  3. Vaihe: lämmitä suklaa uudelleen varovasti vaiheen 3 mukaiseen lämpötilaan.
  4. Levitä ohut kerros suklaata leivinpaperille. Temperointi on onnistunut jos suklaa on kovaa ja napsahtelevaa.
- 
1. Kuvaile temperoimasi suklaan rakennetta. Onnistuiko temperointi?

2. Pohdi, mitkä työvaiheisiin liittyvät tekijät voivat vaikeuttaa temperoinnin onnistumista.

3. Pohdi, mitä muuta ainetta voidaan temperoida. Millaisiin ominaisuuksiin temperoinnilla pyritään?

## **Lähteet**

<https://www.ecolechocolat.com/en/chocolate-tempering.html> luettu 29.5.2018

<https://www.kitchenkneads.com/fool-proof-chocolate-tempering-well-almost/>

Luettu 29.5.2018

McGee H. (2004) McGee on food & cooking: an encyclopedia of kitchen science, history and culture. London: Hodder & Stoughton.

### Karamellin valmistus

#### Teoria:

Karamellin valmistuksessa käytetään hyväksi karamellisaatioreaktiota, joka on sokerin hapettumisreaktio. Sen avulla karamelliin saadaan pähkinäinen maku ja ruskea väri. Karamellisaatio on eräs esimerkki ei-entsymaattisesta ruskistusreaktiosta. Kun reaktio tapahtuu, epästabiileja yhdisteitä vapautuu, jolloin saadaan karamellille ominainen maku ja aromi. Reaktioon sisältyy veden haihduttaminen pois, mikä nopeuttaa sokerin hajoamista, mutta estää sokerin palamista pohjaan. Karamellisaatioreaktion lämpötila riippuu karamellisoituvasta sokerista. Taulukossa 1 on esitelty joidenkin sokereiden karamellisoitumislämpötiloja.

<b>Sokeri</b>	<b>Lämpötila (°C)</b>
Fruktoosi	110
Galaktoosi	160
Glukoosi	160
Maltoosi	180
Sakkaroosi	160

Väri vaihtuminen on voimakkaimmillaan, kun fruktoosi karamellisoituu 110 celsiusasteessa. Tästä syystä hunajasta ja fruktoosisiirapista valmistetut ruoat saavat tummemman värin.

Työssä suoritettava sakkaroosin sulattaminen alkaa sokerin ruskistamisesta korkeissa lämpötiloissa. Sakkaroosi hajoaa aluksi fruktoosiksi ja glukoosiksi. Tämän jälkeen tapahtuu kondensaatioreaktio, jossa yksittäiset sokerit menettävät vettä ja reagoivat toistensa kanssa, jolloin syntyy satoja eri uusia aromaattisia yhdisteitä, jotka muodostavat laajan skaalan erilaisia makuja.

Karamellisaatiossa syntyy kolmea päätuotetta: kondensaatioreaktion tuote karamelaani  $C_{12}H_{18}O_9$  sekä sen kaksi polymeeria karameleeni  $C_{36}H_{50}O_{25}$  ja karameliini, jonka keskimääräinen molekyylikaava on  $C_{125}H_{188}O_{80}$ . Lisäksi reaktiossa syntyy diasetyyliä (2,3-butanedioni), estereitä, laktoneita, furaaneja ja maltolia. Mitä pidemmäksi karamellisaatioreaktio saatetaan, sitä enemmän sokeria hajoaa ja sitä kitkerämmäksi karamelli muuttuu.

### **Johdattelevat kysymykset:**

1. Miten voit vaikuttaa karamellin väriin ja makuun?
2. Tiedonhaku: Ota selvää karamellisaatioreaktion eri tuotteiden rakennekaavoista.
3. Etsi kyseisten tuotteiden funktionaaliset ryhmät.
4. Mitä makuja karamellisaatioreaktion eri tuotteet tuottavat?

### **Työn suoritus:**

Tarvitset:

- Paksupohjaisen kattilan
- Paistolevyn
- Puulusikan
- Mittavälineitä kuten desimitta ja -lusikoita
- 9 dl kuppia sokeria
- 7,5 dl kuppia kuohukermaa
- 2 dl vettä
- 1,5 tl vaniljasokeria

Kaada kolmasosa kuppia vettä ja puolitoista kuppia sokeria kattilaan. Kuumenna seos alhaisella lämmöllä, kunnes sokeri on liuennut kokonaan. Kun sokeri on liuennut, nosta lämpöä keskilämmölle ja anna kiehahtaa. Kun seos kiehuu, sekoita 7-13 minuuttia riippuen haluamasi karamellin väristä. Tee ja kirjaa havaintoja aromin ja värin muutoksesta! Kun 7-13 minuuttia on kulunut, ota kattila pois levyiltä ja lisää  $\frac{1}{2}$  teelusikkaa vaniljaa ja 1  $\frac{1}{4}$  kuppia kuohukermaa. Tee havaintoja värin ja rakenteen muutoksesta. Kuumenna vielä keskilämmöllä, kunnes karamellista tulee tasaista. Anna jäähtyä yön yli. Nauti pikkuleipien tai jäätelön kera.





c. Banaanissa oleville proteiineille.

## Lähteet

Lehtovaara T. & Hopia A. (2011) *Molekyyli sopassa*. Helsinki: WSOYpro.

McGee H. (2004) *McGee on food & cooking: an encyclopedia of kitchen science, history and culture*. London: Hodder & Stoughton.

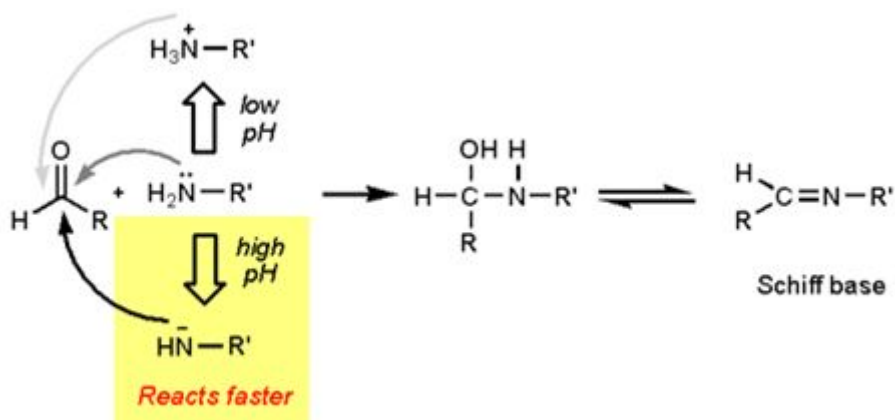
<http://www.scienceofcooking.com/caramelization.htm> luettu 29.5.2018

## Maillard-reaktio

### Teoria:

Maillard-reaktiolla tarkoitetaan aminohapon ja pelkistävien sokereiden välistä monimutkaista reaktiosarjaa. Sitä esiintyy paljon ruoanlaitossa, kuten pullan paistamisessa ja lihan ruskistamisessa. Erityisesti kypsennyksessä Maillard-reaktiota esiintyy, sillä siinä reaktiolle asetetaan tarpeeksi korkea lämpötila, jotta reaktio tapahtuu. Karamellisaatio liittyy läheisesti Maillard-reaktioon. Karamellisaatiossa pöytäsookeri eli sakkaroosi hajoaa aluksi fruktoosiksi ja glukoosiksi, jotka ovat pelkistäviä sokereita. Pelkistävät sokerit fruktoosi ja glukoosi reagoivat sitten aminohapon kanssa, jolloin tapahtuu Maillard-reaktio. Karamellisaatio voi edetä myös eteenpäin, jolloin fruktoosi ja glukoosi hajoavat pienemmiksi yhdisteiksi jotka antavat ruokaan lisää aromiin ja makuun vaikuttavia yhdisteitä.

Maillard-reaktion tuotteet vaihtelevat paljon estereistä ja karboksyylihapoista furaaneihin ja sitä monimutkaisempiin yhdisteisiin. Maillard-reaktiolle on ominaista tummempi, hieman ruskehtava väri. Maillard-reaktio tapahtuu vaiheittain. Ensimmäisessä vaiheessa, kun sakkaroosi on hajonnut fruktoosiksi ja glukoosiksi, ne reagoivat ruoassa olevien aminohappojen ja proteiinien vapaiden aminoryhmien kanssa ja muodostavat imiinin, jota kutsutaan toisinaan myös Schiffin emäkseksi. Schiffin emäs sitten reagoi eteenpäin muodostaen monimutkaisempia yhdisteitä. Kuvassa 1 on havainnollistettu Maillard-reaktion ensimmäisen vaiheen kulkua.



**Kuva 1:** Maillard-reaktion ensimmäinen vaihe.

1. Sokerin vaikutus reaktion kulkuun

a. Mitä luulet sokerin vaikuttavan reaktiokulkuun?

- Ruskista pieni määrä sipulia pannulla. Mittaa aikaa, kunnes sipulit ovat kauniin ruskeita. Tee ja kirjaa havaintoja aromista, väristä ja mausta
- Ruskista täsmälleen sama määrä sipulia pannulla sokerin kanssa. Mittaa aikaa, kunnes sipuli on kauniin ruskeaa. Tee ja kirjaa havaintoja aromista, väristä ja mausta.
- Sulata pieni määrä sokeria pannulla. Kun sokeri on sulanut ja muuttunut ruskeaksi, lisää sipulit. Ota aikaa, kauan sipulien ruskistumisessa kestää. Tee havaintoja sipulien väristä, aromista ja mausta.
- Tee johtopäätös, kuinka sokeri vaikuttaa Maillard-reaktion kulkuun.

2. pH:n vaikutus reaktion kulkuun

a. Mitä luulet pH:n vaikuttavan reaktion kulkuun?

- Ruskista pieni määrä sipulia pannulla. Mittaa aikaa, kunnes sipulit ovat kauniin ruskeita. Tee ja kirjaa havaintoja aromista, väristä ja mausta.
- Ruskista täsmälleen sama määrä sipulia siten, että sinulla on noin ½ tl ruokasoodaa yhtä kiloa sipulia kohden (laske, paljonko tarvitset ruokasoodaa valitsemallasi määrää sipulia!). Mittaa aika, joka kuluu sipuleita ruskistaessa. Tee ja kirjaa havaintoja väristä, aromista ja mausta.
- Ruskista täsmälleen sama määrä sipulia siten, että sinulla on reilusti yli ½ tl ruokasoodaa yhtä kiloa sipulia kohden. Mittaa aika, joka kuluu sipuleita ruskistaessa. Tee ja kirjaa havaintoja väristä, aromista ja mausta.
- Tee johtopäätös, kuinka pH vaikuttaa sipulien ruskistumiseen. Pohdi havaintojesi nojalla, onko mielekästä lisätä suurta määrää ruokasoodaa sipuleihin.

3. Lämpötilan vaikutus Maillard-reaktion kulkuun

a. Tee ennakko-oletus lämpötilan vaikutuksesta Maillard-reaktion kulkuun.

b. Tässä työssä ruskistetaan sipulia korkeassa lämpötilassa. Mitä riskejä siinä on olemassa ja kuinka voit ehkäistä riskin syntymistä?

- Ruskista pieni määrä sipulia alhaisessa lämpötilassa. Mittaa sipulien ruskettumisessa kulunut aika. Havainnoi ja kirjaa havainnot väristä, aromista ja mausta

- Ruskista pieni määrä sipulia korkeassa lämpötilassa. Mittaa sipulien ruskettumisessa kulunut aika. Tarkastele makua, aromia ja väriä. HUOM: Jos sipulit palavat mustiksi, älä maista niitä!

- Tee johtopäätös, kuinka lämpötila vaikuttaa Maillard-reaktion kulkuun.

4. Kosteuden vaikutus Maillard-reaktion kulkuun

a. Tee ennakko-oletus, miten vesi vaikuttaa Maillard-reaktion kulkuun.

b. Miksi pannulle lisätään rasvaa ennen sipulien lisäämistä?



## Lähteet

McGee H. (2004) *McGee on food & cooking: an encyclopedia of kitchen science, history and culture*. London: Hodder & Stoughton.

<https://foodcrumbles.com/maillard-reaction-mechanism-hard-core-chemistry/> luettu 29.5.2018.

<http://www.compoundchem.com/2015/01/27/maillardreaction/> luettu 29.5.2018.