

Kehittämistutkimus: Mausteiden kemiaa verkkomateriaalina peruskouluun

**Tekijä: Toni Rantaniitty
Pro gradu -tutkielma
Kemian opettajankoulutusyksikkö
Kemian laitos
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Helsingin yliopisto
Pvm: 26.5.2014
Ohjaajat:
Maija Aksela
Mikko Oivanen**

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET – UNIVERSITY OF HELSINKI		
Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty/Section		Laitos – Institution – Department
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Kemian laitos
Tekijä – Författare – Author		
Toni Rantaniitty		
Työn nimi – Arbetets titel – Title		
Kehittämistutkimus: Mausteiden kemiaa verkkomateriaalina peruskouluun		
Oppiaine – Läroämne – Subject		
Kemia (kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto)		
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages
Pro gradu -tutkielma	5/2014	111+27
Tiivistelmä – Referat – Abstract		
Mausteet ovat ihmiselle tärkeitä elintarvikkeita, koska ne sisältävät erilaisia kemiallisesti vaikuttavia ainesosia. Mausteiden kemiaa opettamalla voidaan yhdistää oppijan arkielämä ja kemia toisiinsa kontekstuaalisen oppimisen avulla. Oppijan kemiakuvan ja kiinnostuksen tukeminen ovat keskeisessä asemassa valtakunnallisessa Peruskoulun opetussuunnitelmien perusteissa (2004). Aikaisemman tutkimustiedon perusteella oppijat pitävät luonnontieteitä tärkeinä, mutta eivät ole kiinnostuneita kyseisistä oppiaineista. Kiinnostuksen puute on maailmanlaajuinen ongelma erityisesti jatko-opintoihin hakeutumisen osalta. Tässä kehittämistutkimuksessa laadittiin kontekstiin, konstruktivistiseen oppimiseen ja linjakkaaseen opetukseen perustuva verkko-oppimateriaali peruskoulun 7.-9.luokille. Tutkimus sisälsi seuraavat vaiheet: a) teoreettinen ongelma-analyysi, b) tarveanalyysi, c) oppimateriaalin laatiminen, d) oppimateriaalin arviointi ja e) oppimateriaalin kehittäminen arvioinnista saadun palautteen perusteella. Tutkimusta ohjasi kaksi pääkysymystä: 1) Miten mausteiden kemiaa opetetaan peruskoulussa? ja 2) Minkälainen on hyvä verkko-oppimateriaali? Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen etsittiin vastausta suorittamalla peruskoulun kemian oppikirjoille tekstien osalta sisällönanalyysi. Oppimateriaali laadittiin peruskoulun oppilaiden käyttöön sisällönanalyysin tulosten sekä teoreettisen ongelma-analyysin ja linjakkaan opetuksen perusteella. Oppimateriaali sisältää mausteiden kemian teoriaa, erilaisia tehtäviä (esimerkiksi kokeellisuutta ja pohdintatehtäviä) sekä kuvia ja videoita. Toiseen tutkimuskysymykseen etsittiin vastausta arvioimalla oppimateriaali opettajille ja opettajaopiskelijoille lähetetyn kyselylomakkeen avulla. Verkko-oppimateriaalin arvioi yhteensä 32 opettajaa ja opettajaopiskelijaa. Linkit verkkomateriaaliin ja kyselylomakkeeseen lähetettiin sähköpostilla kemian opettajille tarkoitetun tiedotuskanavan kautta. Vastaajat arvioivat verkkomateriaalin ulkoasun hyväksi ja hankalaksi koettua navigointia on kehitettävä jatkossa.		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords		
Mausteet, Verkkomateriaali, Kehittämistutkimus		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited		
Kemian laitos; Kumpulan kampuskirjasto		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		
Ohjaajat: Maija Aksela & Mikko Oivanen		

Sisällysluettelo

1. Johdanto	5
1.1. Luonnontieteiden yhteiskunnallinen rooli	5
1.2. Tulevaisuuden haasteet luonnontieteellisillä aloilla.....	6
1.3. Tapaus: Intia	6
1.3.1. Intian koulujärjestelmä	6
1.3.2. Luonnontieteet ja niiden opetus oppijan näkökulmasta	7
1.4. Tutkimuksen tarkoitus	9
2. Mausteiden kemiaa	10
2.1. Mausteiden ja yrttien historiaa	10
2.2. Mausteen määritelmä	12
2.3. Mausteiden ja yrttien käyttö	13
2.3.1. Ruoanlaitto	13
2.3.2. Muut käyttökohteet	15
2.4. Mausteita ja yrttejä	16
2.4.1. Appelsiininkuori	16
2.4.2. Chili	19
2.4.3. Inkivääri ja galangal	28
2.4.4. Kaneli ja kassiakaneli	32
2.4.5. Kurkuma	34
2.4.6. Maustepippuri	37
2.4.7. Minttu	40
2.4.8. Mustapippuri	49
2.4.9. Vanilja	51
2.4.10. Wasabi ja piparjuuri	56
2.5. Mausteiden ja yrttien turvallisuus	63
2.6. Mausteiden ja yrttien ympäristövaikutukset	65
3. Mausteet peruskoulun kemian sisällöissä	67
3.1. Opetussuunnitelmanäkökulma	67
3.2. Merkitys kemian oppimiselle	67
4. Oppimisesta ja opetusmenetelmistä	69
4.1. Kiinnostuksen teoria	69

4.2. Linjakas opetus	72
5. Kehittämistutkimus	73
5.1. Tutkimuskysymykset	74
5.2. Tarveanalyysi	74
5.3. Oppimateriaalin laatiminen	75
5.4. Oppimateriaalin arviointi	76
5.4.1. Kyselylomakkeen laatiminen	76
5.4.2. Kyselyn toteuttaminen	76
5.4.3. Kohderyhmä	77
5.5. Tutkimuksen luotettavuus	79
5.6. Oppimateriaalin kehittäminen	79
6. Tutkimuksen tulokset	80
6.1. Oppikirja-analyysi	80
6.2. Verkkomateriaali	81
6.2.1. Alkuperäinen oppimateriaali	85
6.2.2. Ensimmäinen muokkausvaihe	86
6.2.3. Toinen muokkausvaihe	88
6.2.4. Kolmas muokkausvaihe	89
6.3. Kokeellisuus	90
7. Yhteenveto	91
Lähteet	93
Liitteet	

1. Johdanto

1.1. Luonnontieteiden yhteiskunnallinen rooli

Luonnontieteet sekä niitä soveltavat tieteelliset ja teolliset tutkimusalat ovat tärkeitä, koska yhteiskunnan hyvinvoinnin ylläpitäminen vaatii niiden osaamista. Myös valtioidenvälisen kilpailukyvyyn säilyminen on riippuvainen luonnontieteiden osaamisesta sekä niiden opetuksesta, koska innovatiivisten ideoiden laatiminen vaatii alojen asiantuntijoilta luonnontieteellisten käsitteiden ja tutkimusmenetelmien ymmärtämistä. (OECD Global Science Forum, 2006; Hodson, 2008; Osborne et al., 2003; Patil, 2003).

Luonnontieteiden opetuksella pyritään tuomaan oppijalle (oppilas tai opiskelija) esille käsitteiden oppimisen lisäksi luonnontieteellistä tutkimusta ja sen luonnetta (Nature of Science, NOS) sekä lisäämään positiivista suhtautumista luonnontieteitä kohtaan. Osbornen ja hänen tutkimusryhmänsä tilastoista saamat tulokset luonnontieteilijöiden ja insinöörien suhteellisista määristä vuodelta 1993 on esitetty Taulukossa 1.1. (OECD Global Science Forum, 2006; Hodson, 2008; Osborne et al., 2003).

Taulukko 1.1. Luonnontieteilijöiden ja insinöörien suhteelliset määrät mantereittain vuonna 1993 (muokattu (Osborne et al., 2003)).

Manner	Luonnontieteilijöiden ja insinöörien suhteellinen määrä väestöstä $N \text{ [kpl/(10^6)]}$	Huomioitavaa
Aasia	3647	Japanin osuus 3548
Amerikka	2894	USA:n osuus 2685
Eurooppa	1632	-
Afrikka	53	-

1.2. Tulevaisuuden haasteet luonnontieteellisillä aloilla

Osbornen et al. tulosten perusteella keskeisimmät mantereet luonnontieteilijöiden ja insinöörien suhteellisella määrällä mitattuna ovat Aasia, Amerikka ja Eurooppa. Vaikka lukumäärät ovat merkittäviä kyseisten mannerten kohdalla, vuosikymmenten aikana tehtyjen tutkimusten perusteella luonnontieteellisille aloille hakeutuvien opiskelijoiden määrä sen sijaan on ollut laskussa. (OECD Global Science Forum, 2006; Gafoor & Smitha, 2012; Hodson, 2008; Osborne et al., 2003).

Määrän laskuun on vaikuttanut opiskelijoiden kiinnostus luonnontieteitä kohtaan. Oppijan näkökulmasta luonnontieteelliset aiheet ovat tylsiä, abstrakteja ja oikeasta elämästä irtaantuneita, mistä johtuen niitä kohtaan esiintyy kielteisiä käsityksiä oppijan näkökulman lisäksi myös väestön keskuudessa. (OECD Global Science Forum, 2006; Gafoor & Smitha, 2012; Hodson, 2008; Osborne et al., 2003).

1.3. Tapaus: Intia

1.3.1. Intian koulujärjestelmä

Intiassa koulu aloitetaan 6-vuotiaana. Koulutusjärjestelmä jakautuu peruskoulutuksen osalta neljään osaan:

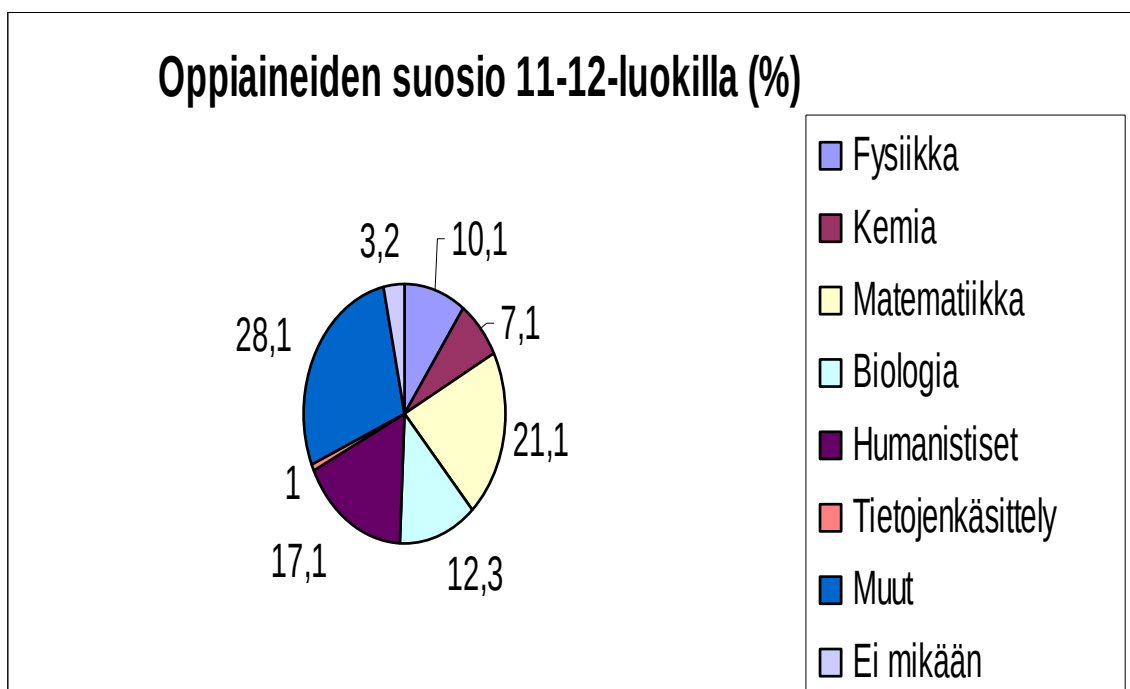
- 1) Esiopetusvaihe luokilla 1-5
- 2) Alakouluopetus luokilla 6-8
- 3) Yläkouluopetus luokilla 9-10
- 4) Lukio-opetus luokilla 11-12

Kemian opettaminen aloitetaan 6.luokalla, joka jatkuu pakollisena tiettyjen standardien mukaisesti 7-8-luokille saakka. Opetuksessa pyritään luonnontieteiden opettamisen lisäksi tuomaan esille ympäristökemiaa sekä tutkimuksellista näkökulmaa arkielämän esimerkkien avulla. (Gafoor & Smitha, 2012; Shukla, 2005).

1.3.2. Luonnontieteet ja niiden opetus oppijan näkökulmasta

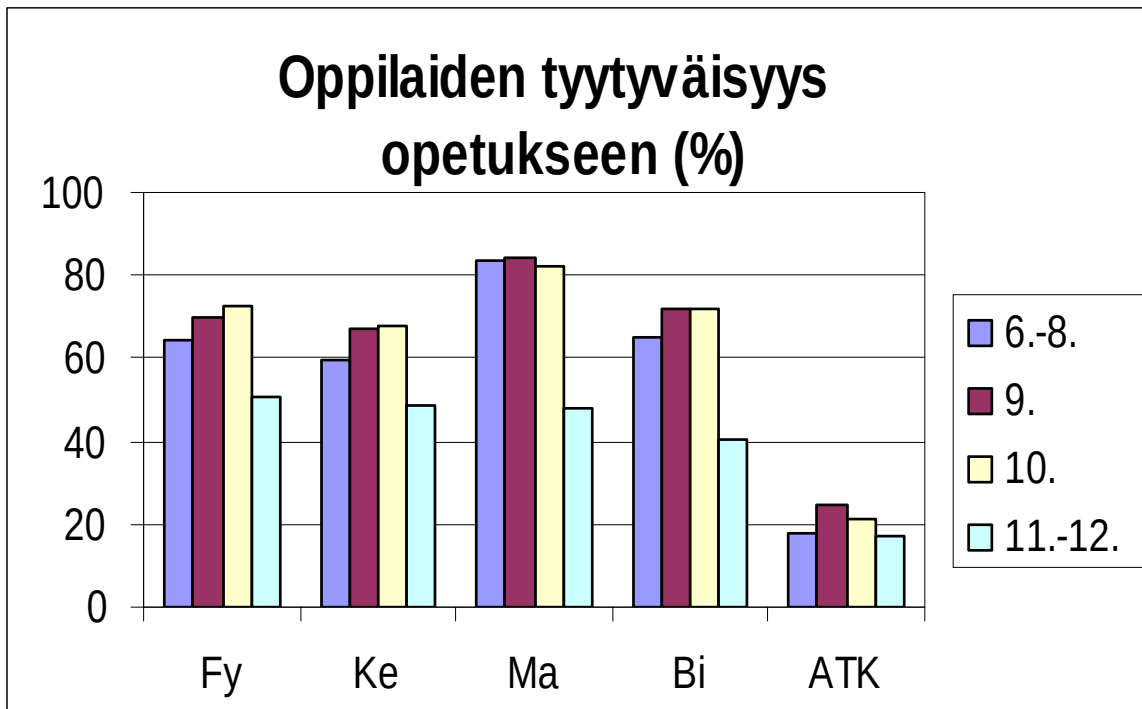
Shuklan (2005) raportin mukaan intialaista koulutusjärjestelmää käyvät oppijat pitävät luonnontieteitä ja teknologiaa tärkeinä yhteiskunnalle. Myös korkeakoulututkinnon suorittaminen kyseisillä aloilla koetaan heidän keskuudessaan arvostettavana. Luokilla 11-12 oppijoista n. 30 %:n mielestä suosituimpia luonnontieteellisiä oppiaineita ovat biologia, fysiikka ja kemia. Tarkemmat tulokset on esitetty Kaaviossa 1.3.2.1. (Shukla, 2005).

Kaavio 1.3.2.1. Luokilla 11-12 opettettavien aineiden suosion jakautuminen. Luonnontieteet on jaettu omiksi oppiaineikseen (Shukla, 2005).



Luonnontieteiden suosiosta ja arvostuksesta huolimatta intialaiset oppijat eivät valitse kemiaa jatko-opinnoissaan. Syynä tähän on Shuklan raportin tulosten mukaan se, että heidän kiinnostuksensa laskee merkittävästi luokilla 11-12. Samalla heidän tyytyväisyytensä saamaansa opetukseen laskee siirryttäessä 10. luokalta luokille 11-12. Tyytyväisyyden kehittyminen luonnontieteiden opetuksen osalta on esitetty Kaaviossa 1.3.2.2. (Gafoor & Smitha, 2010;2012; Shukla, 2005).

Kaavio 1.3.2.2. Luonnontiedeopetuksen tyytyväisyyden kehitysvaiheet luokilla 6-12 (mukaillen Shukla, 2005).



Kolme yleisintä perustelua, miksi intialaiset oppijat jättävät hakematta luonnontieteellisiin jatko-opintoihin, ovat:

- 1) Luonnontieteet eivät kiinnosta (44,5 %)
- 2) Luonnontieteissä opittavat aiheet ovat vaikeita (20,4 %)
- 3) Korkeakouluopinnot ovat kalliita (9,9 %)

Sukupuolen osalta naiset pitävät luonnontieteitä tärkeinä ja arvokkaina, mutta heidän ajattelutavoissaan vaikuttavat vahvasti intialaisen kulttuurin arvot ja normit. Naiset näkevät itsensä enemmän kotiäidin roolissa kuin jatkotutkinnon suorittajina, koska sosiaaliset tekijät (perhe, kastijärjestelmä ja varallisuus) painostavat heitä kotitöihin ja avioliittoon miesvaltaisessa yhteiskunnassa. (Indian National Science Academy, 2004; Bamji, 2005; Gafoor & Smitha, 2010;2012; Gafoor, 2011; Shukla, 2005).

1.4. Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kehittää Krappin (2002a;2002b) kiinnostuksen teoriaan sekä Löfströmin et al. (2010) verkko-oppimisen teoriaan pohjautuen verkko-oppimateriaalia peruskoulun oppilaiden käyttöön. Mausteiden kemialla käsittelevään verkko-oppimateriaaliin otetaan mukaan myös yrtejä, koska niillä on mausteiden kanssa useita yhteisiä käyttötarkoituksia. Tutkimus suoritetaan kehittämistutkimuksena, jolla pyritään selvittämään oppimateriaalin laatimisen tarve sekä kouluissa toimivien opettajien ja opettajaopiskelijoiden näkemyksiä sen soveltumisesta kemian opiskeluun. (Juuti & Lavonen, 2006; Juuti et al., 2012; Krapp, 2002a;2002b; Löfström et al., 2010).

2. Mausteiden kemiaa

2.1. Mausteiden historiaa

Mausteita on käytetty vuosituhansien ajan eri puolilla maapalloa, koska niillä on uskottu olevan ruoanlaiton ja terveyttä ylläpitävien vaikutusten lisäksi myös tärkeitä kulttuurillisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia. Tuhansia vuosia ennen ajanlaskun alkua Amerikan atsteekit ja mayat pitivät mausteita ruokien säilöntäaineiden ohella kallisarvoisina lahjoina, joita uhrattiin yliluonnollisille henkiolennoille. Uhrattavia mausteruokia olivat muun muassa makean kaakaomainen maissichilijuoma atole ja maissichilimuhennos posole. Mausteilla pyrittiin myös säilömään ja palsamoimaan ihmisiä, erityisesti heimojen päälliköitä. Lääkevalmistuksesta vastasivat heimojen poppamiehet, koska tietämättömyys kansan keskuudessa aiheutti taikauskoisia näkemyksiä. (Hiltunen et al., 1994; McGee, 2004a;2004b; Raghavan, 2000a).

Samoihin aikoihin Intiassa mausteissa kiinnostusta herätti niiden värikkyys, jolla oli vaikutusta myös kulttuuriin. Kurkuman ja sahramin antamien värien vaikutuksesta mausteet liitettiin osaksi aurinkoa ja erotiikkaa käsitteleviin vertauskuviin. Vertauskuvista johtuen mausteita pidettiin rahanarvoisina lahjoina, joita annettiin hääseremonioissa ja joilla koristeltiin öljyllä valeltuja hääpareja. Lisäksi maustevärien ansiosta intialaiset pystyivät erottamaan eri sosiaaliset yhteiskuntaluokat toisistaan käyttämällä iholla värillistä kuviota, jota kutsuttiin kumkumiksi. (Raghavan, 2000a; Ravindran, 2007; Remadevi et al., 2007).

Keskiajalla arabialaiset pyrkivät maustekaupan herruuteen rajoittamalla eurooppalaisten ja intialaisten välistä kaupankäyntiä. Rajoittaminen tapahtui erilaisten tullimaksujen avulla. Mausteiden kalleuden vuoksi vain rikkailla oli varaa ostaa niitä, mistä johtuen Euroopasta tuli kasvualusta erilaisille yrteille. Merkittävimpiä kasvatettuja ruokayrtejä olivat minttu, rosmariini, tilli ja salvia, joista valmistettiin erilaisia lääkevalmisteita. (Hiltunen et al., 1994; McGee, 2004a;2004b; Raghavan, 2000a).

Maustekaupan ohella Arabian valtakunta sai myös kulttuurisia ja luonnontieteellisiä vaikutteita, kun antiikin kulttuurien aikaisia tekstejä kopioitiin alkemistien käyttöön. Osa tieteilijöistä oli ulkomaalaisia, jotka työskentelivät kalifien ja sulttaanien suojeluksessa Arabian valtakunnassa. Saatavilla olleen tiedon ja kulttuurien välisen yhteistyön perusteella arabialaiset kehittivät kemiallisia erotusmenetelmiä, joilla mausteista voitiin valmistaa lääkeuutteita ja parfyymejä. Keskiajan arabialaisia luonnontieteitä on kuvailtu Kaaviossa 2.1. (Adamson, 2004; Ahtiainen et al., 2003; Heikura, 2013; Helenius et al., 2013; Hiltunen et al., 1994; McGee, 2004a;2004b; Saarikko, 2011).

Kaavio 2.1. Arabialaisten luonnontieteiden rakenne

(mukaillen Ahtiainen et al., 2003; Chempakam et al., 2012; Raghavan, 2000a).



Nykyaikana mausteiden käyttö on lisääntynyt merkittävästi, koska niitä on helpommin saatavilla ruokakaupoista. Kaupallisten tekijöiden lisäksi myös kokkien ja keittiömestareiden kiinnostus ruokien kemiallisiin ilmiöihin on lisännyt molekyyli gastronomian ja keittiökemian soveltamista ruoanlaitossa. Myös maahanmuutto on vaikuttanut mausteiden käytön ja ruokatrendien yleistymiseen, koska etniset vähemmistöt ovat tuoneet mukanaan omia kulttuurisia ruokaperinteitään ja niihin liittyviä mausteita. Yhdysvalloissa mausteiden käytön kasvuun ovat vaikuttaneet afrikkalaiset, aasialaiset ja latinalaisamerikkalaiset ruokakulttuurit. (Aguilera, 2012; Klosse, 2012; Raghavan, 2000c).

2.2. Mausteen määritelmä

Chempakamin tutkijaryhmän (Chempakam et al., 2012) mukaan mauste on

- Vahvasti makua antava aine
- Kasvipерäinen aine
- Aromeja antava aine

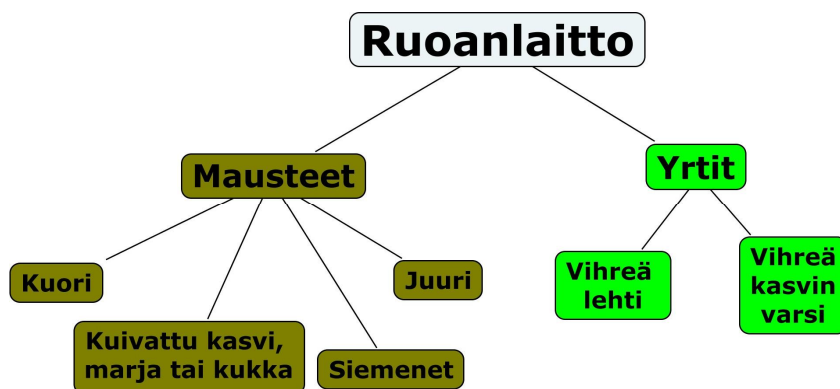
Mausteiden määritelmään kuuluu lisäksi se, että mausteet ovat kuivattuja kasvinosia ja että maustetta lisätään ruokaan parantamaan sen makua sekä antamaan biokemiallisia makuelämyksiä. Yrtit sen sijaan ovat tuoreita tai kuivattuja viherkasveja, joista ruoanlaitossa hyödynnetään lehti- tai varsiosat. Mausteiden lähteet on esitetty Taulukossa 2.2. ja mauste-yrtti-jaottelu Kaaviossa 2.2. (Chempakam et al., 2012).

Taulukko 2.2. Kasvinosat, joista saadaan mausteita

(Adamson, 2004; Chemat-Djenni et al., 2010; Chempakam et al., 2012).

Kasvinosa	Esimerkki
Kuori	Appelsiininkuori, kaneli
Kuivatut marjat	Mustapippuri
Kukat	Neilikka, ruusu
Siemenet	Korianteri
Juuri	Inkivääri, valkosipuli

Kaavio 2.2. Mauste-yrttijaottelu (mukaillen Chempakam et al., 2012).



2.3. Mausteiden ja yrttien käyttö

2.3.1. Ruoanlaitto

Mausteilla on erilaisia käyttötarkoituksia. Ruoanlaitossa niiden sisältämiä aromeja pyritään tuomaan esille eri ruoanvalmistusmenetelmillä. Mausteiden homogenisoinnilla tarkoitetaan mausteiden murskaamista tai jauhamista hienojakoisemmaksi esimerkiksi huhmareessa. Homogenisoimalla maustetta muutetaan sen vuorovaikutuspinta-alaa sekä helpotetaan paksun kuoren sisällä olevien helposti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vapautumista. Mustapippurin homogenisointi on esitetty Kuvassa 2.3.1. (McGee, 2004a;2004b; Takemasa & Hirasa, 1998a).

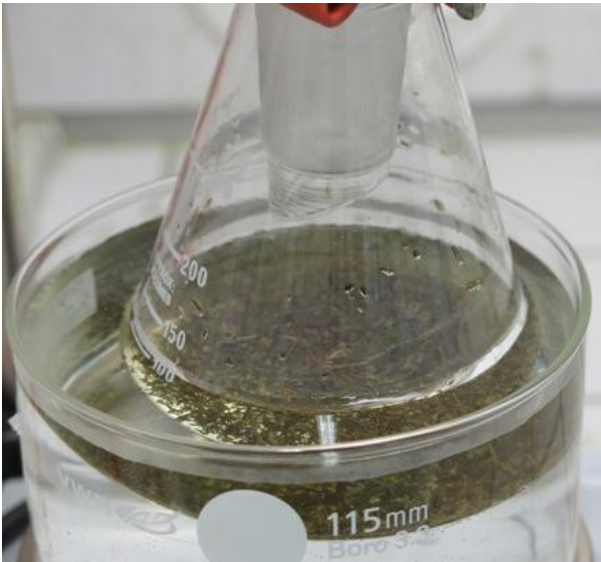


Kuva 2.3.1. Pinta-alan kasvattamisella ja hienontamisella aromit vapautuvat helpommin mausteesta.

Homogenisoinnin lisäksi mausteiden aromeja voidaan vapauttaa kuumalla vedellä tai erilaisten öljyjen ja rasvojen avulla, koska useimmat mausteiden kemiallisista yhdisteistä ovat rasvaliukoisia. Rasvat toimivat tällöin uuttoliuottimena. Mausteisen öljyn valmistaminen kestää ruoanlaitossa muutaman päivän tai jopa kuukausia, mutta uuttamista voidaan nopeuttaa kuumentamalla liuotinta. Timjamimausteöljyn valmistusta on esitetty Kuvissa 2.3.2. ja 2.3.3. (Aaltonen et al., 2002; Loeschnig, 1994; McGee, 2004a;2004b; Takemasa & Hirasa, 1998a).



Kuva 2.3.2. Timjamilla maustetun öljyn valmistusaineet.



Kuva 2.3.3. Timjamin aromien uuttamista öljyyn voi nopeuttaa kuumentamalla seosta joko keittolevyllä tai vesihauteessa.

Uuttamisen, kuumentamisen ja homogenisoinnin lisäksi ruoanlaitossa tulee Takemasan ja Hirasen (1998a) mukaan ottaa kemiallisesta näkökulmasta huomioon

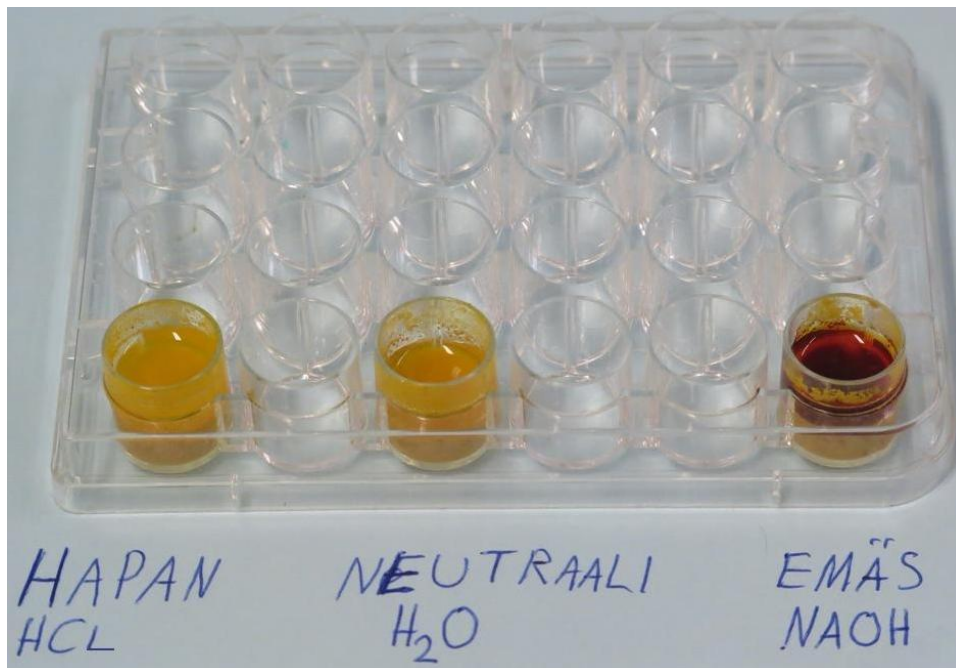
- Uuttoliuottimen omat aromit (esim. vahvasti aromikkaat oliiviöljyt tai alkoholit peittävät mausteen aromeja).
- Mausteiden tuoreus (kuivattu vs. vettä sisältävä tuore mauste).
- Mausteseosten käyttäminen (mausteiden sisältämien yhdisteiden väliset vuorovaikutukset ja niiden vaikutus aromien vahvuuteen).

2.3.2. Muut käyttökohteet

Ruokalaiton ohella mausteita on käytetty usein perinteisessä lääketieteessä torjumaan erilaisten mikrobien leviämistä ja desinfioinnissa. Mausteita on joko syöty sellaisenaan tai erilaisina lääkevalmisteina, koska niistä saatavilla fytokemiallisilla yhdisteillä on antioksidanttisia vaikutuksia ja huonoa vointia parantavia ominaisuuksia. Merkittävimpiä yhdisteitä mausteissa ovat fenolijohdannaiset, joita tutkitaan niiden syöpää ja muita sairauksia ehkäisevien vaikutusten vuoksi. (Chempakam et al., 2012; Ficker et al., 2003; Hiltunen et al., 1994; Kiran et al., 2013; McGee, 2004a;2004b; Nagpal & Sood, 2013; Small, 2011a; Topno et al., 2013; Vogel, 1969).

Mausteita on käytetty myös hajuvesien ja vaatteiden väriaineiden valmistuksessa vuosisatojen ajan. Osa mausteista on kuitenkin jouduttu poistamaan käytöstä kyseisiltä teollisuuden aloilta, koska niistä on joko aiheutunut allergisia reaktioita iholle ja hengitysteille tai ne eivät ole vastanneet teollisuusalan nykytarpeisiin. (Chan & Moward, 1998; Premavalli, 2007; Ravindran, 2007; Small, 2011b; van den Akker et al., 1990).

Kuva 2.3.4. Kemiallisesti käsiteltyä kurkumaa käytettiin ennen vaateteollisuudessa kankaiden värjäämiseen.



Harvinaisempia käyttökohteita mausteille ovat polymeerien valmistaminen ja maustepalovaroittimet. Mausteista valmistettujen polymeerien ongelmina ovat kuitenkin ympäristölle haitalliset valmistuskemikaalit ja vaaralliset työskentelyolosuhteet. Maustepalovaroittimet sen sijaan ovat vielä kehitysastevaiheessa ennen kuin niitä voidaan levittää laajempaan kaupalliseen arkikäyttöön. (Akkara et al., 1991; Goto et al., 2010;2012; Halford, 2011; Levenstein, 2011).

2.4. Mausteita ja yrttejä

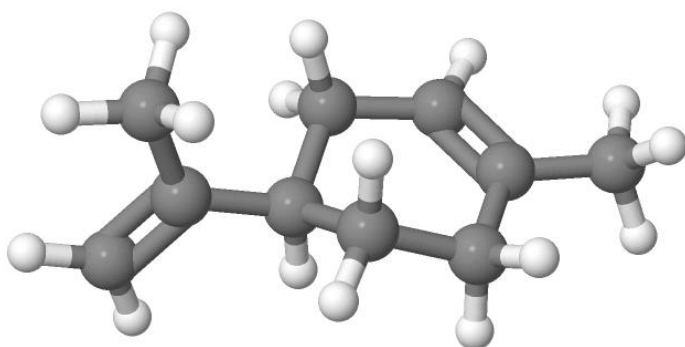
2.4.1. Appelsiininkuori

Appelsiini on ympäri maailmaa viljeltävä sitrushedelmiin kuuluva kasvi, jonka hedelmiä käytetään ruoissa. Hedelmälihan lisäksi myös appelsiininkuorta voidaan käyttää mausteena joko pää- tai jälkiruoissa. Kiinassa kuivattua appelsiininkuorta käytetään ankanlihaa sisältävissä ruoissa, mutta ennen käyttöä ruoanvalmistajan on harkittava huolella kuinka paljon hän sitä käyttää. Ruoasta tulee sitrusmaisen väkevää, jos sitä käyttää suuria määriä. Jauhettuna appelsiininkuoren käyttö vaatii liottamista vedessä, jotta sen sisältämät sitruunahappo ja limoneeni vapauttavat sitrusmaisia aromejaan. Appelsiininkuoren kuivattu ja jauhettu maustemuoto on esitetty Kuvassa 2.4.1. (Aaltonen et al., 2002; Chiralt et al., 2002; McGee, 2004a;2004c).



Kuva 2.4.1. Kuivattua appelsiininkuorta.

Appelsiininkukan tavoin myös appelsiininkuorta voidaan höyrytislata hajuvesikäyttöön. Tislattavana liuottimena käytetään vettä, johon on annosteltu raastettua tai kuivattua appelsiininkuorta. Seos kuumennetaan kiehuvaaksi tislauskolvissa, jolloin vesi ja helposti haihtuvat orgaaniset yhdisteet, kuten limoneeni, haihtuvat tislauskolvista. Haihtuneet yhdisteet ja vesi jäähtyvät jäähdyttäjässä sekä lasipinnoilla ja valuvat keräysastiaan, jossa ne muodostavat orgaanisen kerroksen ja vesikerroksen. Limoneenin rakenne on esitetty Kuvassa 2.4.2. (Chemat-Djenni et al., 2010; Di Giacomo & Di Giacomo, 2002; McGee, 2004c).

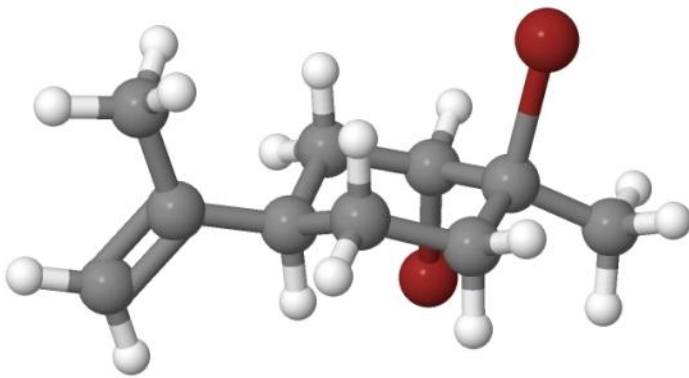


Kuva 2.4.2. Limoneenin rakenne (CAS 5989-27-5; Jmol).

Limoneenin vaikutusta voidaan testata bromikokeella. Kokeessa pelkkää vettä sisältävään koeputkeen muodostuu keltaruskeaa väriä, mutta limoneenia sisältävä seos poistaa bromin värin. Reaktiossa kaksoissidos katkeaa ja muodostuu dibromilimoneenia. Bromikokeen kemikaalit ja välineet on esitetty Kuvassa 2.4.3. Dibromilimoneenin rakenne on esitetty Kuvassa 2.4.4. (Orgaanisen kemian perustyöt I, 2013; McMurry, 2008a; Park & Soo-Un, 1998).



Kuva 2.4.3. Bromikokeessa käytetyt kemikaalit.

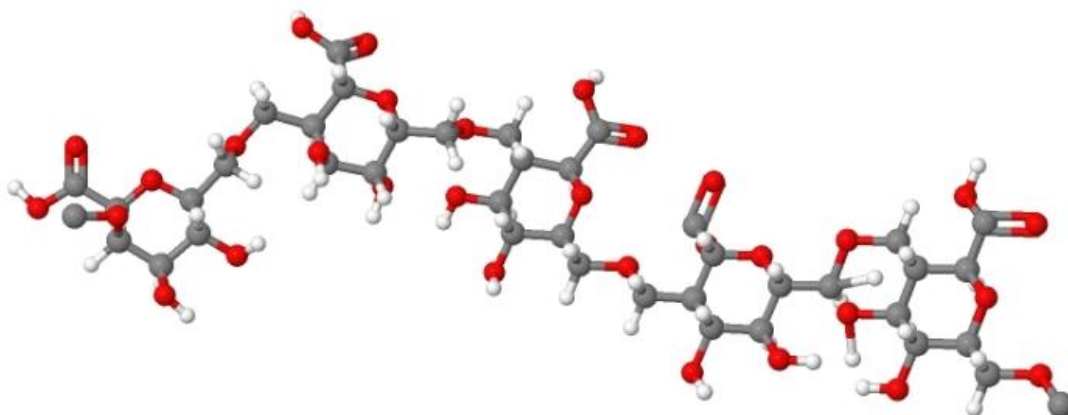


Kuva 2.4.4. 1,2-Dibromilimoneenin rakenne (CAS 73121-78-5; Jmol).

Suurin osa tislatusa tuotteesta on vettä, mutta orgaanisessa kerroksessa (faasissa) merkittävin kemiallinen ainesosa on limoneeni, joka antaa tuotetta varovasti haisteltaessa sitrusmaisen tuoksun. Limoneenin tislauksessa ongelmana on appelsiininkuoren sisältämä luonnonpolysakkaridi pektiini, jota esiintyy runsaasti albedoksi kutsutussa kuoren valkoisessa osassa. Albedo on esitetty Kuvassa 2.4.5. ja pektiinin rakenne Kuvassa 2.4.6. (McGee, 2004c; Mohnen, 2008; Ropers et al., 2008).



Kuva 2.4.5. Valkoista albedoa, joka sisältää pektiiniä.



Kuva 2.4.6. Pekiinin polysakkaridiketjun rakenne (mukaillen Jmol; Ropers et al., 2008).

Pektiini ja albedo voivat aiheuttaa luonnonpolymeereinä vaahdon ja polymeerikalvon muodostumista tislattavassa seoksessa, jolloin kemiallisten yhdisteiden haihtuminen estyy. Pektiinistä johtuen tislauksessa on käytettävä joko kuivattua tai pektiinitöntä kuorta. Muita vaihtoehtoja ovat kuoren raastaminen, mekaaninen sekoittaminen tai vaahdonestoaineen, kuten silikonin polymeerien käyttö. (McGee, 2004c; McGregor et al., 1988; Mohnen, 2008; Ritzoulis, 2013; Ropers et al., 2008; Walstra, 2002).

2.4.2. Chili

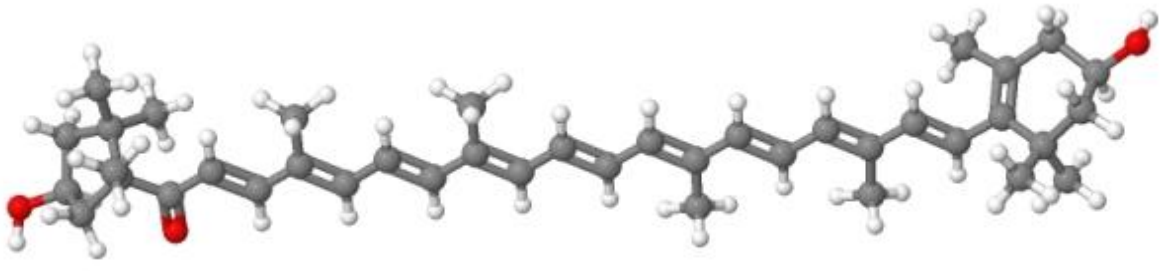
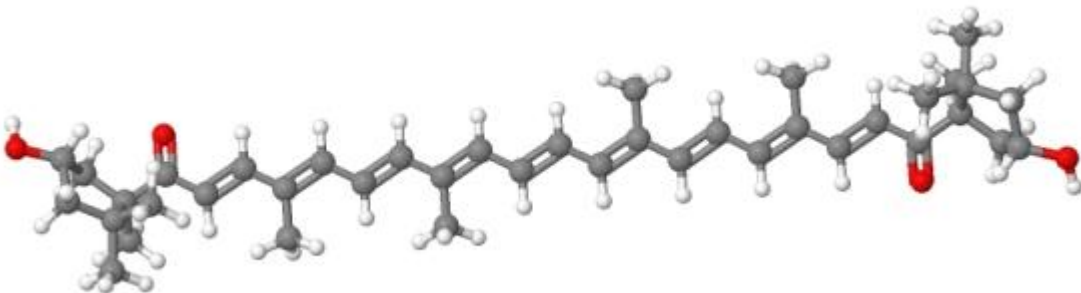
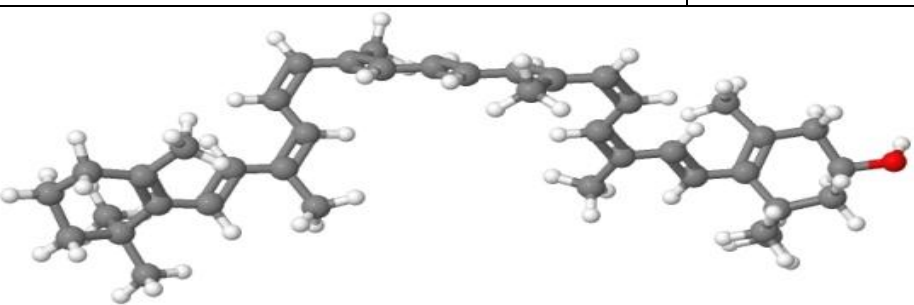
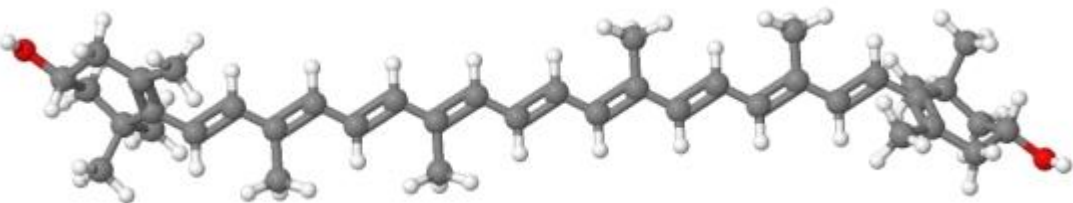
Chili on tulinen paprikakasvi, jota kasvatetaan kaikilla mantereilla. Suurimmat chilintuottajat ovat Intia ja Kiina. Chilivalikoimissa mitattuna sen sijaan suurin tuottaja on Meksiko. Mausteena chiliä voidaan käyttää sekä tuoreena että kuivattuna. Muita käyttökohteita chilille ovat kankaiden värjäys, pippurisuihkeet sekä kivunlievitys- ja painonhallintalääkkeet. Ruoanlaittajan on oltava huolellinen annostellessaan chiliä ruokaan, koska chililajit sisältävät eri määrän poltetta aiheuttavia kemiallisia yhdisteitä. Tulinen chilikasvi habanero on esitetty Kuvassa 2.4.7. (Joint Committee of the Pharmaceutical Society and the Society for Analytical Chemistry, 1959;1964; Berke & Shieh, 2001; May, 2013; Smeets & Westerterp-Plantenga, 2010; 2009; Van Vaerenbergh, 2011).



Kuva 2.4.7. Habanero on tulinen chilikasvi.

Chilikasvin väri riippuu sen sisältämistä karotenoideista, joita voidaan tulisuutta aiheuttavien kemiallisten yhdisteiden mukana uuttaa ja käyttää esimerkiksi paprikavillassa. Punaيسssa chilissä värin aiheuttavat kapsantiini ja kapsorubiini. Värin aiheuttavat karotenoidit voidaan erottaa toisistaan käyttämällä ohutkerroskromatografiaa, jossa niiden erottaminen perustuu erilaiseen poolisuusasteeseen. Chilien sisältämien karotenoidien rakenteet on esitetty Taulukossa 2.4.1. (Joint Committee of the Pharmaceutical Society and the Society for Analytical Chemistry, 1959;1964; Berke & Shieh, 2001; Hamilton & Hamilton, 1987; Kulkarni et al., 2011; Pernaa, 2008).

Taulukko 2.4.1. Chilin väriaineita (mukaillen (Berke & Shieh, 2001; Jmol)).

Yhdisteen nimi	CAS-numero
Kapsantiini	465-42-9
	
Kapsorubiini	470-38-2
	
Kryptoksantiini	472-70-8
	
Zeaksantiini	144-68-3
	

Chili maistuu tuliselta, koska se sisältää kemiallisia yhdisteitä nimeltään kapsaisinoidit. Merkittävin yhdiste kapsaisinoideista on kapsaisiini, jota esiintyy eniten chileissä. Kapsaisiini on pitkäketjuinen vanilloidijohdannainen, joka liukenee orgaanisiin liuottimiin kuten alkoholeihin, bentseeniin ja eettereihin. Rasvaliukoisuuden vuoksi kapsaisiinin ja kapsaisinoidien tulusuus ei katoa juotaessa vettä tai hiilihapollisia juomia. Sen sijaan suun huuhteluaineena täytyy käyttää maitotuotteita, sokerivettä, alkoholia tai öljyä, koska ne sisältävät orgaanisia yhdisteitä ja liuottavat kapsaisinoideja. Kapsaisinoidiyhdisteiden rakenteet on esitetty Taulukossa 2.4.2., kapsaisiinin esiintymisalueita chilissä Kuvassa 2.4.8. ja chilien uuttamisprosessia Kuvassa 2.4.9. (Haynes, 2013-2014; May, 2013; McGee, 2004b; Van Vaerenbergh, 2011).

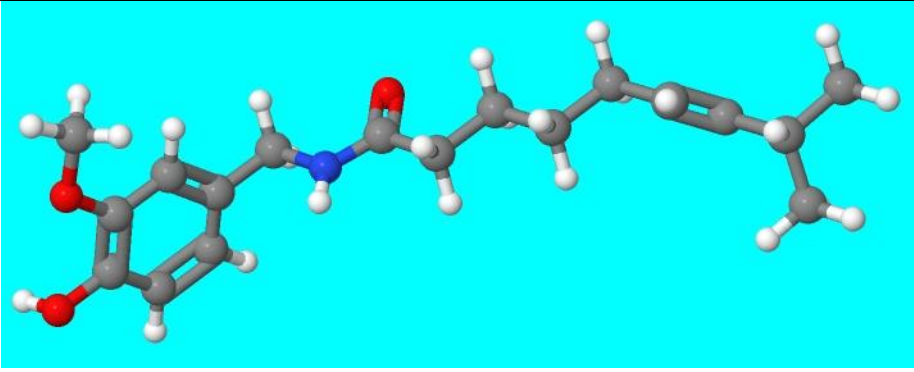
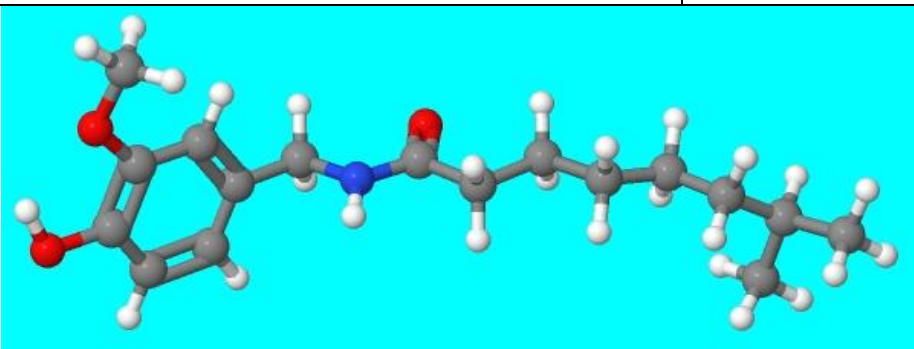
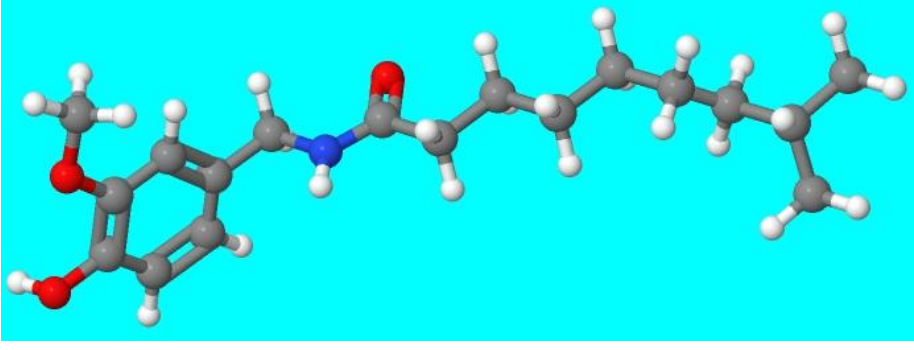


Kuva 2.4.8. Kapsaisiinia muodostuu biologisesti siemenkodassa ja hedelmälihan rauhasissa.



Kuva 2.4.9. Chilin väriaineita ja kapsaisinoideja voidaan uuttaa etanolilla.

Taulukko 2.4.2. Kapsaisinoideja (mukaillen (Jmol; Van Vaerenbergh, 2011)).

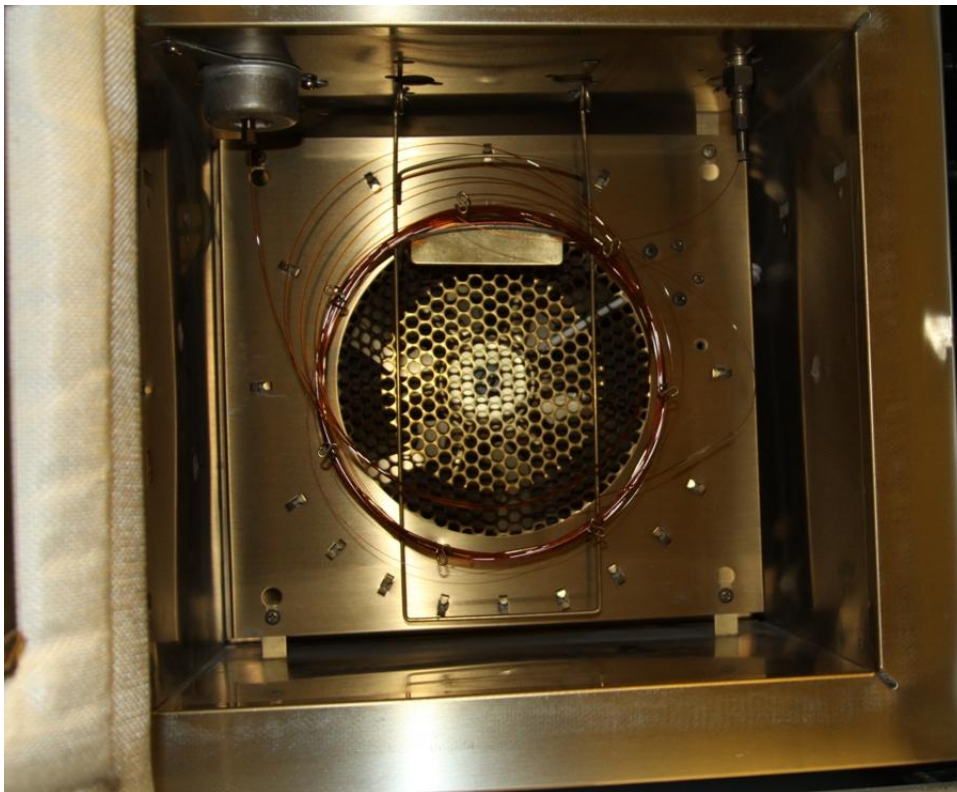
Yhdisteen nimi	CAS-numero
Kapsaisiini	404-86-4
	
Nordihydrokapsaisiini	28789-35-7
	
Dihydrokapsaisiini	19408-84-5
	

Chilin polttavuutta voidaan mitata sekä ihmisaistien että mittauslaitteiden avulla. Aisteilla mitattuna voidaan tuntea kapsaisinoidien polttavat vaikutukset kielen päällä. Eräs tunnetuimmista maistamiskokeista on Wilbur Scovillen 1900-luvun alussa kehittämä menetelmä, jossa liuosmuodossa olevia chilivalmisteita kaadetaan kielen päälle. Maistaja nauttii alkuperäisen liuksen laimennoksia, kunnes polte katoaa. Scovillen subjektiivisuutta painottava koe ei ole riittävä chilin poltteen määrittämiseen koska a) koemaistajia on viisi, b) koemaistajien kielten rakenteet eroavat biologisesti toisistaan ja c) kasvuolosuhteet vaikuttavat chilien tulisuuteen. Chilejä ja niiden scoville-arvoja on esitelty Taulukossa 2.4.3. (Haug et al., 2007; May, 2013; Scoville, 1912; Shepherd, 2006).

Taulukko 2.4.3. Yleisimpiä chililajikkeita (mukaillen May, 2013; Van Vaerenbergh, 2011).

Chilikasvi	Lajike	Scoville-arvo	Erityistä
Jalapeno	Capsicum annuum	2500-8000	Yleisesti käytetty
Tabasco	Capsicum frutescens	30 000-50 000	Tabasco-kastike
Aji	Capsicum baccatum	30 000-50 000	Hedelmäinen maku
Habanero	Capsicum chinense	100 000-350 000	Tulisimpia ruokachilejä

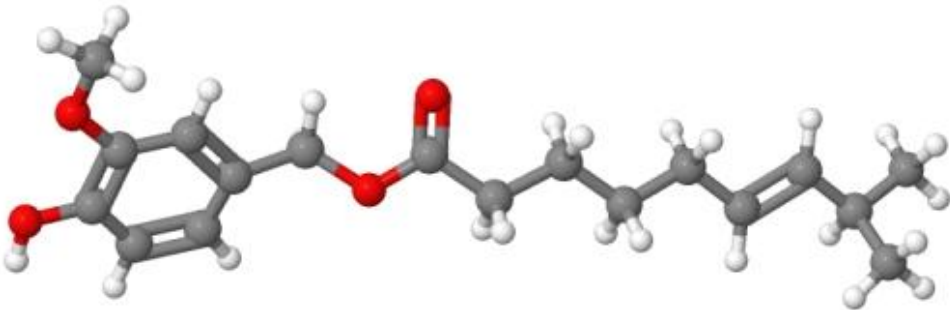
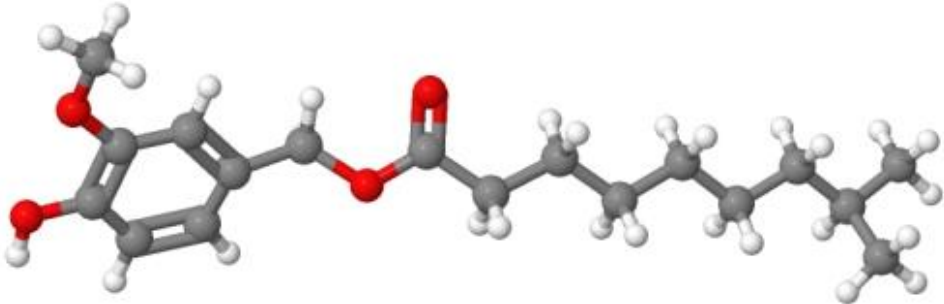
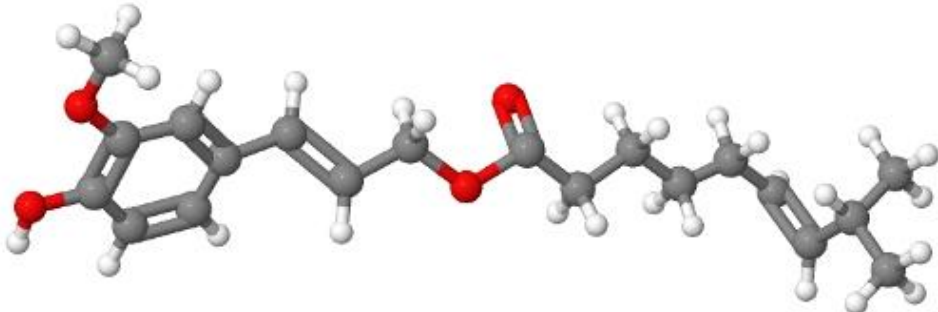
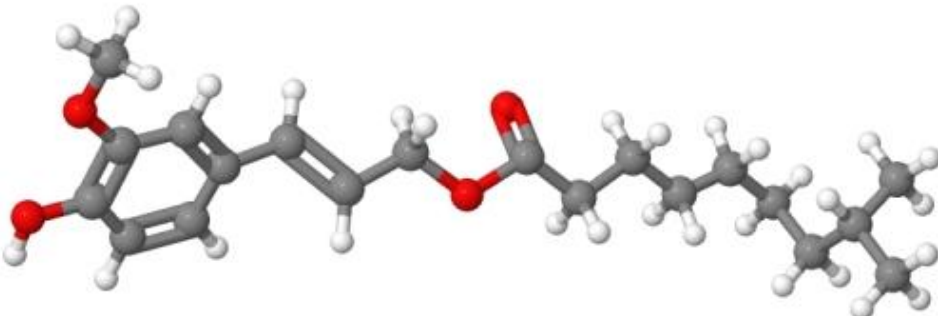
Subjektiivisten kokeiden lisäksi kapsaisinoidien pitoisuuksien määrittämiseen on kehitetty myös erilaisia kromatografisia menetelmiä. Kaasukromatografiassa kapsaisinoideja sisältävä nestemäinen chilinäyte voidaan annostella laitteen näyteputkeen, kuumentaa kaasuksi ja johtaa kantajakaasulla polymeeristä valmistettua kolonnia pitkin kohti laitteen havaitrinta. Vastaavasti nestekromatografiassa ajoliuos kuljettaa tutkittavaa chilinäytettä ja kapsaisinoidit erottuvat vuorovaikutusten ja pidättymisajan perusteella. Kaasukromatografialaite on esitelty Kuvassa 2.4.10. (Codex Alimentarius, 2009; 2010; Al Othman et al., 2011; Chasteen, 2009; Hübschmann, 2001; May, 2013; Nwokem et al., 2010; Willett, 1987).



Kuva 2.4.10. Kaasukromatografiassa kapsaisinoidit kulkevat uunissa ohutta polymeeristä valmistettua kapillaarikolonnia pitkin kohti havaitainta.

Kapsaisinoidien polttavista vaikutuksista johtuen niiden käyttöä on rajoitettu lääkkeissä korvaamalla niitä sukulaisyhdisteillä, joita kutsutaan kapsinoideiksi ja kapsikoninoideiksi. Jalostamalla ja tarkemmilla määritysmenetelmillä chileistä on saatu erotettua kyseisiä yhdisteitä, koska niillä on todettu olevan samankaltaisia ominaisuuksia kuin kapsaisinoideilla. Lisäksi kapsinoidit ja kapsikoninoidit ovat vähemmän polttavia, koska ne eivät sisällä rakennekaavojensa perusteella amidiosaa. Kapsaisinoidien sukulaisyhdisteet on esitetty Taulukossa 2.4.4. (De Lourdes Reyes-Escogido, 2011; He et al., 2009; Kobata et al., 1999;2011; Luo et al., 2011; Ono et al., 2011; Smeets & Westerterp-Plantenga, 2009; 2010; Tanaka et al., 2009;2010; Yazawa et al., 2004).

Taulukko 2.4.4. Kapsaisinoidien sukulaisyhdisteet
(mukaillen Luo et al., 2011; Tanaka et al., 2009; Jmol).

Yhdisteen nimi	CAS-numero
Kapsiaatti	205687-01-0
	
Dihydrokapsiaatti	205687-03-2
	
Kapsikoniaatti	946572-73-2
	
Dihydrokapsikoniaatti	946572-74-3
	

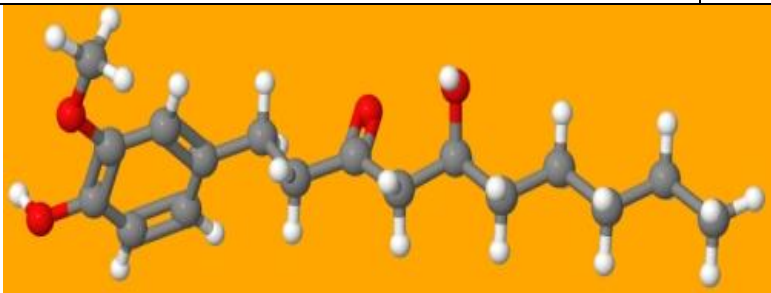
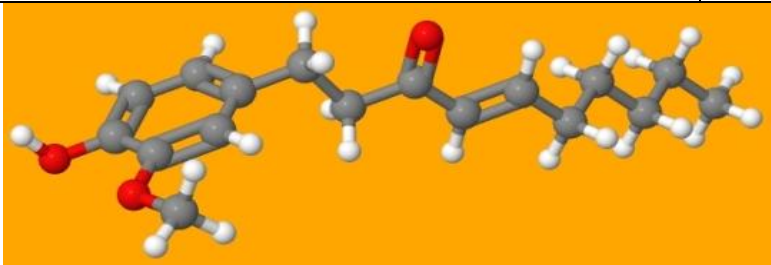
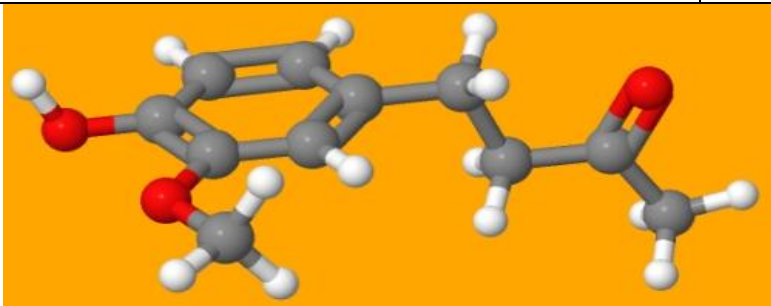
2.4.3. Inkivääri ja galangal

Inkivääri on Aasiassa kasvatettava maustekasvi, jonka juuret aiheuttavat syötäessä chilin tavoin polttavia makuelämyksiä. Ruoanlaiton lisäksi inkivääriä käytetään myös lääkeaineiden valmistuksessa, koska se ennaltaehkäisee ja parantaa monia lihaksiin, suolistoon ja suonistoihin liittyviä sairauksia. Inkivääri sisältää erilaisia kemiallisia yhdisteitä, kuten zingibereeniä, gingerolia, shogaolia ja zingeronia. Inkivääri on esitetty Kuvassa 2.4.11. ja inkiväärin yhdisteet Taulukossa 2.4.5. (Aaltonen et al., 2002; Chempakam et al., 2012; Connell & McLachlan, 1972; Debbarma et al., 2013; Hiltunen et al., 1994; Kiran et al., 2013; McGee, 2004b; Raghavan, 2000b).



Kuva 2.4.11. Hillottua inkivääriä (DoWhile/Wikimedia Commons CC-BY-PD).

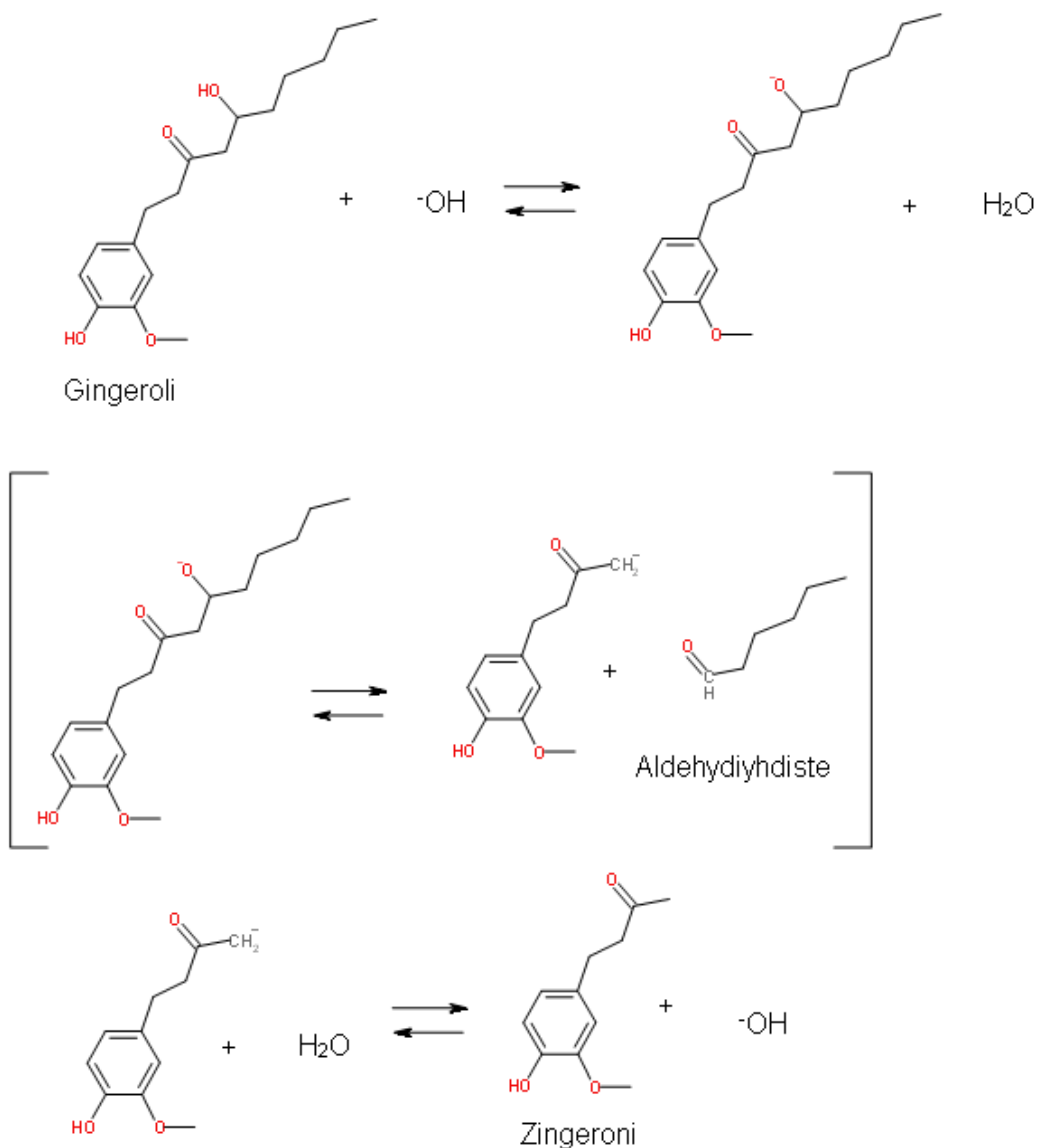
Taulukko 2.4.5. Inkivääriyhdisteiden rakenteet (Hiltunen et al., 1994; Chen et al., 1986; Jmol).

Yhdisteen nimi	CAS-numero
Zingibereeni	495-60-3
	
6-Gingeroli	23513-14-6
	
6-Shogaoli	555-66-8
	
Zingeroni	122-48-5
	

Inkiväärin tuliset ominaisuudet johtuvat sen sisältämästä fenolijohdoksista, joista merkittävimmät ovat gingeroli, shogaoli ja zingeroni. Inkiväärin tulisuusasteeseen vaikuttavat myös esiintymismuoto ja kemialliset olosuhteet ruoanlaitossa. Tuoreen inkiväärin tulisuus johtuu gingerolista, mutta inkiväärin kuivuessa gingerolimolekyyleistä vapautuu vesimolekyylejä ja gingeroli muuttuu tuliseksi shogaoliksi. Emäksisissä olosuhteissa gingerolimolekyylit hajoavat zingeroniksi ja aldehydyhdisteeksi. Inkiväärin paistamisen aikana sen sijaan voi paisto-olosuhteista riippuen muodostua joko shogaolia ja zingeronia. Zingeronin muodostuminen on esitetty Reaktiossa 2.4.1. (Chen et al., 1986; Connell & McLachlan, 1972; McGee, 2004b; Raghavan, 2000b).

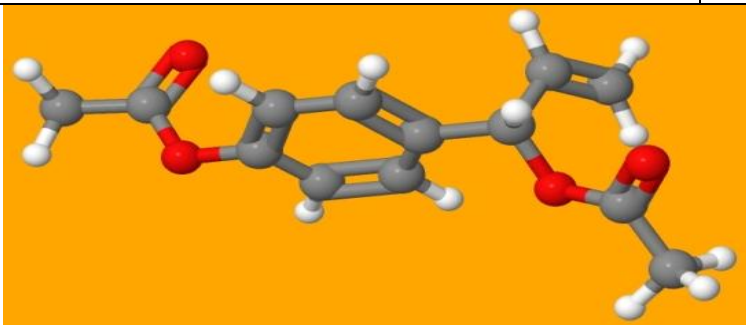
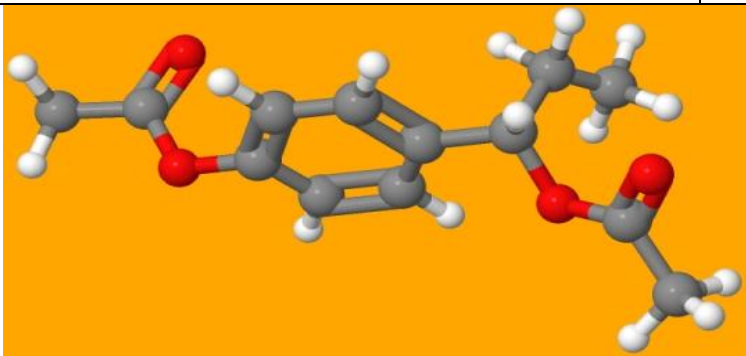
Reaktio 2.4.1. Zingeronin muodostumisreaktio

(mukaillen Chen et al., 1986; McMurry, 2008c).



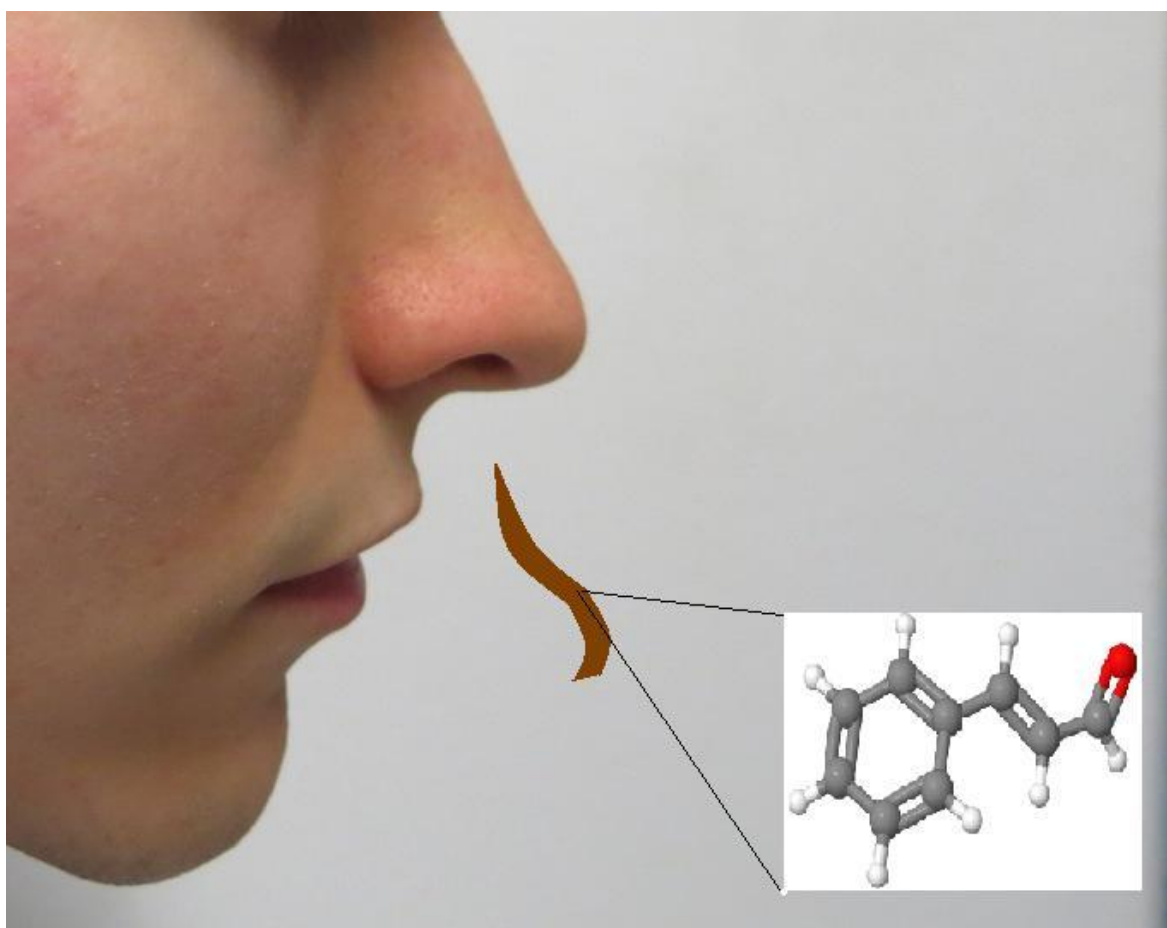
Inkiväärin tilalla ruokailija voi käyttää vaihtoehtoisesti sen tulisuusasteeltaan miedompaa sukulaismaustetta galangalia. Galangalista käytetään mausteena inkiväärin tavoin sen juuriosaa, joka sisältää tulsia makuelämyksiä antavia galangaaliasetaatteja. Kiinnostus galangalia kohtaan on lisääntynyt 2000-luvulla, koska sen käyttöä hapettumisenestoaineena (antioksidanttina) on tutkittu paljon lihaa ja rasvaa sisältävissä ruoissa. Lisäksi galangalia on pidetty historiallisesti hygienia tuotteena sekä potenssilääkkeenä. Galangaaliasetaattien rakenteet on esitetty Taulukossa 2.4.6 (Cheah & Abu Hasim, 2000; Juntachote et al., 2006; Siripongvutikorn et al., 2009; Small, 2011a; Yang & Eilerman, 1999; Yang et al., 2009).

Taulukko 2.4.6. Galangaaliasetaatteja (mukaillen Yang & Eilerman, 1999; Yang et al., 2009).

Yhdisteen nimi	CAS-numero
Galangaaliasetaatti	52946-22-2
	
Dihydrogalangaaliasetaatti	61824-47-3
	

2.4.4. Kaneli ja kassiakaneli

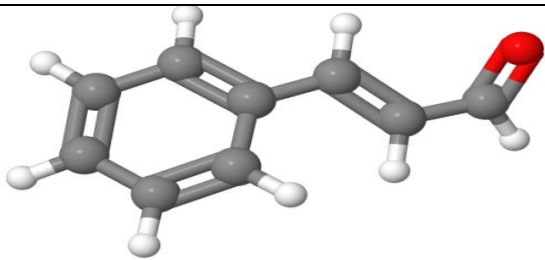
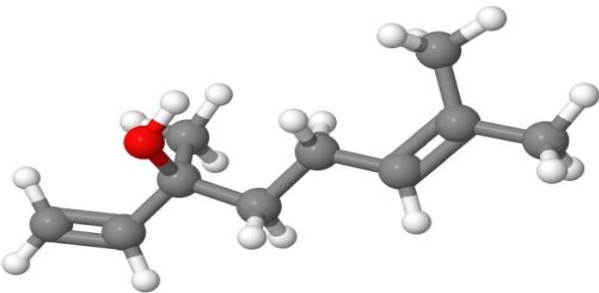
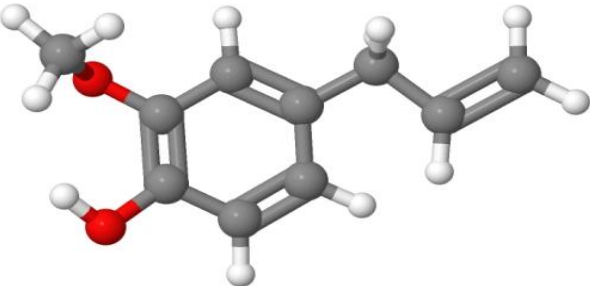
Kaneli on Intian niemimaalta kotoisin oleva mauste, jota käytetään joko jauhattuna tai tankoina ruoanlaitossa. Kanelia käytetään myös hygieniatuotteiden valmistuksessa sekä huonon olotilan ehkäisemisessä. Kanelin tuoksu johtuu kanelialdehydistä, joka helposti haihtuvana orgaanisena yhdisteenä leviää diffuusion vaikutuksesta huoneilmaan. Kanelialdehydin tunkeutuessa ihmisen sieraimiin nenässä olevat hajureseptorit antavat aivoille kemiallisia viestejä. Kanelialdehydin antamat viestit ovat usein miellyttäviä ja tunnelmallisia. Kanelin aromien kulkeutumista nenään on havainnollistettu Kuvassa 2.4.12. (Haug et al., 2007; Krishnamoorthy & Rema, 2003; McGee, 2004b; Raghavan, 2000b; Seo et al., 2009; Shepherd, 2006; Takemasa & Hirasu, 1998a; Tro, 2008; van den Akker et al., 1990).



Kuva 2.4.12. Kanelialdehydi ja muut kaneliyhdisteet kulkeutuvat ilmvirran mukana ihmisen sieraimiin ja siellä hajureseptoreihin.

Yleisesti käytössä olevia kanelilaatuja ovat ceyloninkaneli ja kassiakaneli. Kanelilaadut eroavat kemiallisesti toisistaan siten, että ceyloninkaneli tuo esille kukkaisia ja hedelmällisiä aistimuksia ja kassiakaneli sen sijaan kanelista väkevän mausteisia puolia. Ceyloninkanelin kukkaiset ja hedelmäiset tuoksut johtuvat alkoholiyhdisteistä eugenolista ja linalolista. Kassiakanelin väkevyys puolestaan johtuu suuremmasta kanelialdehydipitoisuudesta, minkä vuoksi ceyloninkanelijauheen aromeja väkevöitetään usein kassiakanelilla. Kaupallisesti myytävän kanelin laatu vaihtelee myös myyntimaan perusteella, koska Yhdysvalloissa ja Kiinassa yleisesti leivonnaisten valmistuksessa käytetään kassiakanelia. Ceyloninkanelia käytetään eniten, muun muassa Intiassa ja Iso-Britanniassa hedelmiä sisältävissä ruoissa. Kanelin ja kassiakanelin yhdisteiden rakenteet on esitetty Taulukossa 2.4.7. (McGee, 2004b; Raghavan, 2000b).

Taulukko 2.4.7. Kanelin ja kassiakanelin kemialliset yhdisteet (Raghavan, 2000b; Jmol).

Yhdisteen nimi	CAS-numero
Kanelialdehydi	104-55-2
	
Linaloli	78-70-6
	
Eugenoli	97-53-0
	

2.4.5. Kurkuma

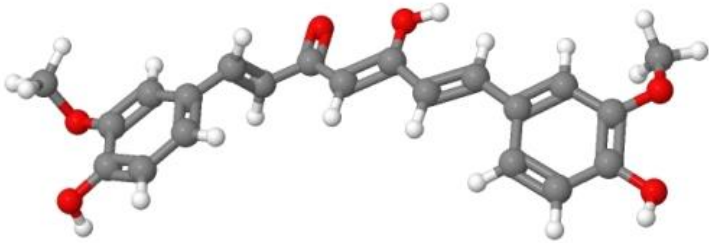
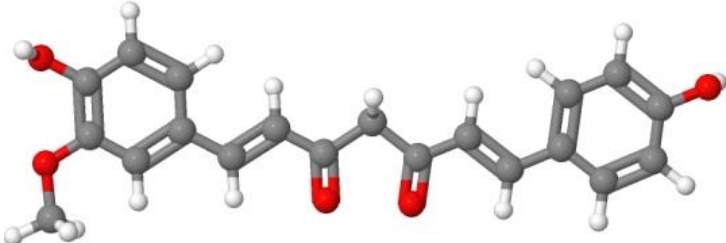
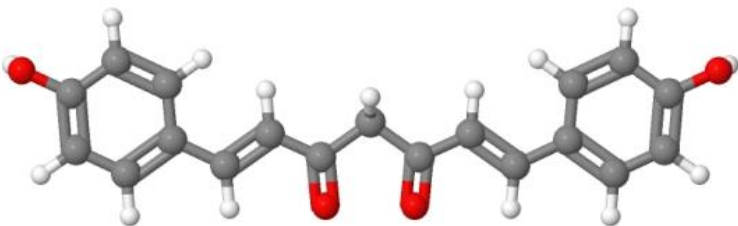
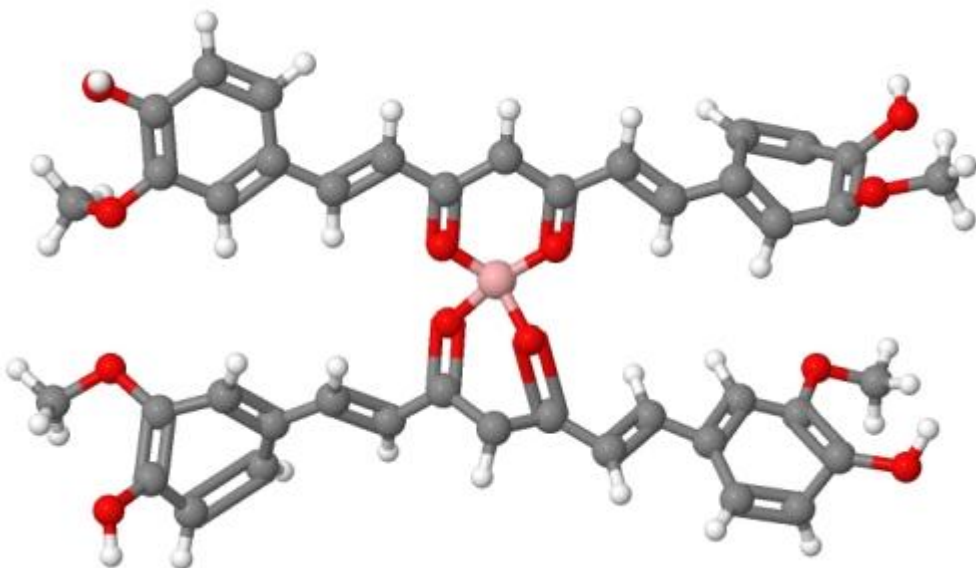
Kurkuma on intialainen mauste, jota on käytetty historian aikana moneen eri tarkoitukseen. Alun perin kurkumaa on käytetty mausteena parantamaan ruoan ulkonäköä, koska kurkuman keltainen väri on intialaisen kulttuuriperinnön mukaan verrattavissa aurinkoon ja positiiviseen olotilaan. Ruoan värjäämisen lisäksi kurkuman väriä on pyritty muokkaamaan erilaisilla kemiallisilla yhdisteillä, jotta siitä saatavia värisävyjä voidaan käyttää vaatteissa. Kurkuman fluoresoivien ominaisuuksien ja värin perusteella kurkumaväriainetta sisältämiä vaatteita voidaan tutkia UV-valolla ja spektrofotometrialla. Kurkuman ongelmana on sen huono pysyvyys kankaalla, mistä johtuen värisävyt haalistuvat helposti valon vaikutuksesta. Kurkumaa ei tämän vuoksi enää käytetä vaatteissa. Kurkuma on esitetty Kuvassa 2.4.13. (Premavalli, 2007; Raghavan, 2000a; Ravindran, 2007; Remadevi et al., 2007; Small, 2011b).



Kuva 2.4.13. Kurkumajauhetta.

Kurkuman värinmuutokset aiheutuvat sen sisältämästä kurkumiinista ja kurkumiinijohdoksista, jotka reagoivat tiettyjen kemiallisten yhdisteiden kanssa ja muodostavat kompleksiyhdisteitä. Kompleksinmuodostuksen voivat aiheuttaa esimerkiksi boori tai rauta- ja hydroksidi-ionit. Puolimetalleihin kuuluva boori antaa punaisen, raskasmetalli-ioneihin kuuluva rauta(II)-ioni ruskean ja emäksinen hydroksidi-ioni punaruskean sävyn. Orgaanisista yhdisteistä indigo muodostaa kurkumiinijohdosten kanssa vihreitä kompleksiyhdisteitä. Värinmuutoksista johtuen kurkumaa käytetään indikaattorina. Kurkumiini ja johdokset on esitetty Taulukossa 2.4.8. ja kemikaaleilla käsitelty kurkumat Kuvassa 2.4.14. (Bellamy et al., 1952; Premavalli, 2007; Ravindran, 2007; Remadevi et al., 2007; Small, 2011b).

Taulukko 2.4.8. Kurkumiini ja johdokset (mukaillen Bellamy et al., 1952; Premavalli, 2007; Jmol).

Yhdisteen nimi	CAS-numero
Kurkumiini	458-37-7
	
Monodemetoksikurkumiini	22608-11-3
	
Didemetoksikurkumiini	33171-05-0
	
Rososyaniini (boori-kurkumiini kompleksiyhdiste)	37204-72-1
	

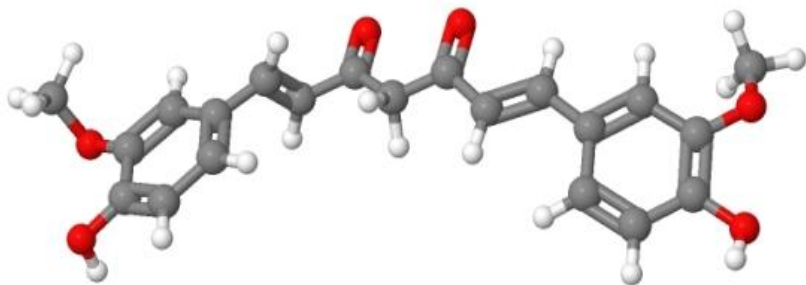
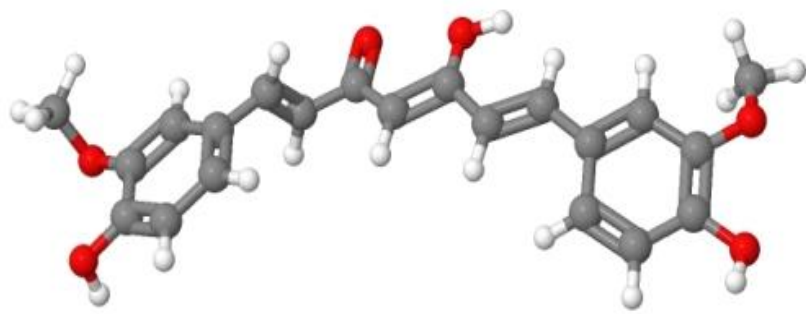


Kuva 2.4.14. Rautasulfaatilla, indigokarmiinilla, vedellä ja kaliumhydroksidilla käsitellyt kurkumanäytteet, jotka on kerätty pumpulilla.

Kurkumiiniyhdisteistä eli kurkuminoideista kurkumiini on merkittävin, koska sitä esiintyy eniten kurkumassa. Kurkumiini antaa kurkumalle sille ominaisen keltaisen värin ja maun, joka vaihtelee tulisen ja myskimäisen välillä. Kurkumiinin vaikutus tulee esille erityisesti silloin, kun ruoassa on muita mausteita. Kurkumiini vaikuttaa merkittävästi myös lääkkeenä, koska sitä on käytetty syövän ja mikrobitautien ehkäisyssä sekä lievittämään vatsa- ja hammaskipuja. (Nagpal & Sood, 2013; Premavalli, 2007; Ravindran, 2007; Remadevi et al., 2007; Small, 2011b; Tayyem et al., 2009).

Kurkumiinin rakenne sen sijaan on aiheuttanut sekä kemiallista että lääketieteellistä keskustelua, koska yhdisteellä esiintyy keto-enolitaautomeriaa. Osa tutkijoista on sitä mieltä, että kurkumiinin antioksidanttinen ja lipidien härskiintymistä estävä vaikutus perustuu ketonimuodon vaikutuksiin. Osa tutkijoista on puolestaan pysyvemmän enolimuodon kannalla, koska he vetoavat spektroskopiasta saatuihin tuloksiin. Molemmat osapuolet perustavat väitteensä myös käytettyihin laskennallisiin menetelmiin. Kurkumiinin ketoni- ja enoli-muoto on esitetty Taulukossa 2.4.9. (Kolev et al., 2005; McMurry, 2008d; Priyadarsini et al., 2003).

Taulukko 2.4.9. Kurkumiinin ketoni- ja enolimuoto (mukaillen Jmol; Kolev et al., 2005; Priyadarsini et al., 2003)).

Rakenne	Erityistä
Kurkumiinin diketonimuoto 	Rakennetta on tutkittu lipidien härskiintymisen ehkäisy- ja radikaalinmuodostuskokeilla.
Kurkumiinin enolimuoto 	Pysyvämpi muoto; Rakennetta on tutkittu spektroskopiolla.

2.4.6. Maustepippuri

Maustepippuri on Keski- Amerikasta kotoisin oleva karheakuorinen mauste, jota saadaan kuivatuista marjoista. Myös maustepippurikasvin lehtiä sekä kaarnaa voidaan käyttää maustamiseen. Käyttökohteina ovat tällöin erityisesti karibialaiset savustetut ruoat ja eksoottiset juomat, joihin pyritään lisäämään maustepippurin aromeja. Maustepippuri eroaa kemiallisesti ja biologisesti muista yleisesti käytössä olevista pippurilajikkeista siten, että sen aromit ovat miedompia. Mustapippurin tavoin maustepippuri sisältää erilaisia terpeeniyhdisteitä, kuten α -pineeniä ja karyofylleeniä. Toisin kuin mustapippuri maustepippuri ei sisällä kemiallisista yhdisteistä poltetta aiheuttavaa piperiiniä, vaan sille ominaislaatuksen aromin aiheuttaa fenoliyhdisteisiin kuuluva tymoli. Lisäksi maustepippurin kemialliset aromit ovat yhdistelmiä muista eksoottisista mausteista, kuten muskottipähkinästä, mausteneilikasta, eukalyptuksesta ja kanelista. Maustepippuri on esitelty Kuvissa 2.4.15. sekä 2.4.16. ja sen kemialliset yhdisteet Taulukossa 2.4.10. (De Vincenzi et al., 2002; McGee, 2004b; Raghavan, 2000a;2000b).

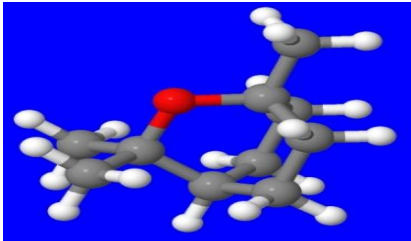
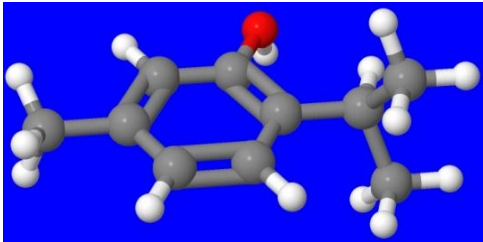
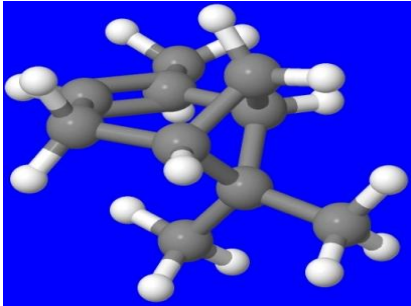
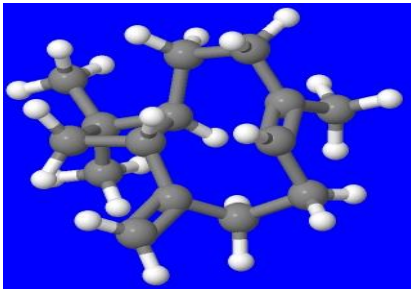
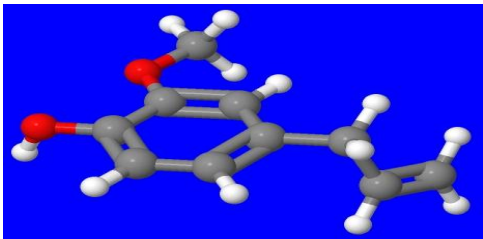


Kuva 2.4.15. Maustepippurin marjaa käytetään kuivattuna mausteena lihassa.



Kuva 2.4.16. Maustepippurijauhetta käytetään amerikkalaisissa kastikkeissa.

Taulukko 2.4.10. Maustepippurin kemialliset yhdisteet (mukaillen De Vincenzi et al., 2002; McGee, 2004b; Raghavan, 2000b).

Yhdisteen nimi	CAS-numero	Erityistä
1,8-Sineoli (eukalyptoli) 	470-82-6	Esiintyy myös kanelissa ja eukalyptuksessa; Virkistävä aromi.
Tymoli 	89-83-8	Maustepippurille ominainen aromi.
α -Pineeni 	80-56-8	Esiintyy monissa mausteissa (muun muassa. mustapippurissa); Mäntymäinen aromi.
Karyofylleeni 	87-44-5	Esiintyy monissa mausteissa (muun muassa. mustapippurissa, kanelissa); Puinen aromi.
Eugenoli 	97-53-0	Esiintyy monissa mausteissa (muun muassa. muskottipähkinässä, kanelissa ja mausteneilikassa); Makea aromi.

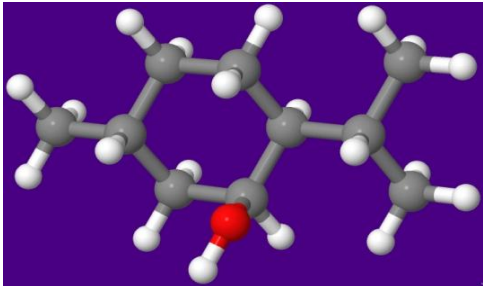
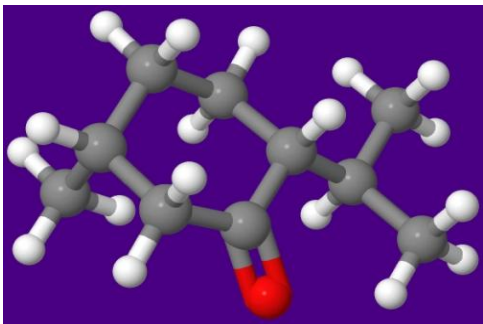
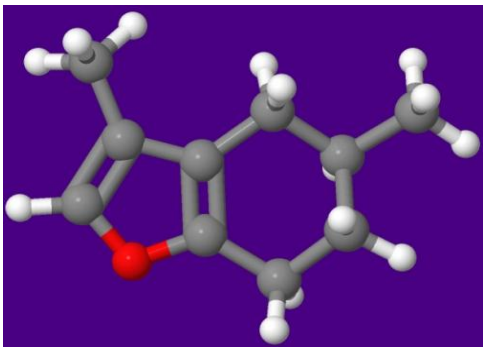
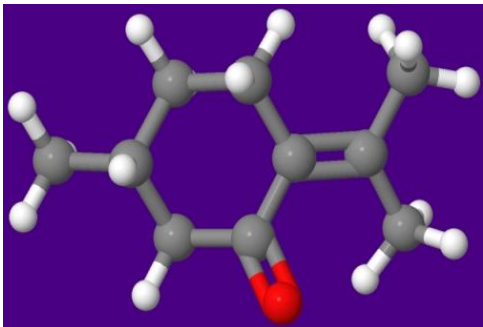
2.4.7. Minttu

Minttu on Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa yleisesti kasvatettava yrtti, jota käytetään tuoreena pää- ja jälkiruokien maustamiseen sen virkistävän ja viilentävän vaikutuksen vuoksi. Minttulajikkeita on olemassa useita erilaisia, mutta yleisimmin käytössä olevat minttulajikkeet ovat viher- ja piparminttu (englanniksi spearmint ja peppermint). Minttulajikkeet ovat herkkiä kasveja lämpötilan ja kosteuden suhteen, minkä vuoksi niitä täytyy käsitellä varovasti kasvatuksen aikana. Muutoin minttulajikkeiden lehdistä pääsevät haihtumaan niille ominaiset kemialliset maku- ja hajuaineet. Vaikka viher- ja piparminttu ovat biologisesti sukua toisilleen, niiden erot tulevat esille helposti haihtuvien yhdisteiden osalta. Piparmintun aromit aiheutuvat suurelta osin fenolihdisteestä nimeltään mentoli. Viherminttu puolestaan saa sille ominaiset arominsa karvonyhdisteistä. Minttu on esitelty Kuvassa 2.4.17. ja minttulajikkeiden kemialliset yhdisteet Taulukossa 2.4.11. (Hiltunen et al., 1994; Hopp & Lawrence, 2006; McGee, 2004a;2004b; Mircioaga & Calinescu, 2011; Raghavan, 2000a;2000b).

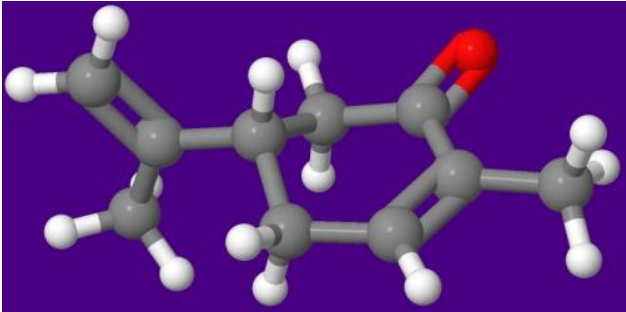
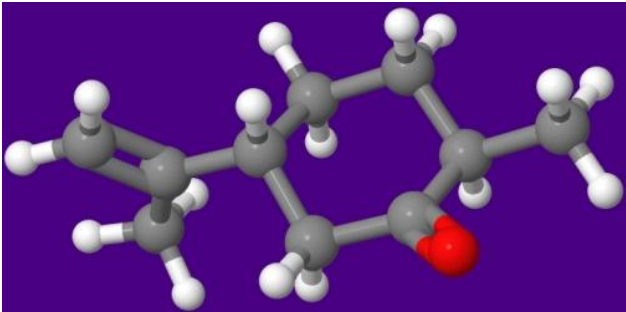


Kuva 2.4.17. Kaupallisesti ruukussa myytävää minttua.

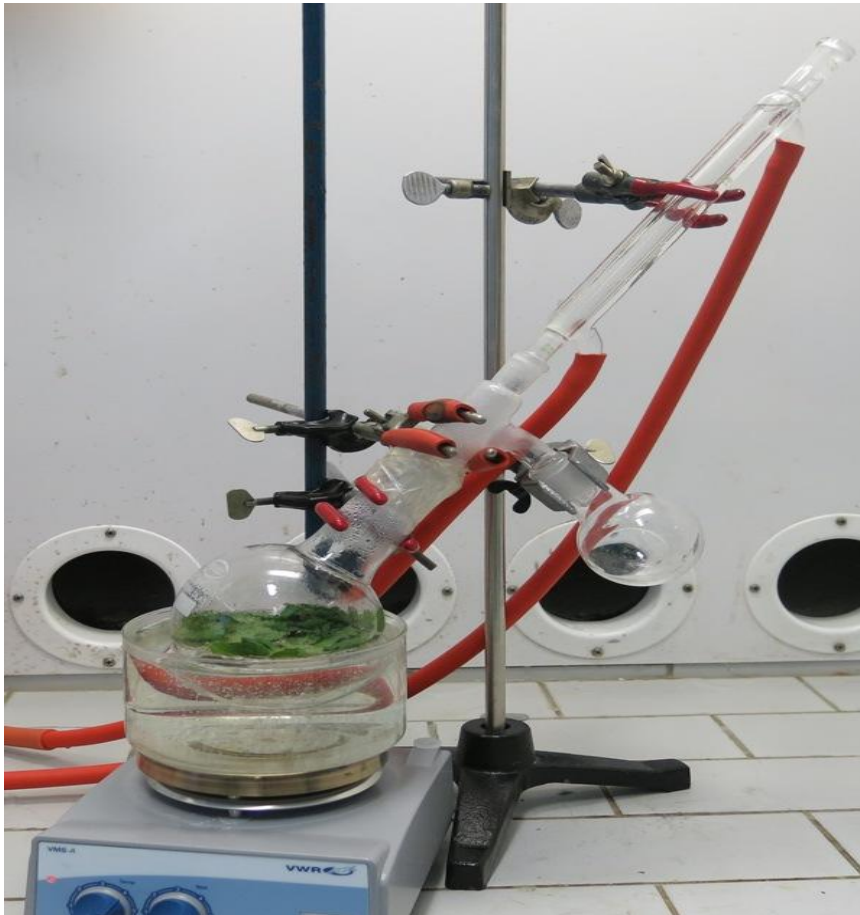
Taulukko 2.4.11. Mintun kemialliset yhdisteet (mukaillen Faska et al., 2008; Hiltunen et al., 1994; Mircioaga & Calinescu, 2011; Raghavan, 2000b; Jmol).

Yhdisteen nimi	CAS-numero	Erityistä
Mentoli 	89-78-1	Merkittävä piparmintussa; Viilentävä vaikutus.
Mentoni 	89-80-5	
Mentofuraani 	494-90-6	Rantamintun alalajike japaninminttu voidaan erottaa piparmintusta mentofuraanin perusteella.
Pulegoni 	89-82-7	Tutkittu teräksen korroosiota estävänä tekijänä.

Taulukko 2.4.11. jatkuu. Mintun kemialliset yhdisteet (mukaillen Faska et al., 2008; Hiltunen et al., 1994; Mircioaga & Calinescu, 2011; Raghavan, 2000b; Jmol).

Yhdisteen nimi	CAS-numero	Erityistä
Karvoni 	99-49-0	Merkittävä vihermintun yrttimäiselle maulle.
Dihydrokarvoni 	5948-04-9	Merkittävä vihermintun yrttimäiselle maulle.

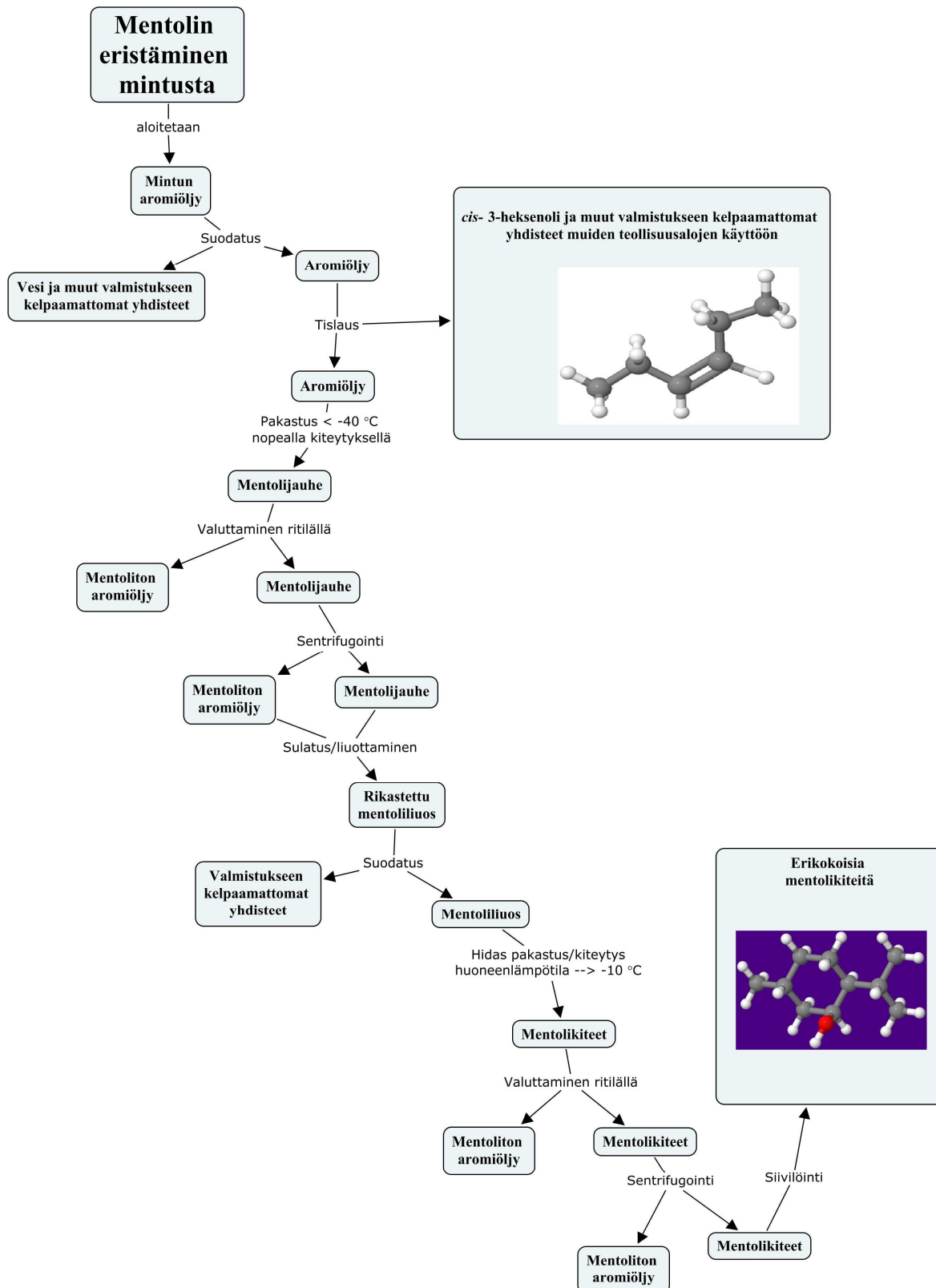
Mintun sisältämää mentolia ja mentonia saadaan teollisuuden käyttöön eri keinoilla. Eräs yksinkertaisimmista menetelmistä perustuu mintunlehtien höyrytislamiseen, jossa liuottimena käytetään vettä. Tislauksessa saatava tuote sisältää kaksi nestekerrosta, joista tiheydeltään harvempi mentoli on päällimmäisessä eli orgaanisessa faasissa. Toisena vaihtoehtona lehtien sisältämän mentolin tislaukselle on mikroaaltoavusteinen uutto, jossa liuottimen sijasta lämmityksen ja säteilytyksen kohteena ovat lehtien pooliset vesimolekyylit. Mintun tislaukseen käytettävä tisluslaitteisto on esitetty Kuvassa 2.4.18. (Asekun et al., 2007; Haynes, 2013-2014; McGee, 2004a;2004b; Mircioaga & Calinescu, 2011).



Kuva 2.4.18. Mentolin tislauslaitteisto.

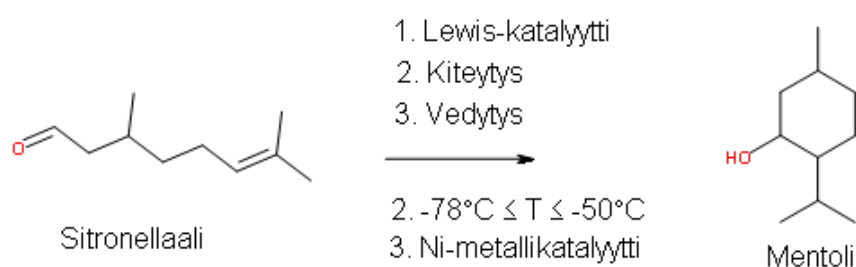
Laajemmassa teollisessa mittakaavassa mentolia voidaan eristää mintun aromiöljystä käyttämällä erotusmenetelminä kiteyttämistä, suodattamista, tislausta, sentrifugointia sekä nopeaa ja hidasta kylmäkiteyttämistä. Erotusmenetelmien tarkoituksena on tällöin poistaa mentolituotteesta veden ja muun jätteen lisäksi myös mentolia sisältämätöntä öljyä (Dementholized Oil, DMO). Suodatuksella poistetaan erityisesti aromiöljyn vettä, ja mentolia sisältämättömän öljyn poistaminen tapahtuu valuttamalla sitä ritilän läpi epäpuhtaista mentolikiteistä. Mentolin teollista prosessia on havainnollistettu Kaaviossa 2.4. (Hopp & Lawrence, 2006).

Kaavio 2.4. Luonnossa kasvavien minttujen sisältämän mentolin eristäminen (mukaillen Hopp & Lawrence, 2006).

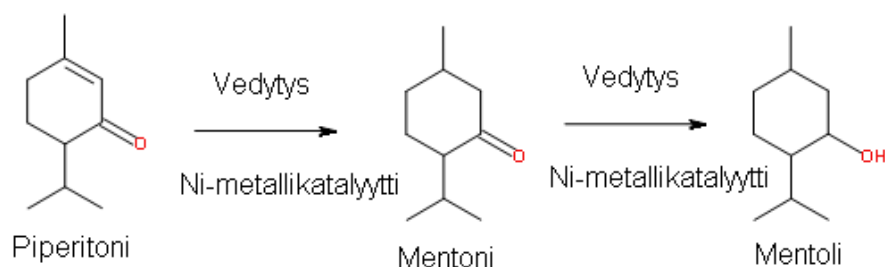


Luonnossa kasvavan mintun mentolin keräämisen lisäksi teollisuudessa voidaan myös valmistaa keinotekoisia mentolia. Synteesissä käytetään tällöin helposti haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joita esiintyy myös luonnossa erilaisissa kasveissa. Mentolin valmistamista eri kasvien kemiallisten ainesosien avulla on esitetty Reaktioissa 2.4.2., 2.4.3. ja 2.4.4., biosynteettistä valmistusta Reaktiossa 2.4.5. ja kemian teollisuuden Haarmann-Reimer sekä Takasago –prosessit Reaktioissa 2.4.6. ja 2.4.7. (Hopp & Lawrence, 2006; Mircioaga & Calinescu, 2011; Schäfer, 2013).

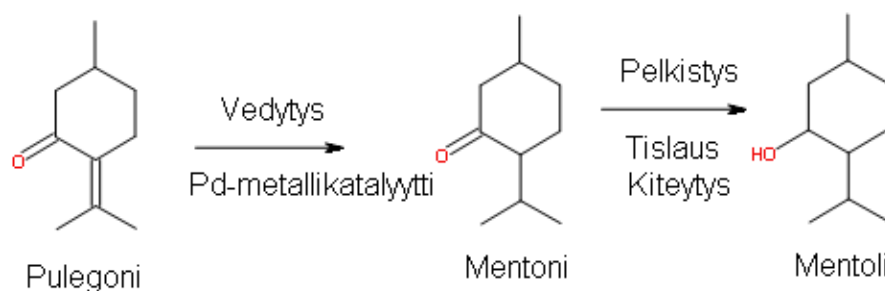
Reaktio 2.4.2. Mentolin valmistaminen sitruheinäkasvien sitroneaalilla (mukaillen Hopp & Lawrence, 2006).



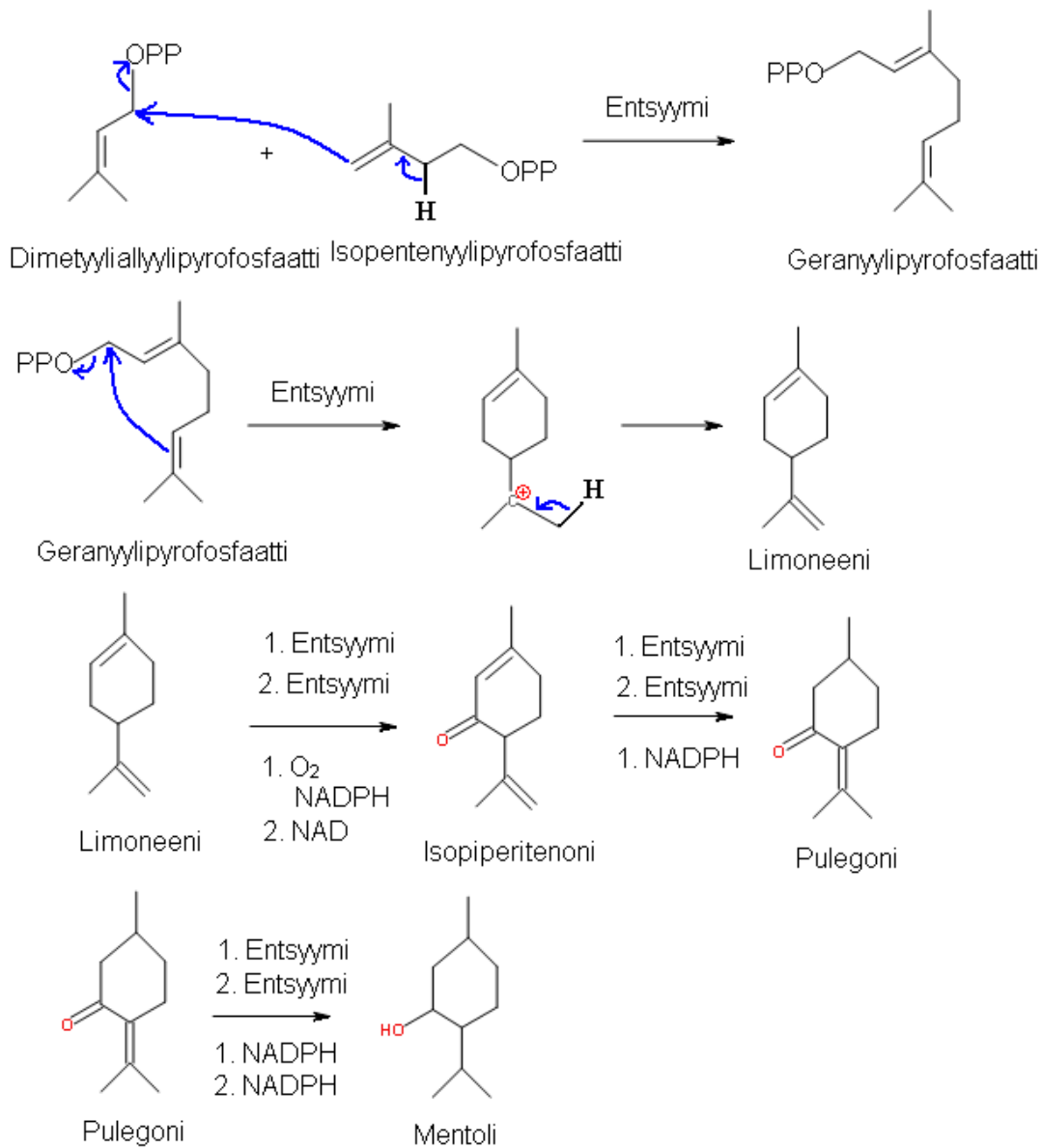
Reaktio 2.4.3. Mentolin valmistaminen eukalyptuskasvien piperitonilla (mukaillen Hopp & Lawrence, 2006).



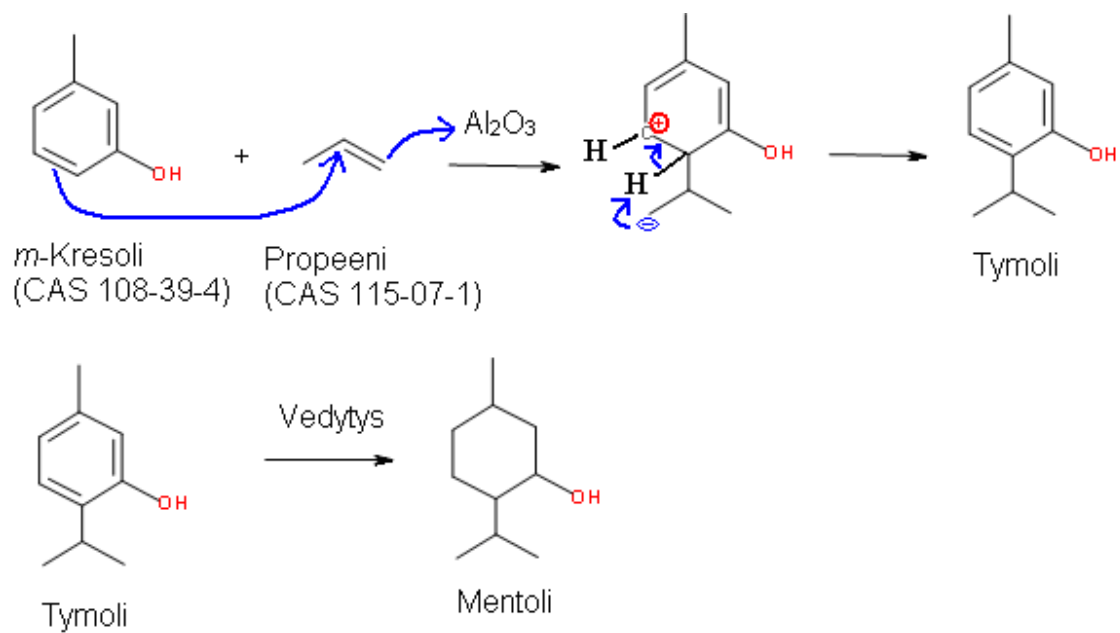
Reaktio 2.4.4. Mentolin valmistaminen puolanmintun pulegonilla (mukaillen Hopp & Lawrence, 2006).



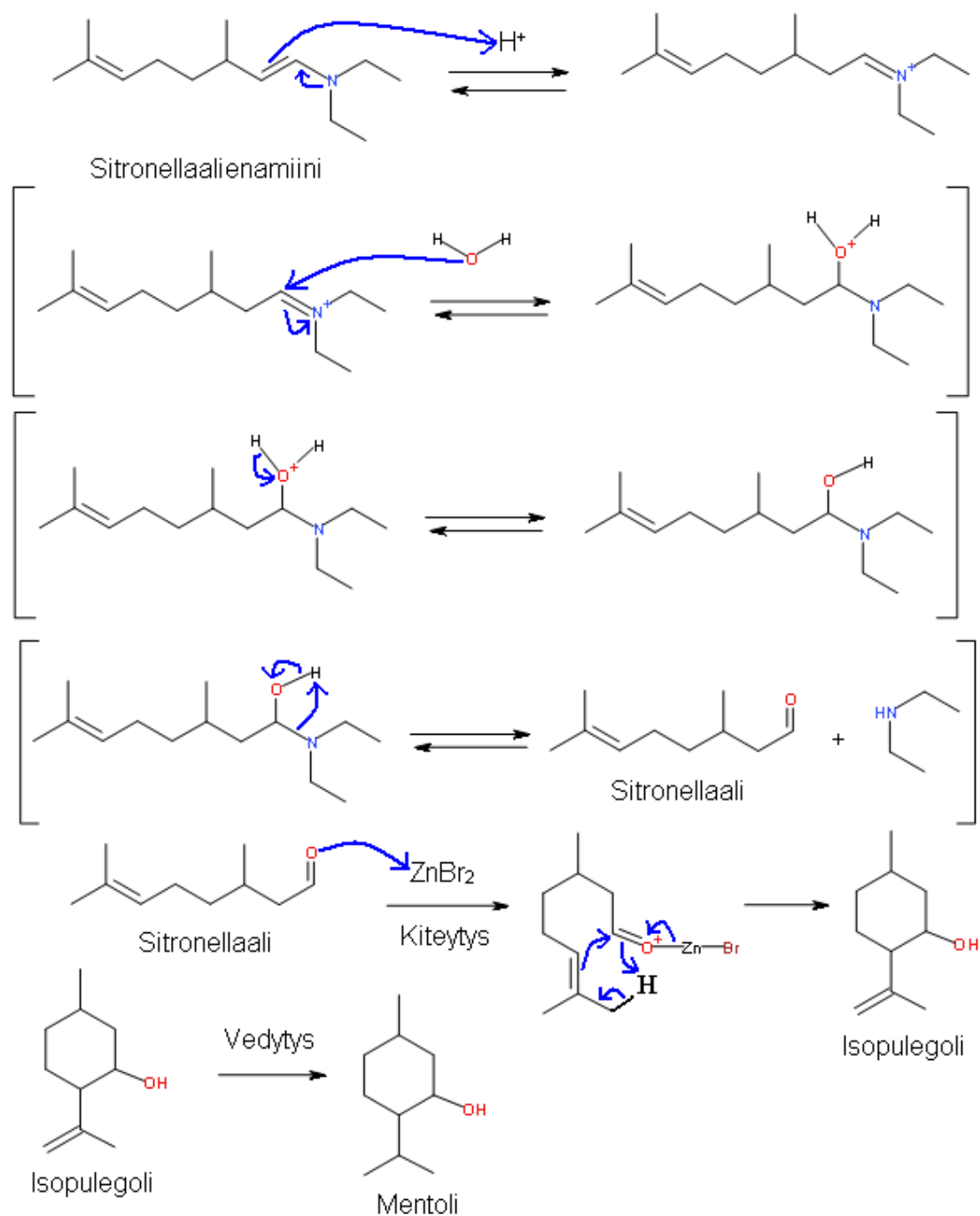
Reaktio **2.4.5.** **Mentolin** **valmistaminen** **biosynteesillä**
 (mukaillen Mircioaga & Calinescu, 2011; Schäfer, 2013; Streitwieser et al., 1992b).



Reaktio 2.4.6. Mentolin valmistaminen teollisesti Haarmann-Reimer prosessilla (mukaillen Hopp & Lawrence, 2006; Schäfer, 2013; Streitwieser et al., 1992a).



Reaktio 2.4.7. Mentolin valmistaminen teollisesti Takasago-prosessilla (mukaillen Hopp & Lawrence, 2006; McMurry, 2008e; Schäfer, 2013).



2.4.8. Mustapippuri

Mustapippuri on Aasiasta kotoisin oleva mauste, jota käytetään nykyään monipuolisesti erilaisissa eksoottisissa maustesekoituksissa ja liharuoissa. Historiallisesti mustapippuri on merkittävä mauste, koska sitä pidettiin antiikin aikana ja keskiajalla yhtenä kalleimmista mausteista, joilla voitiin käydä kauppaa tai maksaa rahan sijasta. Mustapippurilla oli myös yhteiskunnallisia vaikutuksia, koska rikkailla oli varaa ostaa sitä korkean tason ruokalajien valmistusta varten. Henkilöä pidettiin sosiaalisesti korkea-arvoisena, jos hän pystyi ostamaan mausteita. Kalleutensa vuoksi mustapippuri vaikutti eurooppalaisten löytöretkikuntien muodostamiseen, koska arabialaiset säätelivät asettamiensa tullien avulla Intiasta ja Lähi-idästä saatavan mustapippurin ja muiden mausteiden määrää. Ruoanlaiton lisäksi mustapippuria on käytetty Intiassa ja Kiinassa lääkinnässä, koska mustapippurin kemialliset ainesosat lievittävät kipua ja ehkäisevät haitallisten mikrobien muodostumista ihmiskehossa. Muita tulevaisuuden käyttökohteita mustapippurille ovat hyönteismyrkyt sekä tupakanpolton vähentäminen korvaavilla mustapippuriuutevalmisteilla. Mustapippurin yleisimmät myynnissä olevat esiintymismuodot on esitetty Kuvassa 2.4.19. (Chempakam et al., 2012; McGee, 2004a;2004b; Raghavan, 2000a;2000b; Vijayan & Ajithan Thampuran, 2000).



Kuva 2.4.19. Mustapippuria myydään usein kaupallisesti joko jauheena tai kokonaisena. Kokonaisen kuivatun marjan voi myös rouhia karkeaksi pippurimyllyllä (esitetty oikeanpuoleisen mustapippuripurkin etiketissä).

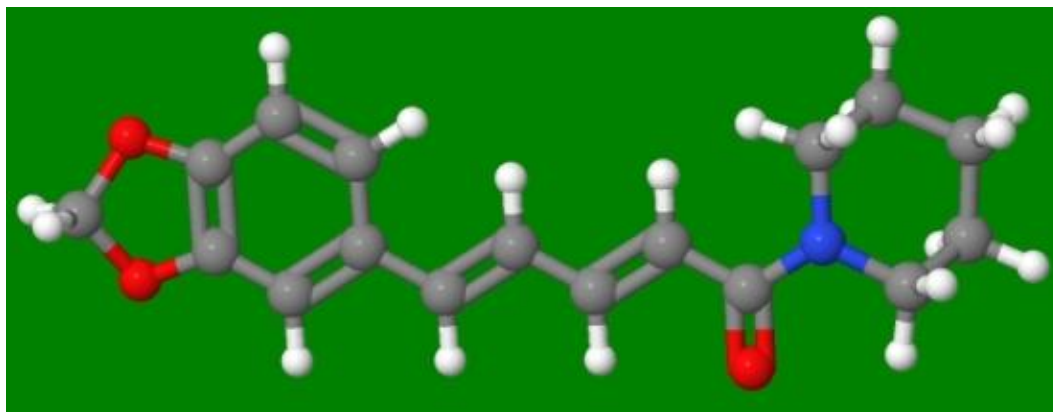
Mustapippurin antamat tuliset makuelämykset johtuvat sen sisältämästä kemiallisesta yhdisteestä nimeltään piperiini. Piperiinin vaikutuksia on tutkittu, koska sillä on havaittu olevan mikrobeja ehkäiseviä ja hyönteisiä tappavia vaikutuksia. Hyönteisistä piperiinille on altistettu lyhytaikaistutkimuksissa karpäsiä, koiperhosia sekä sikari- ja koloradonkuoriaisia. Tutkimusten perusteella piperiini vaikuttaa erityisesti hyönteisten muniin sekä toukkiin heikentämällä niiden selviytymistä piperiinipitoisuuksissa 0,05-2 %. Kuoriaiset on esitetty Kuvissa 2.4.20. ja 2.4.21. ja piperiinin rakenne Kuvassa 2.4.22. (Coulombe Jr., 2000; Scott et al., 2003; Tavares et al., 2011; Vijayan & Ajithan Thampuran, 2000).



Kuva 2.4.20. Koloradonkuoriainen (Scott Bauer, USDA, ARS/Wikimedia Commons CC-BY-PD).



Kuva 2.4.21. Sikarikuoriainen (Andybrookestar/Wikipedia CC-BY-PD).

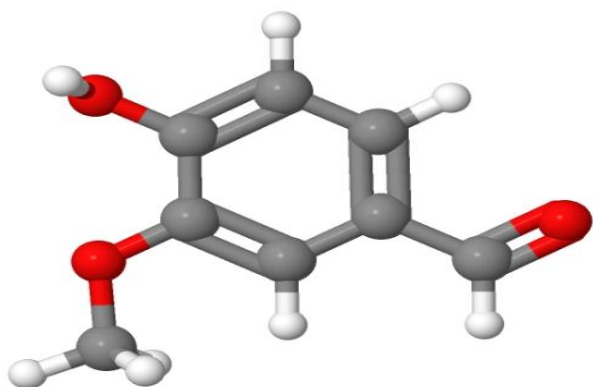


Kuva 2.4.22. Piperiinin rakenne (CAS 94-62-2; Jmol).

Piperiini voidaan eristää mustapippurista uuttamalla jauhattua mustapippurinäytettä orgaanisella liuottimella useiden tuntien ajan. Eräs uuttomenetelmistä, jota käytetään pitkäkestoissa uuttamisvaiheissa, on Soxhlet-uutto, jossa uutteenä käytettävää liuotinta kierrätetään mustapippuriuutteen ja alkuperäisen näytteen välillä. Eristysvaiheessa mustapippuriuutteeseen lisätään vahvan emäksen alkoholiliuosta, jolloin piperiini saadaan saostettua. Nykyään piperiiniä voidaan uuttaa myös ylikriittisellä hiilidioksidifluidilla, jolla on sekä kaasujen että nesteiden ominaisuuksia. (Versuchschemie, 2006; 2010; Pandey et al., 2013; Sella, 2007; Shingate et al., 2013).

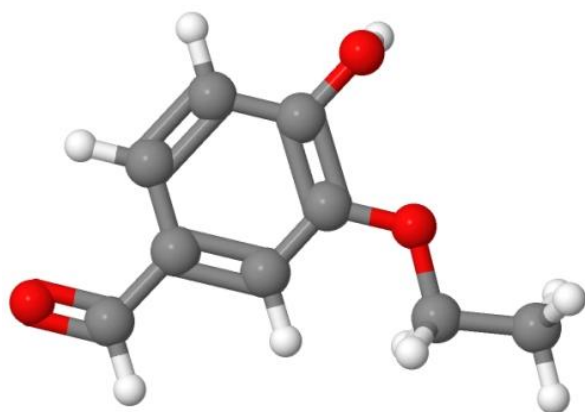
2.4.9. Vanilja

Etelä-Amerikasta kotoisin olevaa orkideakasveihin kuuluvaa vaniljaa viljellään jälkiruokakäyttöön. Vaniljan tuotannossa tärkeimmät vaiheet ovat pölytys ja käymisreaktiot, koska vaniljapalon sisältämät vaniljansiemenet tuottavat kypsyessään maultaan ja tuoksultaan makeita kemiallisia aromiyhdisteitä. Pölytys voidaan toteuttaa joko luonnonmukaisesti mehiläisten, hyönteisten ja kasvien avulla tai käsin suoritettavalla ihmistyövoimalla. Merkittävin ja vaniljalle tunnusomaisen aromin antava fenolijohdos on nimeltään vanilliini, jota lisätään pöytäsokerin ohella jälkiruokiin, mutta myös pääruokana tarjottaviin porsaanliharuokiin. Vanilliinin rakenne on esitetty Kuvassa 2.4.23. (Bory et al., 2010; Hernandez Hernandez & Lubinsky, 2010a;2010b; McGee, 2004b).



Kuva 2.4.23. Vanilliinin rakenne (CAS 121-33-5; Jmol).

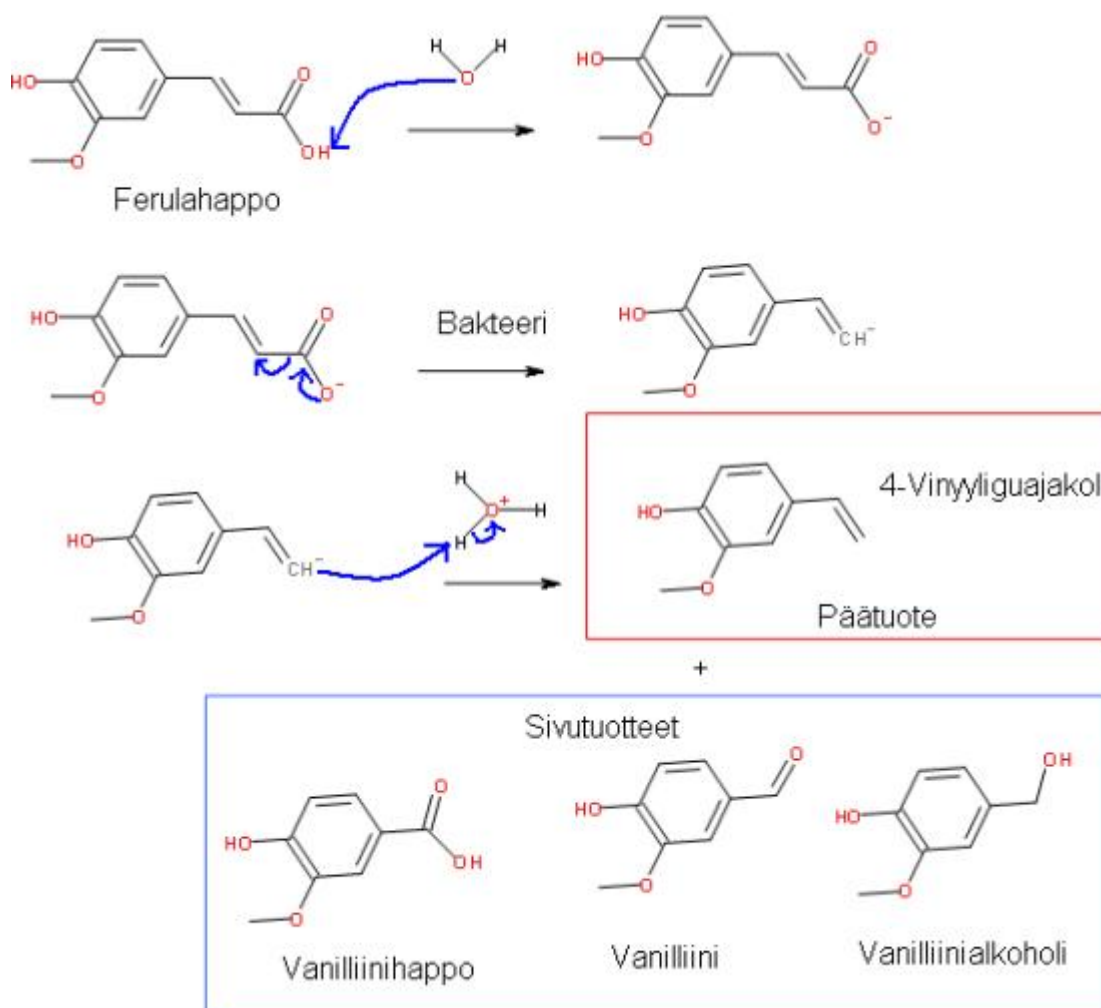
Vanilliinia saadaan eristettyä käymisreaktiolla kypsytetyistä siemenistä sekä vaniljanpalosta uuttamalla niitä orgaanisilla liuottimilla, kuten etanolilla. Luonnossa ja plantaaseilla kasvavista vaniljakasveista huolimatta vanilliinin ohella käytetään sen korviketta etyyliivanilliinia, jossa metoksyryhmä on korvattu etoksyryhmällä. Syynä korvikkeen käyttöön ovat vaniljan kasvatuksessa käytettävät kalliit kasvatusmenetelmät, käsityönä toteutettava pölytys, vaniljan palon pitkäkestoiset käymisreaktiot sekä erilaiset tuholaishyönteiset. Etyyliivanilliinin rakenne on esitetty Kuvassa 2.4.24. (Bory et al., 2010; Fahlbusch et al., 2003; Haynes, 2013-2014; Hernandez Hernandez & Lubinsky, 2010a;2010b; McGee, 2004b).



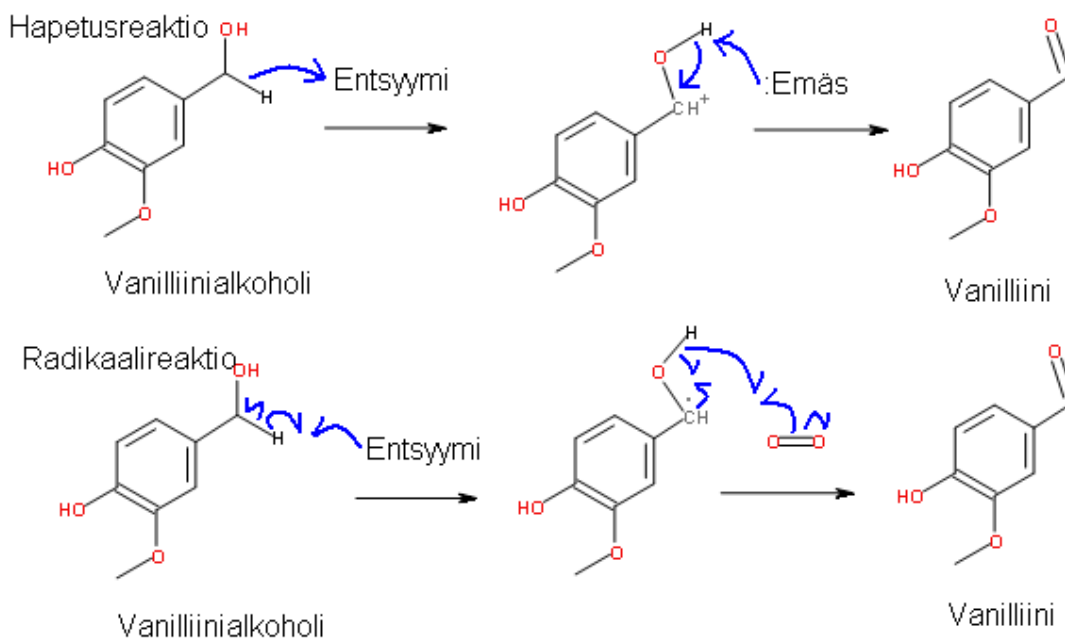
Kuva 2.4.24. Etyyliivanilliinin rakenne (CAS 121-32-4; Jmol).

Vanilliinia valmistetaan myös keinotekoisesti. Synteetit voidaan suorittaa joko käyttämällä kobolttinanoyhdisteitä katalyytteinä, hajottamalla puun ligniiniä tai biokemiallisesti solujen, entsyymien ja bakteerien avulla. Ongelmina synteeseissä ovat sivutuotteiden muodostuminen tai vanilliinin sivutuoteroolista johtuen saatavan vanilliinimäärän jääminen pieneksi. Etyylivanilliinia valmistetaan teollisuudessa keinotekoisesti kupariyhdisteiden avulla emäksisissä olosuhteissa. Vanilliinin valmistusmenetelmät on esitetty Reaktioissa 2.4.8.-2.4.11. ja etyylivanilliinin Reaktioissa 2.4.12-2.4.13. (Ashengroph et al., 2011; Fahlbusch et al., 2003; Hunter et al., 2012; Jha & Rode, 2013; Lahtinen et al., 2013; Liu et al., 2013; Stange et al., 1991;1993).

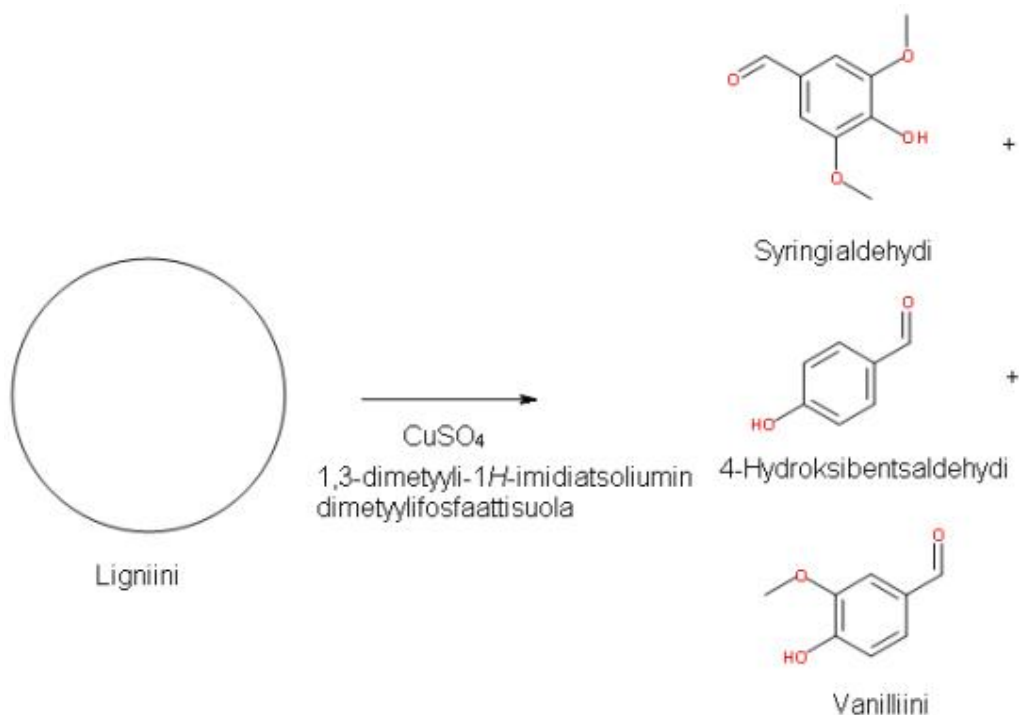
Reaktio 2.4.8. Vanilliinin valmistaminen bakteeridekarboksylaatiolla (mukaillen Fahlbusch et al., 2003; Hunter et al., 2012; Lee et al., 1998; McMurry, 2008b;2008h).



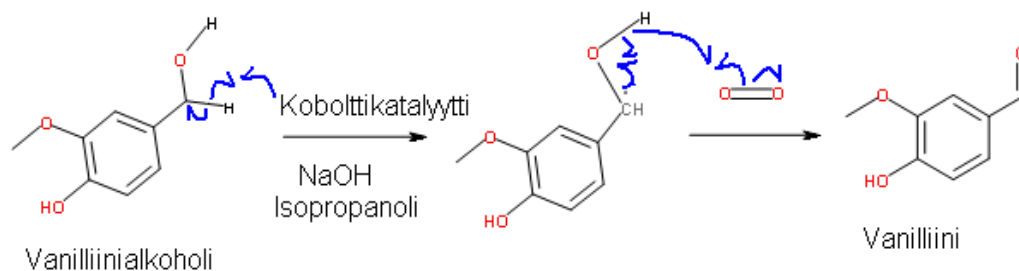
Reaktio 2.4.9. Vanilliinin valmistaminen lakkaasientsyymillä. Muodostuva vanilliini toimii sivutuotteena vanilliinialkoholin reaktioissa. (mukaillen Lahtinen et al., 2013; McMurry, 2008f;2008g; Thurston, 1994).



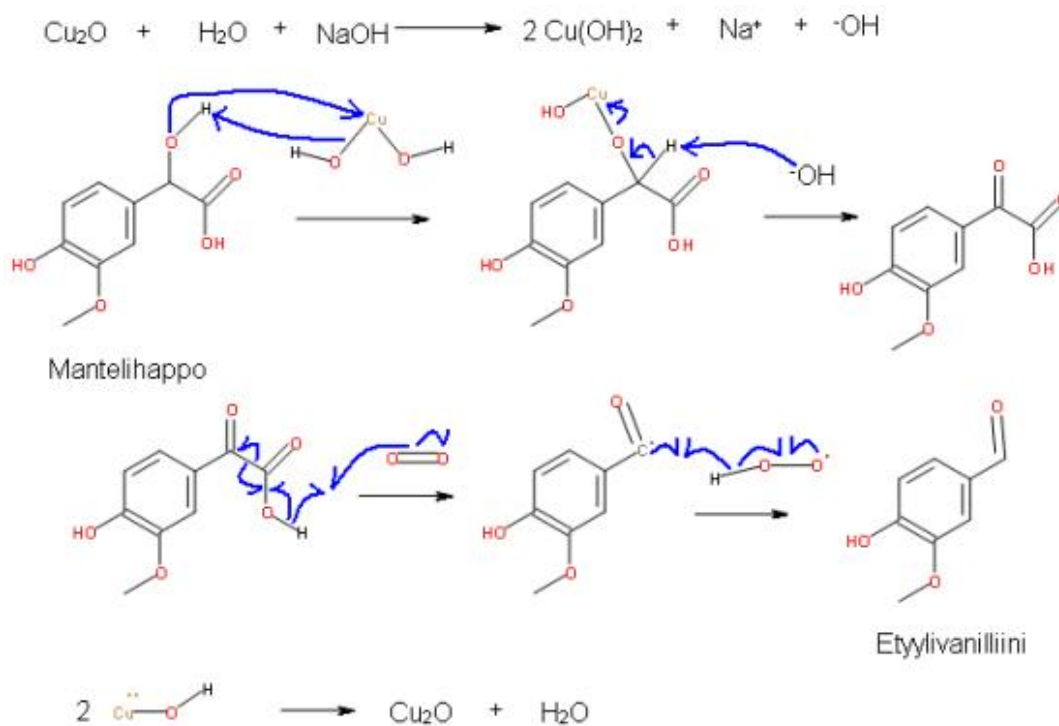
Reaktio 2.4.10. Vanilliinin valmistaminen ligniinistä (mukaillen (Liu et al., 2013)).



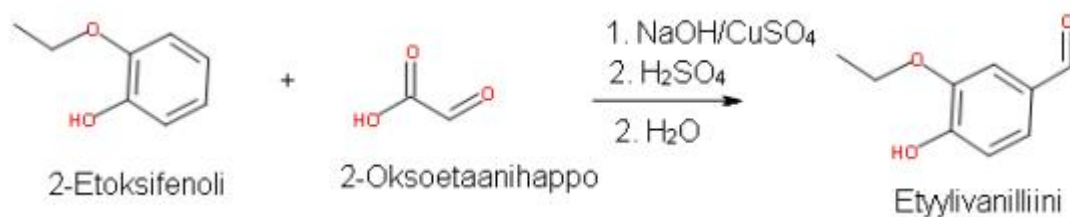
Reaktio 2.4.11. Vanilliinin valmistaminen kobolttinanoyhdisteillä (mukaillen (Jha & Rode, 2013; McMurry, 2008f; McMurry, 2008g)).



Reaktio 2.4.12. Etyylivanilliinin valmistaminen mantelihaposta (mukaillen McMurry, 2008b;2008f;2008g;2008h; Stange et al., 1991;1993; Streitwieser et al., 1992c; Wade Jr., 2006).



Reaktio 2.4.13. Etyylivanilliinin valmistaminen guetholin eli 2-etoksifenolin ja 2-oksoetaanihapon natriumsuoloista (mukaillen Fahlbusch et al., 2003; McMurry, 2008b;2008f;2008h; Stange et al., 1991).



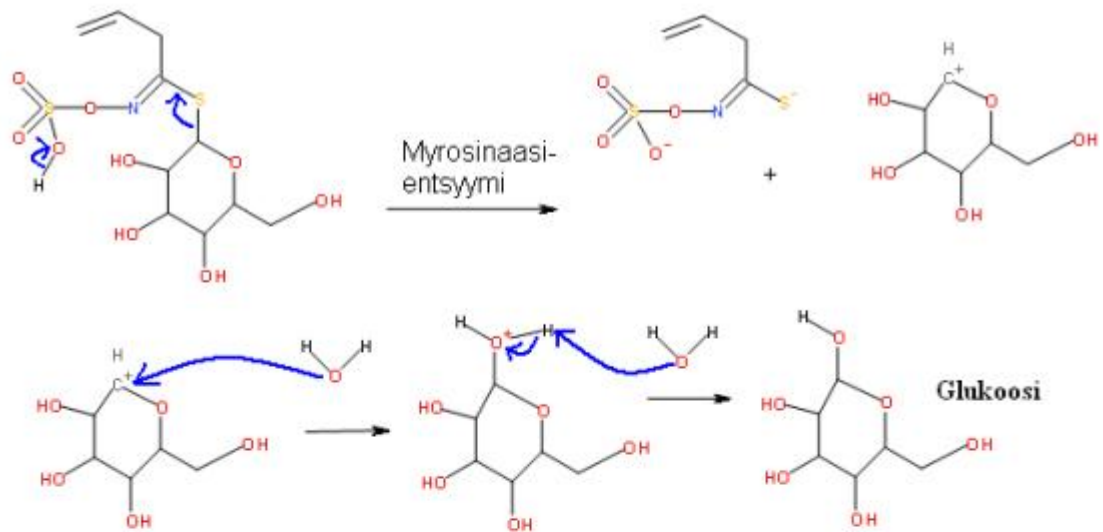
2.4.10 Wasabi ja piparjuuri

Wasabi eli japaninpiparjuuri on Aasiassa kasvatettu kasvi, josta käytetään ruoanlaitossa kasvin juurta erityisesti japanilaisessa ruokakulttuurissa. Wasabin juuri sisältää tulisia hajua ja makuelämyksiä aiheuttavia kemiallisia yhdisteitä, joista merkittävimmät ovat isotiosyanaatit. Isotiosyanaatit muodostuvat wasabin juuren sisältämästä sinigriinistä entsyymikatalyysin avulla. Ilmaan ja ihmisen nenän kemiallisiin reseptoreihin isotiosyanaatit kulkeutuvat helposti haihtuvina kemiallisina yhdisteinä, kun wasabin juurta raastetaan hienojakoisemmaksi tahnaksi. Myös wasabin iällä on vaikutusta tulisuusasteeseen, koska vanha, kuiva ja vihreävärinen wasabi on tulisempi kuin nuori, vesipitoinen ja valkoinen juuri. Sen sijaan tuoreemmasta juuresta haihtuu enemmän isotiosyanaatteja kuin vanhasta. Sinigriinin hajoaminen on esitetty Reaktiossa 2.4.14. ja wasabin juuri Kuvassa 2.4.25. (Depree et al., 1999; McGee, 2004a;2004b; Raghavan, 2000b; Sultana & Savage, 2008; Takemasa & Hirasa, 1998a).

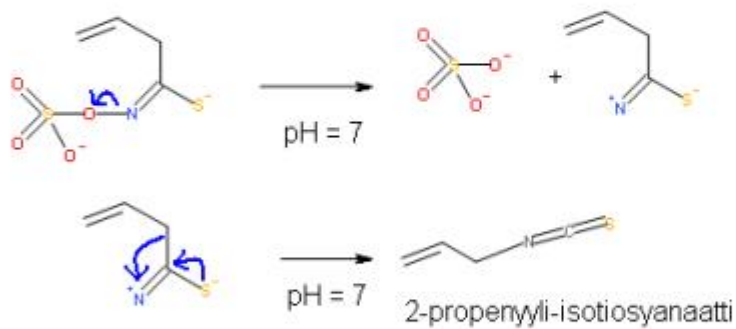


Kuva 2.4.25. Raastettua wasabia (Chris73/Wikimedia Commons CC-BY-SA-3.0 Unported lisenssi, joka on vapaasti saatavilla osoitteesta <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WasabiOnOroshigane.jpg>).

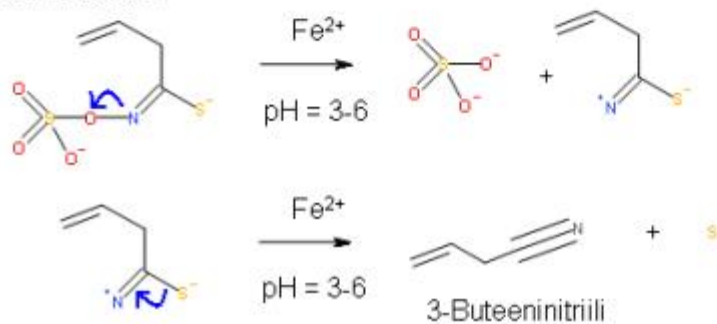
Reaktio 2.4.14. Sinigriinin entsyymin avulla tapahtuva hajoamisreaktio (mukailen (Depree et al., 1999; Yu et al., 2001)).



Vaihtoehto 1



Vaihtoehto 2

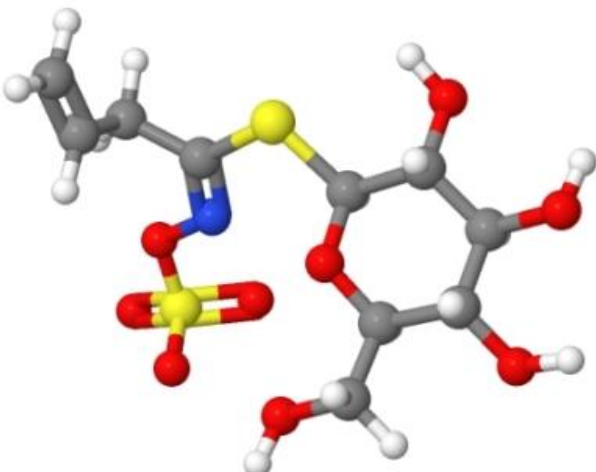
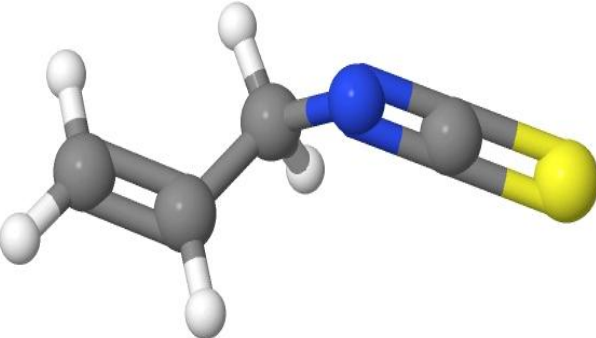
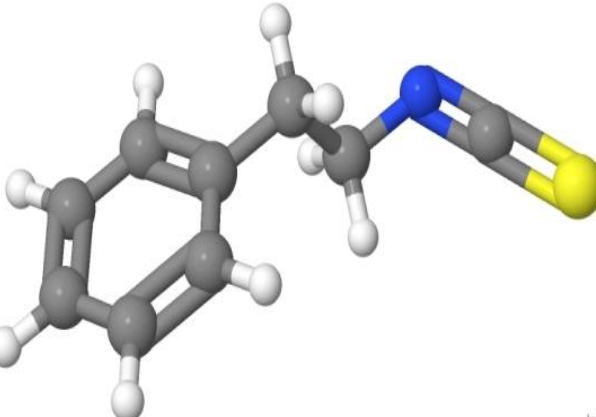


Wasabille ominaiset tulisia aromeja aiheuttavat yhdisteet ovat 5-(metyylitio)pentyyli-, 6-(metyylitio)heksyyli-, 7-(metyylitio)heptyyli- sekä 2-propenyli-isotiosyanaatti. Wasabin kalliista ja pitkäkestoisesta kasvatuksesta johtuen Euroopassa käytetään wasabin korvikkeena värjättyä piparjuuren ja sinapin seosta, koska ne sisältävät myös sinigriniä ja siitä entsymillä valmistettavia isotiosyanaatteja. Piparjuuri on tulisuudeltaan miedompaa, koska sen merkittävin poltetta aiheuttava yhdiste 2-fenyylietyyli-isotiosyanaatti on aromaattinen yhdiste. Wasabin yhdisteet sen sijaan ovat suoraketjuisia ja ne sisältävät 2-propenyli-isotiosyanaattia lukuun ottamatta tioesteriryhmän. Wasabin ja piparjuuren kemiallisten yhdisteiden rakenteet on esitetty Taulukossa 2.4.12. ja piparjuuri Kuvassa 2.4.26. (Depree et al., 1999; McGee, 2004b; Sultana & Savage, 2008).

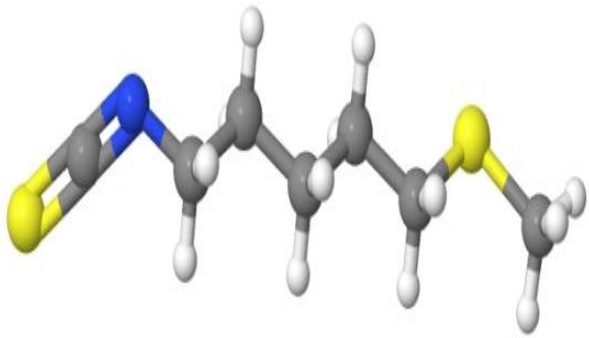
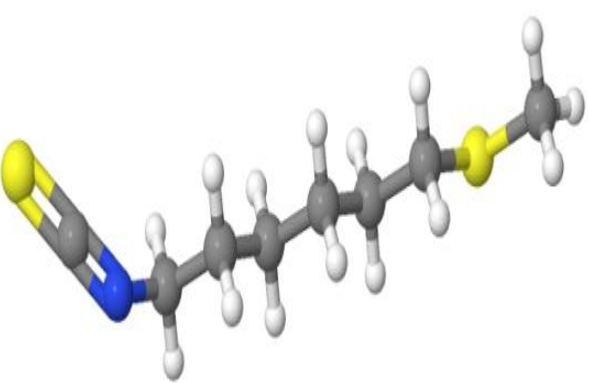
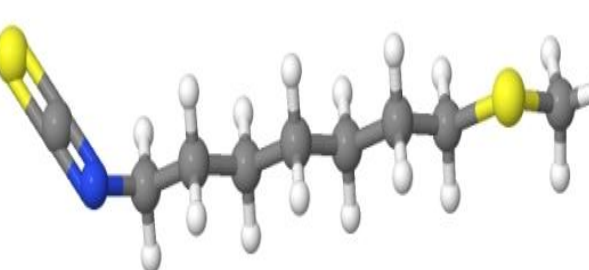


Kuva 2.4.26. Piparjuuri toimii wasabin korvikkeena, muun muassa Euroopassa.

Taulukko 2.4.12. Wasabin ja piparjuuren kemialliset yhdisteet (mukaillen Depree et al., 1999; McGee, 2004b; Sultana & Savage, 2008; Jmol).

Yhdiste	CAS -numero	Erityistä
Sinigriniini 	3952-98-5	Esiintyy wasabissa, piparjuuressa ja sinapissa; Hajoaa entsyymien avulla isotiosyanaateiksi; Kuvasta puuttuvat vety- ja kaliumioni.
2-propenylyli-isotiosyanaatti 	57-06-7	Wasabin merkittävien tulinen yhdiste.
2-fenylylietyyli-isotiosyanaatti 	2257-09-2	Piparjuuren merkittävä tulinen yhdiste; Aromaattinen verrattuna wasabin alifaattisiin yhdisteisiin.

Taulukko 2.4.12. jatkuu. Wasabin ja piparjuuren kemialliset yhdisteet (mukaillen Depree et al., 1999; McGee, 2004b; Sultana & Savage, 2008; Jmol).

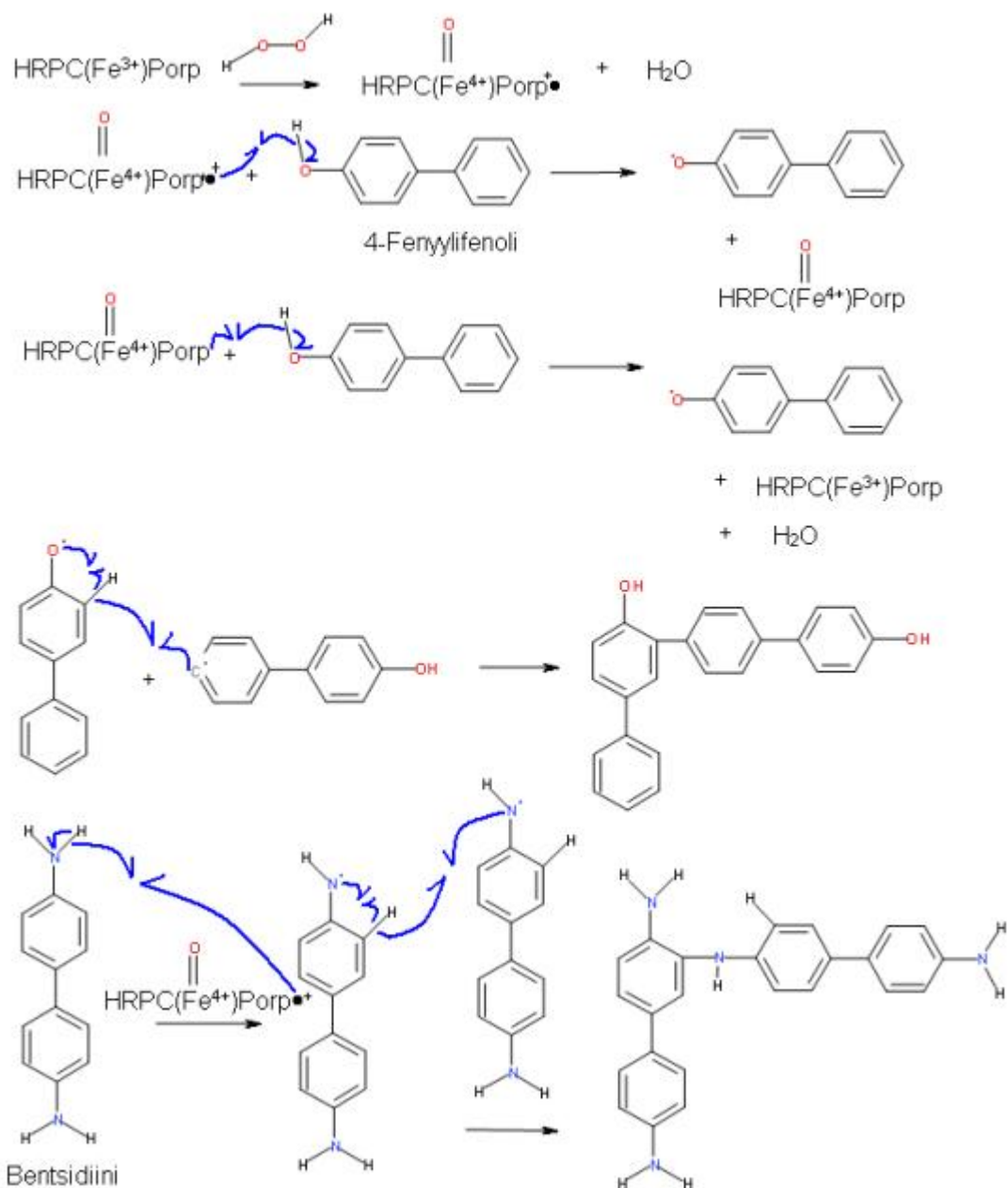
Yhdiste	CAS- numero	Erityistä
5-(metyylitio)pentyyli-isotiosyanaatti 	4430-42-6	Wasabin tulinen ainesosa.
6-(metyylitio)heksyyli-isotiosyanaatti 	4430-39-1	Wasabin tulinen ainesosa.
7-(metyylitio)heptyyli-isotiosyanaatti 	4430-38-0	Wasabin tulinen ainesosa.

Wasabia ja piparjuurta käytetään ruoanlaiton lisäksi myös lääkkeinä, koska niiden sisältämien isotiosyanaattien vaikutuksia on tutkittu bakteerien ja hammasmäädän ehkäisemisessä käyttämällä wasabinlehtiä sekä wasabin tisleitä ja uutteita koe-eläin- ja bakteeritesteissä. Piparjuuren sisältämä piparjuuriperoksidaasi on tärkeä entsyymi polymeerikemiassa, koska sen avulla voidaan valmistaa kompleksipolymeerejä. Kompleksointi tapahtuu radikaalireaktioiden avulla, joissa vetyperoksidi reagoi aromaattisten yhdisteiden alkoholi- tai aminoryhmän kanssa ja muodostaa bifenyylisideketjuja. Polymeroituminen on esitetty Reaktiossa 2.4.15. (Akkara et al., 1991; Depree et al., 1999; Gajhede et al., 1997; Kinae et al., 2000; Masuda et al., 2003; Sekiguchi et al., 2010; Shin et al., 2004; Veitch, 2004).

Wasabin muita käyttökohteita on tutkittu myös kotitalouksiin myytävän teknologian osalta. Tutkimuksissa wasabista on valmistettu kaasutölkkeihin aerosolia, joka vapautuu huoneilmaan palohälyttimen antaman sähköisen signaalin avulla. Aerosolin sisältämien isotiosyanaattien ja muiden tulisten aromiyhdisteiden tarkoituksensa on aiheuttaa ärsykeitä ihmisen silmissä ja nenäonteloissa, jotta tämä aistisi palovaaran myös kuurona. (Goto et al., 2010;2012; Halford, 2011; Levenstein, 2011).

Reaktio 2.4.15. Bifenyylijohdosten polymeroituminen piparjuuriperoksidaasientsyimin ja vetyperoksidin avulla (mukaillen Akkara et al., 1991; Gajhede et al., 1997; Veitch, 2004).

HRPC(Fe^{3+})Porp= Piparjuuriperoksidaasientsyimin isosyymi C rauta(III)porfyriini



2.5. Mausteiden ja yrttien turvallisuus

Mausteiden ja yrttien käyttöä bakteerien ja tuholaishyönteisten torjunnassa on tutkittu tuoreilla mauste- ja yrttikasveilla sekä näistä valmistetuilla kemikaaleilla. Tulosten perusteella mausteutteen tehoavat paremmin bakteereihin kuin tuoreet kasvit, koska niissä esiintyvät kemialliset yhdisteet pääsevät helpommin haihtumaan ja vaikuttamaan liuosmuodossa. Lisäksi kasvien muut biologiset ainesosat eivät laimenna niiden pitoisuutta. Esimerkiksi wasabia käytetään säilykkeiden suojaamisessa mikrokapseloimalla sitä elintarvikkeen päälle ruiskutuskuivauksella. Prosessissa wasabin ja polysakkaridien emulsio kuivataan jauheeksi, joka estää hapettumista ja parantaa elintarvikkeen säilyvyyttä. (McGee, 2004a;2004b; Mihov et al., 2012; Ratanasiriwat et al., 2013; Sekiguchi et al., 2010).

Mausteiden ja yrttien sisältämistä kemiallisista suoja-aineista huolimatta nekin voivat altistua ruoka-aineiden tavoin bakteereille ja tuholaisille sekä käsittelyaineiden jätteille. Esimerkiksi mustapippurin sisältämä piperiini voi muodostaa nitriittien läsnä ollessa syöpää aiheuttavia nitrosoamiineja. Lisäksi mausteiden altistuessa huonolaatuisen pakkaamisen ja käsittelyn myötä bakteereille niissä muodostuu ihmiselle vaarallisia myrkyllisiä yhdisteitä, joita kutsutaan mykotoksiineiksi. Elintarviketeollisuudessa käytetään luonnon omien mausteiden lisäksi myös niiden korvikkeita, koska alkuperäisten kasvien kasvatusaika on pitkäkestoista. Mausteista vaniljan vanilliinia korvataan keinotekoisella etyyliivanilliinilla ja Euroopassa wasabin valmistuksessa käytetään alkuperäisen wasabin sijasta piparjuurta, sinappia sekä väriaineita. Yrteistä mintun mentolia valmistetaan synteisien avulla perinteisen minttukasvin mentolin ohella. Valewasabi on esitetty Kuvassa 2.5. (Coulombe Jr., 2000; Curry & Nip, 2005; Hopp & Lawrence, 2006; McGee, 2004a;2004b; Waite & Yousef, 2009).



Kuva 2.5. Piparjuurella, sinapilla ja väriaineilla valmistettua wasabia.

Bakteeritartuntojen, kemiallisten käsittelyaineiden ja korvaavien yhdisteiden käytön lisäksi myös mausteiden allergiset reaktiot aiheuttavat ongelmia. Erityisesti mausteille päivittäin altistuvilla ihmisillä esiintyy punotusta iholla ja hengitysvaikeuksia, koska maustekäsittelyssä he altistuvat niiden sisältämille kemiallisille yhdisteille ja joutuvat huolehtimaan hygieniastaan jatkuvasti. Tällöin vaarana on ihon rasvakerroksen liukeneminen saippuaveteen, ihokerroksen kuivuminen sekä halkeamien ja rakkuloiden muodostuminen, josta mausteet pääsevät kulkeutumaan elimistöön. Elimistössä mausteiden yhdisteet voivat aiheuttaa hengitysvaikeuksia, syöpäriskejä sekä biologisia muutoksia (Bruggink, 1996; Chan & Moward, 1998; Curry & Nip, 2005; McGee, 2004a;2004b; Takemasa & Hirasa, 1998b; van den Akker et al., 1990; Waite & Yousef, 2009).

Allergisten reaktioiden vahvuutta voidaan tutkia kiinnittämällä vedellä kostutettuja mausteita tai niiden eetteriuutteita sisältäviä laastareita iholle sekä seuraamalla useiden tuntien ajan allergisten reaktioiden muodostumista. Potilaille tehtyjen mauste- ja yrttikokeiden perusteella niiden allergiset reaktiot tulevat voimakkaimmin esille eetteriuutteista, koska kemialliset ainesosat pääsevät liikkumaan vapaammin liuosmuodossa. Mausteiden haittavaikutusten vuoksi maailmalla on kiinnitetty erityistä huomiota elintarvikkeiden sisältämien mausteyhdisteiden pitoisuuksien määrittämiseen. Ongelmana elintarviketurvallisuudessa on se, että eri maissa elintarvikkeille noudatetaan erilaisia standardivaatimuksia, vaikka Maailman terveysjärjestö WHO on asettanut valtioille yleisiä standardeja. (WHO, 2003; Codex Alimentarius, 2009; 2010; Bruggink, 1996; Chan & Moward, 1998; Curry & Nip, 2005; Takemasa & Hirasu, 1998b; van den Akker et al., 1990; Waite & Yousef, 2009).

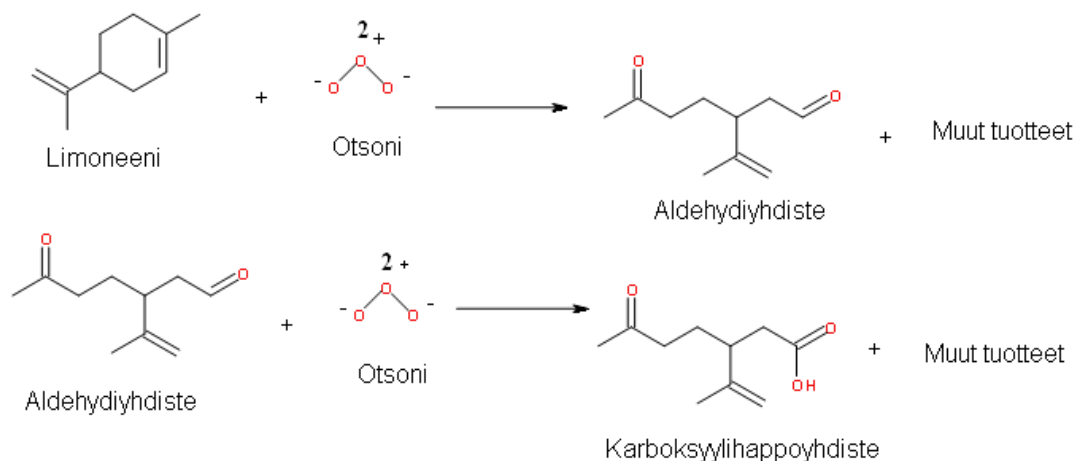
2.6. Mausteiden ja yrttien ympäristövaikutukset

Mausteita on käytetty kemiaan liittyvissä tutkimuksissa, koska ne ovat ympäristöystävällisempiä, halvempia erotusmenetelmien osalta ja ne ovat ihmiselle vähemmän haitallisia kuin keinotekoisesti valmistetut tuholaistorjunta-aineet, esimerkiksi pyretriini. Lisäksi mausteiden jätteitä voidaan käyttää eläinten ruokinnassa sekä energian- ja biopolymeerituotannossa, jolloin ympäristön saastumista voidaan ehkäistä ja hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Tislatulla ja puhdistetulla limoneenilla on tulevaisuudessa hajuvesien ohella myös vihreän kemian periaatteita soveltavia käyttökohteita. Limoneenia voidaan käyttää vihreän kemian mukaisena liuottimena uutettaessa tomaatin sisältämiä karotenoideja, kuten lykopeenia. Vaikka limoneeni on kallista ja hedelmistä tislattu määrä ei ole merkittävä, sitä voidaan saada myös appelsiinijätteestä. Limoneeni on myös ympäristöystävällisempi vaihtoehto, koska sillä voidaan korvata kloorattuja hiilivetyjä ja muita orgaanisia liuottimia. (Chemat-Djenni et al., 2010; Chempakam et al., 2012; Chiralt et al., 2002; Scott et al., 2003; Tavares et al., 2011; Vijayan & Ajithan Thampuran, 2000).

Mausteiden ja yrttien hyödyllisistä käyttökohteista huolimatta niiden sisältämät helposti haihtuvat orgaaniset yhdisteet voivat myös aiheuttaa ympäristöllisiä haittavaikutuksia. Esimerkiksi yrteistä haihtuvat terpeeniyhdisteet voivat muodostaa ilmakehän otsonin kanssa aerosoleja, joissa voi muodostua ilman lämpötilaan sekä näkyvyyteen vaikuttavia kemiallisia yhdisteitä, joita kutsutaan primääri- ja sekundääriorgaanisiksi aerosoliyhdisteiksi. Vastaavasti sisäilmaan voi muodostua aerosoliyhdisteitä, kun kopiokoneiden ja lasertulostimien UV-valo muodostaa ilman hapesta valokemiallisesti otsonia. Muodostunut otsoni reagoi sisäilmassa esiintyvien yrttien yhdisteiden kanssa ja muodostaa ihmisen terveyden haitallisia aerosoliyhdisteitä. Laboratoriossa otsoni/happiseosta voidaan valmistaa rikkihapon elektrolyysireaktiolla käyttämällä Hofmannin voltametriä. Aerosoliyhdisteiden muodostumista on esitetty Reaktiossa 2.6. (Nordische Ministerrat, 1986; ECA Report, 2007; Ammermann et al., 2012; Wang, 2011; Waring et al., 2011; Webb, 1997; Weschler & Shields, 1999).

Reaktio 2.6. Limoneenin ja otsonin aerosoliyhdisteiden muodostuminen (mukaillen Weschler & Shields, 1999).

Päätuotteet limoneenin ja otsonin aerosolissa



3. Mausteet peruskoulun kemian sisällöissä

3.1. Opetussuunnitelmanäkökulma

Mausteet liittyvät epäsuorasti vuoden 2004 Peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden sisältöihin seuraavien osioiden osalta (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, 2004):

- Kemian tietämyksen laajentaminen → mausteiden kemialliset yhdisteet.
- Luonnontieteellisen tiedon käyttäminen elämän eri tilanteissa → mausteet ruoanlaitossa, lääkinnässä ja teollisuudessa.
- Kemian ja teknologian merkitys jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa → mausteiden aiheuttamat allergiset reaktiot, mausteiden vaikutus ympäristössä sekä mausteiden yhteys kulttuuriin.
- Aineiden rakenteiden hahmottaminen mallinnuksen avulla → mausteiden kemiallisten yhdisteiden funktionaaliset ryhmät ja 3D-rakenne.
- Tieto- ja viestintätekniikan hyödyntäminen → mausteisiin tai niiden sisältämiin yhdisteisiin liittyvän kemiallisen tiedon etsiminen sekä erilaisten verkkomateriaalien hyödyntäminen.

3.2. Merkitys kemian oppimiselle

Mausteiden kemian tarkoituksena on tukea muiden kemian osa-alueiden oppimista, joita käsitellään peruskoulun 7.-9. luokilla. Osa-alueita voidaan tarkastella akselilla peruskäsitteiden oppiminen – arkielämän ilmiöiden selittäminen seuraavien peruskoulun oppikirjojen kokonaisuuksien kohdalla (Aspholm et al., 2008; Happonen et al., 2012a; 2012b; 2013; Ikonen et al., 2012):

- Aine: puhtaat aineet ja seokset → mausteiden yhdisteet ja mausteseokset.
- Erotusmenetelmät → mausteiden sisältämien yhdisteiden eristäminen.
- Teollisuus: mausteiden sisältämien yhdisteiden valmistaminen keinotekoisesti (synteettisesti), korvaavien yhdisteiden käyttäminen teollisissa prosesseissa, elintarviketurvallisuus sekä allergiset reaktiot.

- Ympäristö: tuotteen elinkaari ja ympäristövaikutukset → maustejätteen kierrätys, käyttö tuholaistorjunnassa sekä ympäristövaikutukset.
- Hiilen kemia: orgaaniset yhdisteet → mausteiden yhdisteiden sisältämät funktionaaliset ryhmät sekä yhdisteiden rakenteiden mallintaminen.

Mausteita voidaan käsitellä myös kolmella kemiassa yleisesti käytetyllä tasolla, joita ovat makro-, mikro- ja symbolinen taso. Makrotasolla oppijalle tutun arkielämän tai näkyvän maailman kemiallisia ilmiöitä tutkitaan joko kokeellisesti tai tekemällä havaintoja opettajan tekemistä demonstraatioista. Mausteiden kemiassa tämä tulee ilmi esimerkiksi kurkuman värinmuutosten tai mintun sisältämän mentolin tislauksen avulla. (Ahtineva, 2000; Hodson, 2008; Pernaa, 2008).

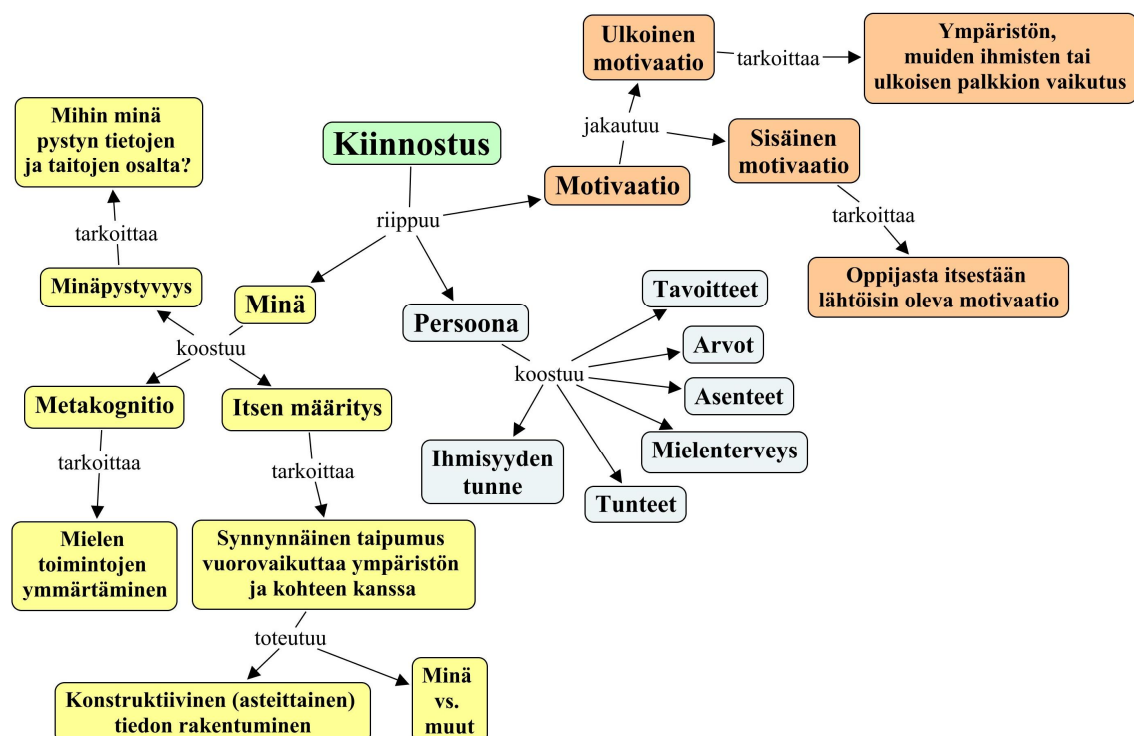
Mikro- ja symbolisella tasolla puolestaan kemiallisia ilmiöitä käsitellään oppijalle entuudestaan tuntemattomilla keinoilla, joita ovat rakennekaavojen sekä kemiallisten symbolien käyttäminen. Mikro- ja symbolisen tason on havaittu tutkimuksissa olevan oppijalle hankalasti hahmotettavia, koska kemiallisia yhdisteitä ei voida silmin havaita, vaan niiden tarkastelussa on käytettävä erilaisia esitysmalleja. Mikro- ja symbolisen tason abstraktiudesta johtuen niiden sovittaminen konkreettisempaan makrotasoon on aiheuttanut oppijoiden kohdalla erilaisten ennako- ja virhehäilyjen muodostumista. Lisäksi oppimisessa ongelmia aiheuttaa kemian ilmiöiden tarkastelu teoreettisen yksipuolisesti joko symbolisella tai mikrotasolla, jolloin oppijoille tutun arkielämän osio jää vähäisemmäksi. (Ahtineva, 2000; Hodson, 2008; Pernaa, 2008).

4. Oppimisesta ja opetusmenetelmistä

4.1. Kiinnostuksen teoria

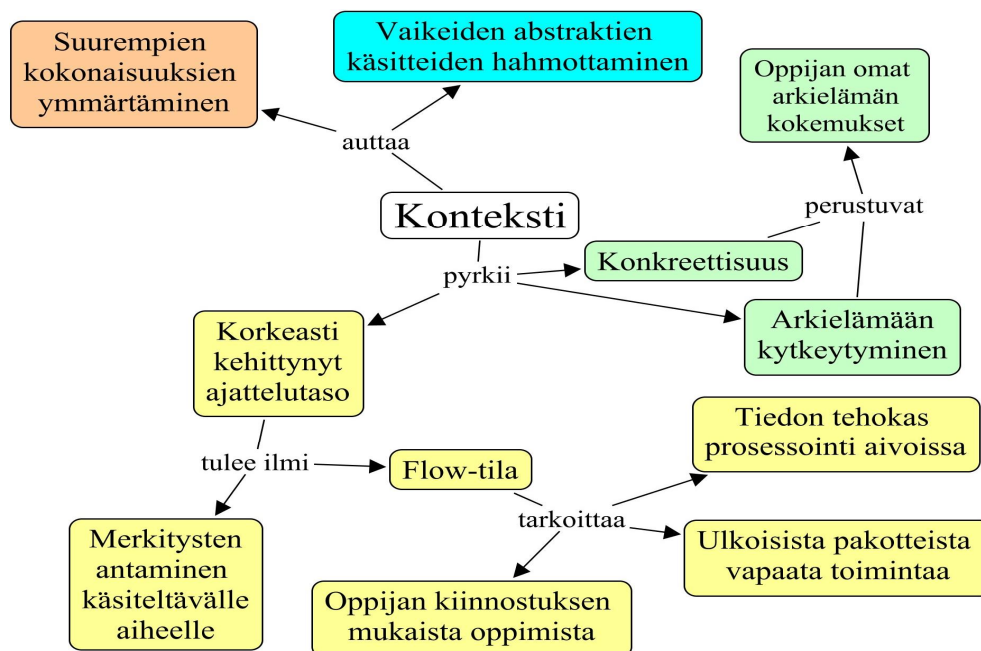
Oppijan kiinnostukseen on olemassa erilaisia teorioita, joista yksi on henkilö-objektisuhdetta (Person-Object Theory of Interest, POI) tarkasteleva Krappin (2002) kiinnostuksen teoria. Teorian keskeiset kohdat voidaan jakaa kolmeen osaan: kiinnostus-motivaatio-persoona-minäkäsityssuhde, kontekstin merkitys sekä positiiviset kokemukset. Kiinnostus-motivaatio-persoona-minäkäsityssuhteella tarkoitetaan kiinnostuksen osalta tilannetta, jossa henkilön kiinnostus on vahvasti riippuvainen motivaatiosta, yksilön persoonasta sekä tämän omasta minäkäsityksestä. Krappin mukaan oppijan sisäinen motivaatio on korkealla, kun henkilön ja kohteen eli objektin välillä esiintyvät ristiriidat on minimoitu tai niitä ei esiinny lainkaan. Tällöin objektiin liittyvä tieto tai esiintymisympäristö ei ole oppijan omia näkemyksiä tai tunteita loukkaavia, minkä ansiosta oppija voi omaksua uutta tietoa objektista sekä saada positiivisia kokemuksia vuorovaikutuksen aikana. Kiinnostuksen muodostumista kiinnostus-motivaatio-persoona-minäkäsityssuhteella on havainnollistettu Kaaviossa 4.1.1. (Krapp, 2002a;2002b).

Kaavio 4.1.1. Kiinnostuksen muodostuminen yksilön osalta (mukaillen Krapp, 2002a;2002b).



Kontekstin merkityksellä Krapp tarkoittaa kiinnostuksen olevan henkilöllä kontekstiriippuvaista ja konteksti antaa korkeasti kehittyneellä kiinnostuksen tasolla toiminnasta tai oppimistilanteesta välittömän tuloksen. Välittömän tuloksen antamiseen vaikuttaa merkittävästi flow-tilan herääminen, joka saa oppijan keskittymään sekä suuntaamaan aivojensa tietomäärää tehokkaasti ja ylikuormitusta välttävällä menetelmällä oppimistilanteissa. Flow-tilassa oppijan ja objektin sekä elinympäristön välinen vuorovaikutus ovat pakottamattomia ja oppijan oman kiinnostuksenkohteiden mukaisia. Erityisesti oppijan arkielämän huomioiminen sekä sen tuominen kouluopetukseen ovat tärkeitä kemian opetuksen järjestämisessä, koska niiden avulla oppija voi ymmärtää paremmin oppimansa tiedon merkitystä suurempien kokonaisuuksien osalta. Kontekstin merkitystä on havainnollistettu Kaaviossa 4.1.2. (Ahtineva, 2000; Gafoor & Smitha, 2012; Krapp, 2002a;2002b).

Kaavio 4.1.2. Kontekstin vaikutus kiinnostukseen (mukaillen Ahtineva, 2000; Gafoor & Smitha, 2012; Krapp, 2002a;2002b).



Positiivisilla kokemuksilla Krapp tarkoittaa toiminnasta ja vuorovaikutuksista saatavia elämyksiä tai kokemuksia, jotka vastaavat oppijan omaa arvopohjaa, ovat toiminnan osalta mielekkäästi suoritettavia ja joista oppijalle kertyy myönteisiä lapsuuden tai nuoruuden muistoja. Gafoorin ja Smithan (2012) mukaan intialaisten oppijoiden positiivisia kokemuksia on pyritty lisäämään vähentämällä rutiinioppimista seuraavin keinoin (Gafoor & Smitha, 2012; Krapp, 2002a;2002b):

- Käsityönä ilon ja huvin kautta suoritettava tutkimuksellisuus (6-11-vuotiaat).
- Teemojen ja teknologisten suunnitelmien kautta tapahtuva käsitteenmuodostus (11-14-vuotiaat).
- Ympäristötieteiden ja arkielämän kokemusten kytkeminen opetukseen (intialaisen koulujärjestelmän 7.-8.luokat).

Positiivisten kokemusten ja kontekstin lisäämiseksi Gafoor ja Smitha ovat kehittäneet tutkimustulostensa perusteella ohjeita opetuskäyttöä ja sen suunnittelua varten. Kehittämisen tavoitteena heillä oli lisätä koulumaailman ulkopuolisten asioiden ja teemojen käsittelyä, joilla oppijoiden kiinnostusta ja motivaatiota voidaan lisätä luonnontieteitä kohtaan. Ohjeisiin kuuluivat, muun muassa opetuksen linkittäminen koulun ulkopuolisiin aiheisiin opetuksen suunnittelun aikana (ohje 1), formaalin oppimisen vähentäminen (ohje 3), oppikirjan sisältöjen muokkaaminen (ohje 7) sekä opetuksen linkittäminen oppijan arkielämään (ohje 10). (Gafoor & Smitha, 2012).

Tunteiden ja näkemysten lisäksi myös sukupuolella on vaikutusta kiinnostukseen. Esimerkiksi peruskoulussa naispuolisilla oppijoilla on havaittu kiinnostuksen kohdistuvan enemmän biologiaa ja biotieteitä kohtaan, koska he kokevat kyseiset aiheet tärkeiksi 1) ihmisyyden, 2) elämänläheisyyden ja 3) terveysnäkökulman vuoksi. Naispuolisten oppijoiden näkemyksissä painottuvat luontoon, arkielämään ja kodinhoitoon liittyvät näkemykset. Sen sijaan miespuoliset oppijat kokevat fysiikan mielenkiintoisempaan kuin naispuoliset, koska heidän mielestään mekaanisilla ja faktatiedoilla voidaan selittää arkielämän ilmiöitä. Peruskoulun viimeisten vuosien ja lukion aikana naispuolisten kiinnostuksen on havaittu laskevan ja miespuolisilla nousevan. Syynä tähän ilmiöön on pidetty erilaisten tekijöiden yhteisvaikutusta, kuten opettajien ja vaikeusasteen vaihtumista sekä käytännön työn mielekkyyden ja teoreettisuuden lisääntymistä, jolloin miespuoliset kokevat fyysisen työn mielekkäämmäksi kuin naispuoliset. Myös koulujen sisällä vaikuttavilla piilososialisaatiolla ja piilo-opetussuunnitelmalla eli tiettyjen käyttäytymisnormien ja sukupuoliroolierojen näkymättömällä painottamisella on vaikutusta kiinnostukseen. (Gafoor & Smitha, 2012).

4.2. Linjakas opetus

Verkko-oppimateriaalit ovat osa oppimisympäristöjä, joilla pyritään lisäämään Löfströmin et al. (2010) esittämää linjakkaan opetuksen toteutumista. Lähiopetuksen, esimerkiksi kasvatustun samassa opetustilassa tapahtuvan opetustilaisuuden ohella verkko-oppiympäristöillä pyritään lisäämään myös sulautuvan opetuksen mallia. Mallin perusteella lähi- ja itseopiskelu eivät olisi toisistaan erillään, vaan tukisivat toisiaan tekemällä opetuksesta monipuolisempaa, joustavampaa sekä ajankäytöllisesti tehokkaampaa. Käytännössä tämä tarkoittaa verkko-oppimateriaalin käyttöä siten, että oppijat voivat tutustua opiskeltavaan asiaan ennakkoon milloin tahansa, jolloin asian opiskelu ei olisi tietystä ajasta ja paikasta riippuvaista. Samalla myös aikaa jää muille opetuksen muodoille, kuten vaikeiden aiheiden läpikäymiseen tai kokeellisuuteen lähiopetuskerralla. Opetuksen näkökulmasta katsottuna puolestaan opettaja voi päivittää ja kommentoida verkkomateriaalejaan oppijoiden katsottaviksi, jolloin tila- ja materiaalikustannusongelmat jäisivät pienemmiksi. (Löfström et al., 2010; Nevgi, Löfström, & Evälä, 2005; Pernaa, 2008; Pernaa & Aksela, 2013).

Linjakkaan opetuksen mallilla tarkoitetaan näkemystä, jonka mukaan opetuksen tavoitteena on syvällisemmän ymmärryksen antaminen oppijalle opiskeltavista aiheista. Opettajan näkökulmasta syvällisen asian ymmärtämisen takaamiseksi on tärkeää, että opetuksen suunnittelussa harkitaan huolellisesti oppimistavoitteet, opetusmenetelmät sekä oppimisen arviointi. Linjakkaan opetuksen mallissa keskeisessä asemassa on konstruktivistinen näkökulma, jonka mukaan oppija voi oppia käsiteltävän asian rakentamalla siitä mielessään käsitteiden avulla kokonaisuuksia, jotka ovat tai eivät ole hänen ennakkokäsityksensä mukaisia. Ristiriitatilanteissa oppija joutuu tulkitsemaan havaintojaan sekä tuomaan esille omia olettamuksiaan joko muuttamalla käsityksiään tai hylkäämällä ne kokonaan. Verkko-oppimateriaalien ja verkkoympäristöissä tapahtuvan joustavamman opiskelun eduista huolimatta niiden käytössä esiintyy seuraavanlaisia ongelmia: yhteisölliseen oppimiseen kannustaminen, sisällönymmärryksen arviointi ulkoa oppimisen sijasta sekä sisäiseen kuormitukseen eli oppimateriaalin sisältöjen monimutkaisuusongelmiin ja ulkoiseen kuormittumiseen eli esittämistapojen yhdistelyyn liittyvien ongelmien ratkaiseminen. (Ahtineva, 2000; Löfström et al., 2010; Nevgi et al., 2005).

5. Kehittämistutkimus

Tässä kehittämistutkimuksessa pyritään laatimaan peruskoulun 7.-9. luokille soveltuvaa verkko-oppimateriaalia mausteiden kemiasta, josta opettajilta sekä opettajaopiskelijoilta saadun palautteen antamia tuloksia käsitellään kuudennessa luvussa. Kehittämistutkimus perustuu Edelsonin (2002), Juutin ja Lavosen (2006) sekä Juutin et al. (2012) esittämiin malleihin, joissa keskeisinä vaiheina ovat a) teoreettinen ongelma-analyysi eli kirjallisuuskatsaus, b) tarveanalyysi, c) materiaalin laatiminen, d) materiaalin arviointi ja e) materiaalin kehittäminen kyselylomakkeen palautteen avulla. Tutkimuksen rakenne on esitetty tarkemmin Kaaviossa 5.1. (Edelson, 2002; Juuti & Lavonen, 2006; Juuti et al., 2012).

Kaavio 5.1. Kehittämistutkimuksen rakenne (mukaillen Edelson, 2002; Juuti & Lavonen, 2006; Juuti et al., 2012; Tsoi & Goh, 2008).



5.1. Tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimus rajattiin kahteen tutkimuskysymykseen:

1. Miten mausteiden kemiaa opetetaan peruskoulussa?
2. Minkälainen on hyvä verkko-oppimateriaali?
 - 2.1. Ulkoasu
 - 2.2. Teksti
 - 2.3. Liikkuvuus sivustolla

5.2. Tarveanalyysi

Tarveanalyysivaiheessa selvitettiin miten mausteisiin liittyvää kemiaa opetetaan peruskoulussa. Tarkastelun kohteeksi otettiin peruskoulun 7.-9. luokkien käyttämät kemian oppikirjat, koska aikaisempien tulosten mukaan opettajista yli 90 % tukeutuu oppikirjan käyttöön, koska se auttaa heitä oppituntien suunnittelussa. Lisäksi opettajille tehtyjen kyselytutkimusten perusteella alemman arvosanan yliopisto-opinnoista omaavat opettajat tukeutuvat vahvemmin oppikirjaan. Toinen syy tarveanalyysille on se, että oppikirjojen tapa käsitellä tietoa perustuu konstruktivistiseen näkökulmaan, jonka mukaan oppija muodostaa käsitteistä tietorakenteita asteittaisten vaiheiden avulla ja mukaillen niitä omiin ennakko- ja virhehäsitelyksiinsä. Tarkastelu rajattiin koskemaan oppikirjojen uusimpia painoksia ja analysointi toteutettiin aineistolähtöisellä sisällön analyysillä, jossa oppikirjoista analysoitiin kaikki tekstikappaleet ja jonka avulla pyrittiin vastaamaan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Tehtävät sen sijaan jätettiin analysoimatta. (Ahtineva, 2000; Metsämuuronen, 2011a;2011b; Sanchez & Valcarcel, 1999).

5.3. Oppimateriaalin laatiminen

Oppimateriaalin laatimisen tarkoituksena oli laatia tarveanalyysin tulosten sekä kiinnostuksen teorian ja linjakkaan opetuksen mallin pohjalta peruskoulun 7.-9. luokan oppilaille mausteiden kemiaan liittyvää verkko-oppimateriaalia. Verkko-oppimateriaalin tarkoituksena on tukea muita peruskoulun yläluokilla käsiteltävien aiheiden, kuten aineen rakenteen, erotusmenetelmien sekä orgaanisen kemian oppimista. Verkko-oppimateriaalissa pyrittiin kiinnittämään huomiota tekstin määrään, ulkoasuun (kuvat ja kaaviot) sekä materiaalin monipuolisuuteen. Lisäksi tekstin kohdalla kemian käsitteet pyrittiin esittämään selkeästi suomeksi sekä niiden kytkeytymiseen tiettyyn kontekstiin.

Verkko-oppimateriaalissa esiintyvien kokeellisten töiden tarkoituksena oli antaa esimerkkejä mausteisiin liittyvistä kemiallisista erotusmenetelmistä sekä yhdistää niitä historiaan, terveyteen sekä teolliseen kontekstiin. Osa töistä tutkimuksen suorittanut teki itse ja otti niistä kuvia tai videoleikkeitä, koska kouluilla ei välttämättä löydy tarvittavia kokeellisia välineitä (esim. Soxhlet-uuttolaite) tai käytettävät kemikaalit eivät sovellu oppitunneille (esim. dikloorimetaani). Molekyyylimallinnukseen liittyvät sisällöt tehtiin Avogadro- ja Jmol -molekyyylimallinnusohjelmilla, koska ne ovat ilmaiseksi saatavilla Internetin välityksellä. Niistä suurin osa otettiin erilaisiin kuvien ja molekyyylimallien tulkitsemistehtäviin. Peruskoulun sisältöjen yksinkertaisuuden vuoksi poolisuus-käsite ja heikot sidokset jätettiin pois kyseisistä tehtävistä, koska niitä käsitellään vasta lukiokursseilla. Näiden tilalla käytettiin joko molekyylien välisiä tai sisäisiä vuorovaikutuksia.

5.4. Oppimateriaalin arviointi

5.4.1. Kyselylomakkeen laatiminen

Kyselylomake laadittiin muokkaamalla aikaisemmin käytettyä tutkimuslomaketta, joka sisältää taustakysymyksien lisäksi asteikollisia ja avoimia kohtia. Taustakysymyksissä selvitetään verkko-oppimateriaalin arvioivan anonyymin henkilön taustaa liittyen kemian opetukseen sekä tietotekniikan ja verkkomateriaalien käyttöön. Avoimissa kysymyksissä vastaajalle annetaan mahdollisuus kommentoida epäselviksi jääneitä kohtia sekä antaa vapaata palautetta materiaalista. Avoimien kohtien vastaukset analysoitiin sisällönanalyysillä. Asteikolliset kohdat jakautuivat pakollisiin ja vapaavalintaisiin kohtiin. Alussa vastaaja vastaa pakollisiin kohtiin, jonka jälkeen hänen on mahdollista valita lopussa mikä tahansa kohta arvioitavaksi verkkomateriaalin vapaavalintaisista kohdista. Ainoana vaatimuksena on, että hän valitsee vähintään yhden vapaavalintaisen kohdan. Asteikolliset kohdat arvioitiin asteikolla 1-5, jossa 1 = välttävä, 2 = tyydyttävä, 3 = hyvä, 4 = kiitettävä ja 5 = erinomainen ja niistä selvitettiin ainoastaan keskiarvot ja vastaajien lukumäärä. Kyselylomakkeessa pyydettiin myös ilmoittamaan vierailuaika sivustolla, jotta tutkija saisi selville vierailuajan sekä yhteyden ylläpitämäänsä sivustopäiväkirjaan. (Metsämuuronen, 2011a;2011b; Pernaa, 2008).

5.4.2. Kyselyn toteuttaminen

Kyselylomakkeen linkki <https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/47691/lomake.html> ja mausteiden kemiaan liittyvän verkko-oppimateriaalin linkki <https://peda.net/p/rantanii/maustekemiaa> lähetettiin tammikuun 2014 puolivälissä kemian opettajille ja opettajaopiskelijoille Kemian aineenopettajankoulutusyksikön sähköpostilistan välityksellä. Viestissä kerrottiin peruskoululle tarkoitetun oppimateriaalin liittyvän mausteiden kemiaan ja opettajilla sekä opettajaopiskelijoilla olevan mahdollista arvioida sen sisältöjä. Verkko-oppimateriaalin muokkaus jaettiin kolmeen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe suoritettiin, kun vastaajien lukumäärä nousi yli 10 ja toinen lukumäärän ollessa yhteensä yli 20 ja viimeinen eli lopullinen lukumäärän ylittäessä 30. Tutkimuksessa oli lopulta 32 vastaajaa.

5.4.3. Kohderyhmä

Kyselytutkimuksen täytti 32 vastaajaa, joista ammatillisella puolella oli 2, pelkästään peruskoulussa opettavia 19, pelkästään lukiossa opettavia 4 ja molemmissa opettavia 2. Loput 5 henkilöä olivat opettajaopiskelijoita. Suurin osa opettajista ($N = 25$) oli opettanut vähintään 5 vuotta. Otannan pienen koon ($N = 32$) vuoksi tilastolliset tarkastelumenetelmät rajoittuivat annettujen arvosanojen keskiarvojen laskemiseen sekä avoimien kysymysten sisällönanalyysiin. Sivustopäiväkirjan pitämisen ja muokkauksen vaiheistamisen johdosta tutkimuksessa esiintyi myös hermeneuttisia eli toiminnallisia piirteitä, joissa tutkija osallistuu tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa se tuli ilmi tutkijan osallistuessa tutkimukseen muokkaamalla oppimateriaalia kyselyn ollessa vielä avoinna arvioivalle kohderyhmälle. (Metsämuuronen, 2011a;2011b).

Kyselyyn vastanneista henkilöistä 26 olivat sitä mieltä, että verkko-opiskelu on oppilaille mielekästä. Videoiden ja simulaatioiden kohdalla 23 vastaajaa ilmoitti käyttävänsä niitä usein omassa opetuksessaan. Sen sijaan mallinnuksen osalta vain 8 kertoi käyttävänsä usein kyseistä opetusmenetelmää. Avoimissa kohdissa annetut perustelut jaettiin positiivisiin ja negatiivisiin kommentteihin, jotka on esitetty Taulukossa 5.4. Lisäksi verkko-oppimateriaaleja opetuksessaan käyttävistä vastaajista 11 ilmoitti vastauksissaan myös käyttämänsä verkkomateriaalin:

- Opetus-tv ($N = 1$)
- Edumol ($N = 3$)
- Nettitehtävät ($N = 1$)
- Appletit ($N = 1$)
- Oppikirjasarjan sähköistä materiaalia ($N = 3$)
- Fronteriin sisältyvät opetusaihiot ($N = 1$)
- Itse koottu oppimateriaali ($N = 2$)
- Kuvat ($N = 1$)
- Videot ($N = 2$)
- Animaatiot/simulaatiot ($N = 2$)
- Etäfysiikka ($N = 1$)

Taulukko 5.4. Vastaajien antamat perustelut eri TVT-menetelmien käytöstä sekä oppilaiden verkko-opiskelusta.

Väite	+	-
<i>Mielestäni oppilaat kokevat tietokoneperustaisen opiskelun</i>	Vaihtelua oppitunneille. Konkreettisuus. Osana oppilaan elämää. Kuuluu opetukseen. Voivat palata asioihin kotona. Ovat tottuneita tietokoneopiskeluun.	Tietokone ei tee opiskelua miellekkäksi. Harva oppilas kykenee verkko-oppimiseen. Oppilaat joutuvat ottamaan liikaa vastuuta. Osa pitää, osa ei. Eksyvät herkästi/usein väärille sivuille.
<i>Käytän videoita tai simulaatioita opetuksessani</i>	Havainnollistaa asiaa paremmin. Mahdollisuus syvällisempään oppimiseen. Ajan, kemikaalien ja demonstraatioiden säästäminen. Jaksavat seurata ja oppia niistä.	Englannista suomeksi kääntäminen. Pohtivat enemmän laboratoriotöissä. Sopivien simulaatioiden puuttuminen.
<i>Käytän molekyyli mallinnusta opetuksessani</i>	Molekyylien rakenteiden hahmottaminen. Havainnollistaa asiaa paremmin. Mahdollisuus syvällisempään oppimiseen. Tukee oppimista.	Fyysistä käsillä tekemistä tietokoneen sijasta. Puute tietokoneista. Peruskoulussa ei tarvita molekyyli mallinnusta. Mallinnuksen sopiminen paremmin lukioon.

5.5. Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksessa kerättyjen vastausten pienestä lukumäärästä ($N = 32$) johtuen aineistosta ei voida tehdä yleistyksiä. Luotettavuuteen vaikutti negatiivisesti myös verkko-oppimateriaalin muokkaaminen vaiheittain aineiston kasvaessa ensin yli 10, toisessa vaiheessa yli 20 ja viimeisessä vaiheessa yli 30 vastaajaan. Tällöin vastaajien verkko-oppimateriaalista antamia arvosanoja ei voida verrata keskenään 1. ja 2. vaiheen, 1. ja 3. tai 2. ja 3. vaiheen välillä. Luotettavuuteen vaikuttivat positiivisesti tutkijan sivustopäiväkirjan pitäminen muokkauksista sekä vastaajien antamat perustelut ja avoimien kohtien vapaat palautteet. Kokonaisuutena tutkimusta voidaan pitää tyydyttävänä luotettavuuden osalta. (Metsämuuronen, 2011a;2011b).

5.6. Verkko-oppimateriaalin kehittäminen

Kyselylomakkeen lopussa vastaajilta kysyttiin parantaako oppimateriaali kemian opiskelua, jonka tulosten perusteella 19 vastanneista vastasi vaihtoehtoon ”Kyllä”. Vastaajien pienen lukumäärän ($N = 32$) ja luvussa 6 esiteltävien keskiarvoiltaan keskinkertaisten tulosten vuoksi ei voida tehdä merkittäviä yleistyksiä tai johtopäätöksiä oppimateriaalin kyvystä parantaa kemian opiskelua. Verkko-oppimateriaalia kehitettiin vaiheittain jo tutkimuksen aikana saadun palautteen perusteella, mutta tutkimusta ja materiaalin kehittämistä on harkittava tulevaisuudessa. Materiaali löytyy osoitteesta <https://peda.net/p/rantanii/maustekemiaa>, mutta jatkossa luvussa 6 esitellyn tutkimuksessa kerätyn aineiston perusteella oppimateriaalin oppimisalustan vaihtamista on myös harkittava.

6. Tutkimuksen tulokset

6.1. Oppikirja-analyysi

Tarveanalyysin kohteina olivat peruskoulussa käytetyt kolmen kemian oppikirjasarjan uusimmat painokset. Yhteensä tutkittuja kirjoja oli 5. Oppikirjoista tutkittiin niiden tekstikappaleet, joihin sisältyivät myös lisätietona esitetyt osiot. Myös kappaleiden kuvat analysoitiin. Tehtävät jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tulosten perusteella mausteisiin liittyvää kemiallaa löytyi ainoastaan yhdestä oppikirjasta, Ilmiöstä (Aspholm et al., 2012), joka kattaa kaikki peruskoulun 7.-9. luokkien kemian kurssit. Oppikirjassa esiintyi yhdellä sivulla kuva kanelista, jonka päälle oli editoitu kanelialdehydin rakennekaava ja alapuolelle oli kirjoitettu kuvateksti ”Kanelialdehydi on aromaattinen yhdiste”. Muista oppikirjoista ei löytynyt mausteisiin liittyviä tekstejä tai kuvia. Tarveanalyysin perusteella mausteiden kemian oppimateriaalin kehittämiseksi on tarvetta, koska ne liittyvät oppilaan arkielämään ja koska niiden avulla voidaan opettaa muita kemian osa-alueita, kuten erotusmenetelmiä ja aineen rakennetta. Oppikirjat on esitetty Taulukossa 6.1.

Taulukko 6.1. Tarveanalyysissä tutkitut peruskoulun oppikirjat.

Oppikirja	Erityistä	Mausteiden kemialla	Viittaukset mausteisiin
Aine ja energia (Aspholm et al., 2008)	Kattaa kaikki kemian kurssit.	Ei	-
Avain 1-3 (Happonen et al., 2012a;2012b;2013)	Kirja 1: yleinen kemia; Kirja 2: materiaalikemia; Kirja 3: orgaaninen kemia	Ei	-
Ilmiö: Kemia (Ikonen et al., 2012)	Kattaa kaikki kemian kurssit.	Kyllä (s.249)	Kuva kanelista ja kanelialdehydistä; Kuvateksti: ”Kanelialdehydi on aromaattinen yhdiste

6.2. Verkkomateriaali

Verkko-oppimateriaali mausteiden kemiasta laadittiin Peda.net -oppimisympäristöön ottamalla tarkastelun kohteiksi seuraavia aiheita: Teollisuusnäkökulma, ympäristö- ja terveysvaikutukset, historia, molekyyli-gastronomia sekä mausteyhdisteiden erotusmenetelmät. Verkkomateriaalin tarkoituksena oli tukea muiden peruskoulussa käytettävien asioiden ymmärtämistä antamalla niistä oppilaille arkielämää lähellä olevassa kontekstissa esitettävää tietoa. Verkkomateriaalista muotoutui lopulta laaja kokonaisuus, jotta oppilaat voivat käyttää sitä monipuolisesti ja jotta he saisivat käsityksen mausteiden kemiallisesta merkityksestä.

Verkko-oppimateriaali muotoiltiin vastaamaan Löfström et al. (2010) esittämiä vaatimuksia linjakkaasta verkko-opetuksesta ja -oppimisesta. Vaatimukset koostuivat seuraavista kohdista (Löfström et al., 2010):

- Harkittu linkittäminen ja infoähkyn välttäminen
- Sivujen hierarkkisuus ja yksinkertaisuus
- Harkittu opetusmenetelmien käyttö
- Tieteellisen tekstin ymmärtäminen
- Konkreettinen selostaminen oppijalle

Vaatimusten mukaisesti verkko-oppimateriaali pyrittiin pitämään ulkoasun ja tekstin osalta mahdollisimman yksinkertaisena ja lyhyenä, koska oppimateriaalia tulisivat käyttämään peruskoululaiset, jotka Peruskoulun opetussuunnitelmien perusteiden (2004) mukaan pyrkivät opiskelemaan kemian sisältöjen alkeita, kuten aineen rakennetta ja erotusmenetelmiä. Myös laskut pyrittiin pitämään minimissään, koska Lukion opetussuunnitelmien perusteiden (2003) mukaan laskennallista osiota tuodaan esille enemmän lukiossa. Muita tavoitteita oppimateriaalille oli, että oppilas saisi mielekkästä maustekontekstista erilaisia merkityksiä ja rakentaisi konstruktivistisesti omia tietorakenteitaan, jotka hän kokee merkityksellisiksi. (Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2003; Ahtineva, 2000; Löfström et al., 2010).

Verkkomateriaali koostuu seuraavista osista, joista kyselylomakkeessa arvioinnin kohteena olleet a-d on esitetty visuaalisesti myös Kuvien 6.2.1.-6.2.4. avulla:

- a) Etusivu, jossa on tervetuloivotus ja pyritään johdattamaan materiaaliin tutustumiseen kertomalla materiaalin keskeisistä tavoitteista.
- b) Peruskoulu-sivu, jossa kerrotaan tarkemmin sivustosta keskeiset opittavat kemiaan liittyvät asiat.
- c) Mausteet nykyaikana -sivu, jossa kerrotaan mausteiden määritelmästä sekä niiden käytöstä ruoanlaitossa kemiallisesta näkökulmasta ja erotusmenetelmistä.
- d) Mausteiden kansainvälisyys –sivu, jossa esitellään mausteiden kemiaa niiden alkuperäisen tai yleisen kasvupaikan kontekstissa.
- e) Mausteiden mallintamista –sivu, jossa kerrotaan mausteyhdisteiden mallintamisesta.
- f) OPS-kytkentä –sivu, jossa on esitelty mausteiden opetussuunnitelmaan kytkeytyminen.
- g) Lisätietoa –sivu, jossa kerrotaan selkeyttävää lisätietoa käsitteistä, jotka tulevat esille joko ensimmäistä kertaa tai jotka käsitellään nopeasti peruskoulun oppitunneilla, jolloin niihin ei ehditä perehtyä konkreettisin esimerkein.

Peruskoulu

Tervetuloa mausteita käsittelevälle sivustolle!

Elämä on nykyään paljon helpompaa, kun lähes jokaista asiaa voi "maustaa" enemmän itselleen sopivammaksi. Mikä juuri mausteet? Selaillemalla materiaalin sisältöjä saat tietoa mausteiden merkityksestä kemiassa.

Sivun vasemmassa reunassa olevasta linkistä pääset selailemaan oppimateriaalia. Peruskoululle tarkoitettua materiaalia keskityään mausteisiin niiden historian, terveysvaikutusten ja molekyyliastronomian avulla. Ohessa sivutaan kemiassa käytettäviä kokeellisia menetelmiä.

Materiaali on tarkoitettu opetuskäyttöön. Omalla nimelläni merkityt kuvat ovat vapaasti käytettävissä.

Muiden kuvien kohdalla noudatetaan Creative Commonsin lisenssejä (suomeksi ja englanniksi).



Kuva: Mitä kemiallista yhdistettä erottuu tässä mintun tislauksessa? (Toni Rantanen).

Liitteet:

Mintun_tislauks.jpg

Kuva 6.2.1. Verkko-oppimateriaalin etusivu.

Mausteet nykyään

Mausteiden kansainvälisyys

Mausteiden mallintamista

OPS-lyöntä

Lisätietoa

Takaisin Etusivulle

16. tammikuuta 2014 0.32

<https://peda.net/p/rantanil/maustekemiaa>

Tervetuloa matkalle mausteiden kemialliseen maailmaan!

Tämä sivusto on tarkoitettu peruskoulun 7.-9.-luokkien kemian opiskeluun. Tarvittaessa sivujen materiaalia voidaan muokata myös muiden oppiaineiden käyttöön soveltuvaan.

Tämän oppimateriaalin tarkoituksena ei ole opetella nippelitietoa kuten vuosilukuja ja henkilöiden nimiä. Sen sijaan oppimateriaalilla pyritään tuomaan esille Peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden (2004) mainitsemia keskeisiä kohtia.

Oppimateriaalista keskeiset opittavat osat ovat:

- Kemialliset ilmiöt mausteissa.
- Mausteiden erilaisten käyttötarkoitusten ymmärtäminen.
- Yhteiskunnan ja kulttuurin vaikutus kemiaan.
- Kemialliset erotusmenetelmät.
- Molekyyliä käyttäminen.



Kuva: Maustehyllyssä on nykyään eri maissa kasvatettuja mausteita. (Toni Rantanen).

Liitteet:

maustehylly.jpg

Kuva 6.2.2. Peruskoulu-sivu.

Mausteet nykyaikana

Jaa

Mausteen määritelmä

Mausteiden kemiaa

Takaisin Peruskoulu-osioon

15. tammikuuta 2014 23:05

<https://peda.net/p/rantani/maustekemiaa/peruskoulu>

Mausteet ruoanlaitossa

Maustekaupan ansiosta nykyaikana on saatavilla useita eri maiden mausteita, joita käytetään erilaisten ruokien valmistukseen. Nykyaikana on lisäksi tärkeää, että elintarvikkeet ovat turvallisia, minkä vuoksi niitä tutkitaan kemiallisilla menetelmillä. Elintarvikkeiden laadun ja kemiallisen koostumuksen tutkimista alaa kutsutaan elintarvikkekemiksi. Ruoanlaitossa puolestaan sovelletaan molekyyli-gastronomiaa.

Mausteiden molekyyli-gastronomiaa

Mausteiden kemialliset ominaisuudet tulevat esille ruoanlaitossa:

- Maku --> ihmisen kyky havaita makuaistilla mausteiden kemiallisten yhdisteiden antamia aromeja.
- Haju --> ihmisen kyky havaita hajuaistilla mausteiden kemiallisten yhdisteiden antamia tuoksua.
- Väri --> kemiallisten yhdisteiden vaikutus mausteiden ulkonäköön.
- Rakenne --> mausteiden kemiallisten yhdisteiden väliset vuorovaikutukset.



Kuva: Mausteseos (paul goyette/Wikimedia Commons CC-BY-SA 2.0 Generic lisenssi).

Tehtäviä

1. Kumpi yllä esitetty mausteseos on, homogeeninen vai heterogeeninen? Perustele.
2. Luettele mausteita, jotka ovat
 - a) maultaan vahvoja
 - b) tuoksultaan vahvoja
 - c) värikkäitä (mustia, valkoisia, harmaita ja ruskeita ei lasketa)
3. Mitä tarkoitetaan mausteiden

Kuva 6.2.3. Mausteet nykyaikana -sivu.

Mausteiden kansainvälisyys

Jaa

Aasia

Etelä- ja Keski-Amerikka

Eurooppa

Pohjois-Afrikka ja Lähi-itä

Takaisin Peruskoulu-osioon

15. tammikuuta 2014 23:51

<https://peda.net/p/rantani/maustekemiaa/peruskoulu?session-tid=e389f4f9-006e-4e17-916d-c38299634b39>

Miten mausteiden kansainvälinen saatavuus liittyy kemiaan?

Kansainvälistymisen ansiosta mausteita saadaan eri puolilta maailmaa. Sen sijaan niiden käyttötarve vaihtelee.

Tässä materiaalissa käydään läpi mausteiden eri käyttötarkoituksia Aasian, Etelä- ja Keski-Amerikan, Euroopan sekä Pohjois-Afrikan ja Lähi-idän näkökulmista.



Kaavio: Kemia ja mausteet kytkeytyvät toisiinsa ruoka- ja lääketieteellisuuden kautta. (Toni Rantaniitty).

Tehtäviä:

1. Pohdi, miksi joissakin elintarvikkeissa/lääkkeissä osa mausteista on korvattu keinotekoisilla tai ominaisuuksiltaan samankaltaisilla yhdisteillä.
2. Mitä muita keinotekoisia mausteyhdisteitä tai korvikkeita käytetään ruoissa/lääkkeissä kuin yllä olevassa kaaviossa esitetty etyyli-vanilliini?

Liitteet:

 mausteet_ja_kemia.jpg

Kuva 6.2.4. Mausteiden kansainvälisyys -sivu.

6.2.1. Alkuperäinen oppimateriaali

Alkuperäisessä muokkaamattomassa verkko-oppimateriaalissa teksti pyrittiin pitämään lyhyenä ja selkeänä sekä esittämään asioita mahdollisimman paljon kuvien ja videoiden avulla. Mausteiden kasvupaikoista ja niiden kemiallisista yhdisteistä kerrottiin tekstiosioissa. Tässä vaiheessa ei esitetty vielä kemiallisten yhdisteiden rakennekaavoja eikä oppimateriaaliin ollut laadittu tehtäviä. Vastaajilta ensimmäisessä vaiheessa (N = 16) kerätyn palautteen perusteella keskiarvot olivat

- Etusivulle 2,8 (N = 16)
- Peruskoululle 3,2 (N = 16)
- Mausteet nykyaikana -sivulle 3,1 (N = 16)
- Mausteiden kansainvälisyys: Aasia 2,8 (N = 9)
- Mausteiden kansainvälisyys: Etelä- ja Keski-Amerikka 2,6 (N = 9)
- Mausteiden kansainvälisyys: Eurooppa 3,0 (N = 9)
- Mausteiden kansainvälisyys: Pohjois-Afrikka ja Lähi-itä 3,0 (N = 8)

Vapaan palautteen perusteella oppimateriaalissa positiivisinta oli tekstin ja kuvien selkeys. Sen sijaan linkittäminen ja sivustolla eksyminen aiheuttivat ongelmia. Myös mausteiden yhteys kemiaan koettiin puutteelliseksi. Perusteluita olivat esimerkiksi seuraavat:

- ” Sivut ovat hieman vaikeakäyttöiset, kun vasemman reunan valikosta ei näy kaikkia vaihtoehtoja vaan valikko on erinäköinen jokaisella sivulla. Kokonaisuuden hahmottaminen on hankalaa.”
- ”Navigointia voisi parantaa käyttäjäystävällisemmäksi - mausteiden vaikuttavien aineiden nimet ja kaavat kiva lisä?!”

- *Sivusto koski mausteiden kemiaa, mutta sivusto oli joissakin tapauksissa rakentunut 7.-vuosiluokan sisällön läpikäyntiin. Osiossa "mausteiden kemia" esitettiin yleinen aineiden jaoittelu puhtaisiin aineisiin ja seoksiin - miten tämä liittyi miltään osin mausteiden kemiaan? ...Nykyisen mallisessa muodossa voi helposti käydä niin, että jokin osia jää kokonaan katsomatta: valikkojen taakse piiloutuu uusia valikoja, joiden taakse taas uusia ja lopulta on eksynyt jonnekin, josta ei osaa löytää enää takaisin (toki ylhäällä on murupolku olemassa). Tässä mielessä sivusto on raskas luettava... Sivustossa hyvää on yksinertainen rakenne, riittävän vähän tekstiä, mutta näin kemian opettajan silmin itse asiaan liittyvää mausteiden kemiaa on hyvin vähän. Hyvä alku, mutta toteutusta kannattaa vielä miettiä..."*

6.2.2. Ensimmäinen muokkausvaihe

Ensimmäisen vaiheen palautteen perusteella oppimateriaalin muokkausvaiheessa keskityttiin turhaksi koetun asian karsimiseen sekä vahvempaan kemiaan kytkeytymiseen. Kemiallisista yhdisteistä tehtiin rakennekaavoja Symyx Draw-piirto-ohjelmalla ja pallotikkumalleja Avogadro- ja Jmol-mallinnusohjelmilla. Lisäksi sivujen järjestystä pyrittiin muokkaamaan selkeämmäksi vähentämällä alasivujen määrää sekä lisäämällä aikaisempien alasivujen tietoja muille sivuille. Jokaisen sivun yläpuolelle linkki, josta pääsi takaisin edelliselle sivulle. Teksti ja kuvat pyrittiin pitämään edelleen selkeinä. Tehtäviä ei lisätty alkuperäisen materiaalin tavoin ensimmäisessä muokkausvaiheessa. Muokkausvaihe suoritettiin 15.1.-16.1.2014 välisen yön aikana. Vastaajilta toisessa vaiheessa (N = 9) kerätyn palautteen perusteella keskiarvot olivat

- Etusivulle 3,2 (N = 9)
- Peruskoululle 3,3 (N = 9)
- Mausteet nykyaikana -sivulle 3,3 (N = 9)
- Mausteiden kansainvälisyys: Aasia 3,1 (N = 8)
- Mausteiden kansainvälisyys: Etelä- ja Keski-Amerikka 3,0 (N = 5)
- Mausteiden kansainvälisyys: Eurooppa 2,5 (N = 4)
- Mausteiden kansainvälisyys: Pohjois-Afrikka ja Lähi-itä 2,5 (N = 2)

Vapaan palautteen perusteella oppimateriaalissa positiivisinta oli tekstin ja kuvien selkeys. Sen sijaan linkittäminen ja sivustolla eksyminen aiheuttivat edelleen ongelmia. Myös mausteiden yhteys kemiaan koettiin edelleen puutteelliseksi. Myös mausteteema koettiin kyseenalaisena. Perusteluita olivat esimerkiksi seuraavat:

- ” Ulkoasuko tässä oli tärkeintä? Missä opettaminen on? Ei yhtään itse pohdittavaa tai tehtävää löytynyt. Vaikuttaa pohjalta varsinaiselle oppimateriaalille.”
- ”Sivuston ajatus on erittäin hyvä. Olisiko mahdollista kytkeä mausteisiin liittyvä kemia vielä enemmän itse mausteisiin, nyt mausteet esitellään omalla sivullaan (toki viittauksia kemiaan) ja kemia tislus ym. on omilla sivuillaan...Teemasivustolla on olemassa pieni riski siitä, että jos mausteet eivät murrosikäistä innosta, myös kemia jää silloin syrjään...Mutta siis ajatus on hyvä, lisäkehittelyä vielä.”
- ” Olisi ollut näppärää, jos koko sivuston linkitys olisi näkynyt sivun vasemmassa laidassa, nyt piti palata edelliseen näkymään, jotta sai kurkattua kaikki haarat materiaaleista läpi. Olisi ollut mukavaa, jos materiaalissa olisi ollut muutama monivalintakysymys.”
- ”etusivun lupaus "saat mausteista täysin uudenlaisen kuvan niiden historiasta ja käyttötarkoituksista." on muodoltaan sellainen, että se karkottaa oppilaat ja lupaa ehkä vähän liikaa sisällön laajuuteen nähden...Uutto ja tislus olivat hyviä. Tulen ainakin näyttämään oppilailleni orgaanisen kemian kurssilla yksittäisiä sivuja työstäsi esim. chili, vanilja, pippurit, koska faktat on esitetty riittävän helpotajuisesti, hyvät kuvat ja kaavat.”
- ”hankala selata, ei kovin mielenkiintoinen lähetymistapa, ajatellen peruskoululaista. Kokonaisuus muistutti aivan liian paljon oppikirjaa tai tietokirjaa.”

6.2.3. Toinen muokkausvaihe

Toisen vaiheen palautteen perusteella oppimateriaalin muokkausvaiheessa keskityttiin edelleen turhaksi koetun asian karsimiseen sekä vahvempaan kemiaan kytkeytymiseen. Myös tehtäviä mausteista laadittiin vastaajien pyynnöstä, jotta materiaali ei jäisi pelkäksi lukuasteelle. Kemiallisten yhdisteiden pallotikkumallit ja maustetehtäviä sijoitettiin kuvagallerioihin ja tehtävämappeihin, joissa ne näkyisivät selkeämmin ja jonka avulla ne selkeyttäisivät sivujen rakennetta. Teksti ja kuvat pyrittiin pitämään edelleen selkeinä. Muokkausvaihe suoritettiin 20.1.-21.1.2014 välisen yön aikana.

Vastaajilta kolmannessa vaiheessa (N = 7) kerätyn palautteen perusteella keskiarvot olivat

- Etusivulle 3,3 (N = 7)
- Peruskoululle 3,3 (N = 7)
- Mausteet nykyaikana -sivulle 3,0 (N = 7)
- Mausteiden kansainvälisyys: Aasia 3,0 (N = 5)
- Mausteiden kansainvälisyys: Etelä- ja Keski-Amerikka 2,5 (N = 2)
- Mausteiden kansainvälisyys: Eurooppa 2,8 (N = 4)
- Mausteiden kansainvälisyys: Pohjois-Afrikka ja Lähi-itä 2,5 (N = 2)

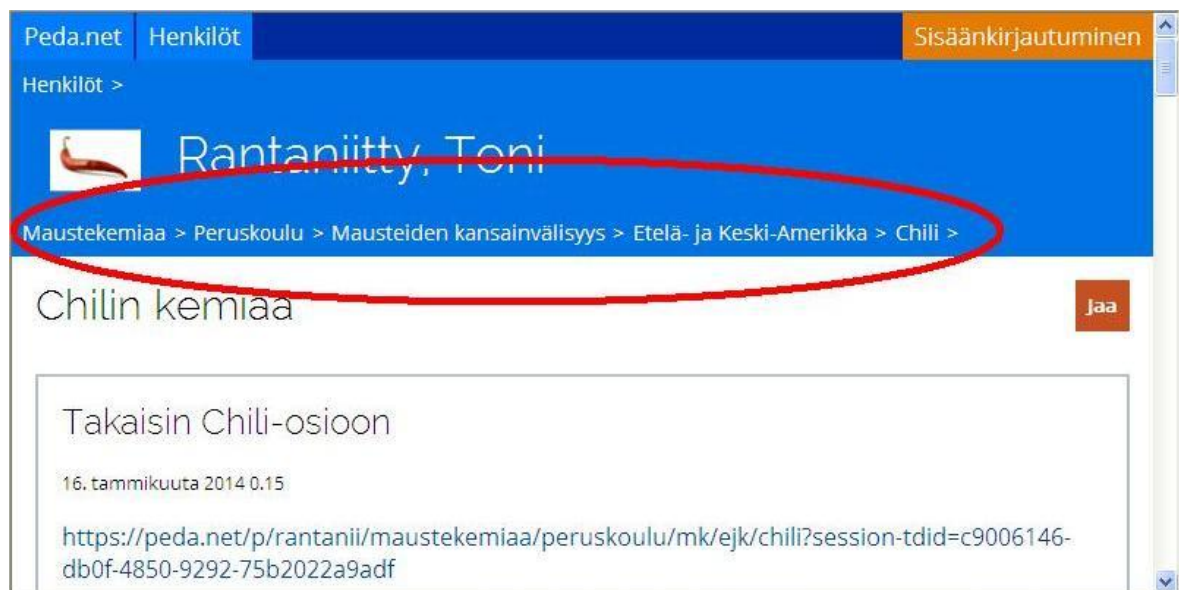
Vapaan palautteen perusteella oppimateriaalissa positiivisinta oli tekstin ja kuvien selkeys. Sen sijaan linkittäminen ja sivustolla eksyminen aiheuttivat edelleen ongelmia. Myös mausteisiin liittyviä tehtäviä sekä kurssimateriaalin selkeyttämistä opetusasteen (7.-9.luokan) perusteella toivottiin enemmän. Perusteluita olivat esimerkiksi seuraavat:

- ” tarvitaan sivuille harjoituksia, joissa opiskelija tekee jotain - nyt tämä on pelkkä nettisivu, ulkoasu on vaatimaton, eteneminen asiasta toiseen sekavaa - siis haluaisin nähdä vasemmalla koko sisällön- nyt eksyy, ei tiedä missä on ...”
- ” Rakenne oli vähän sekava aluksi. Kuvat tosi hyviä, ohjeet osittain”
- ”Mausteiden kemia luo hyvin yhteyden arjen ja kemian välille. Sitä ei edes tajua, miten hyvin jotkin aiheet pystyy käsittelemään näiden aiheiden avulla ja välillä tuntuu siltä, ettei tässä käydä kemiaa ollenkaan. Silti sitä tulee opittua erotusmenetelmiä ja mietittyä rakenteita tosi paljon...Lisäksi vaikuttaisi siltä, että joillekin sivuille pääsee vain tekstin seasta löytyvää linkkiä pitkin, mikä voi toisella

ja kolmannella selauskerralla tuntua hankalalta, kun ei muista ihan tarkkaan miltä alisivulta linkkiä pitäisi etsiä. Aihetta käsitellään tosi monipuolisesti ja siitä löytyy tosi paljon asiaa tältä sivustolta...Kehitysehdotuksena heitän vielä jonkinlaista "karttaa" opettajalle, jonka avulla saisi helposti suunniteltua sopivan kokoisia kokonaisuuksia eri teemoista. (Esim. Mitkä sivut kannattaa käyttää, jos haluan erotusmenetelmiin liittyvää asiaa seiskaluokkalaisille? Entä mihin osiin kannattaa panostaa orgaanisten yhdisteiden rakennekaavoja opeteltaessa kasiluokkalaisten kanssa?)”

6.2.4. Kolmas muokkausvaihe

Viimeisessä muokkausvaiheessa tiivistettiin jälleen alisivujen sisältöjä muihin sivuihin. Myös tehtävät ja kokeellisten työohjeiden ohjeet muokattiin selkeämpään muotoon. Peda.net –sivuston linkittämiseen ja sivustopuun muodostumiseen ei voitu tehdä merkittäviä muutoksia, koska sivuston rakenne perustuu tietyn sivustopuun mukaiseen etenemiseen. Tilannetta on havainnollistettu Kuvassa 6.2.5.



Kuva 6.2.5. Sivustolla navigointiin käytetty sivustopuu.

6.3. Kokeellisuus

Kokeellisten esimerkkien tarkoituksena oli tuoda esille mausteiden ja kemiallisten erotusmenetelmien välistä yhteyttä sekä niiden liittymistä arjen kontekstiin. Mausteista suoritettiin seuraavat kokeelliset työt, joiden tarkemmat menettelyt on esitetty Liitteissä 3-8:

- Appelsiininkuori: Limoneenin tislaminen appelsiininkuoresta.
- Minttu: Mentolin tislaminen mintun lehdistä.
- Kurkuma: Värimuutuskokeet kurkumajauheella.
- Inkivääri: Gingerolin eristäminen inkiväärijauheesta.
- Gochujang -chilisoijapaputahna: Kapsaisiinipitoisuuden määrittäminen.
- Mustapippuri: Piperiinin eristäminen mustapippurijauheesta.

Mainituista kokeellisista töistä kolme ensimmäistä on tarkoitettu kokeellisiksi töiksi peruskouluun, koska niissä tarkastellaan erotusmenetelmiä sekä perehdytään metalliyhdisteiden sekä happamuuden vaikutuksiin valmistettaessa intialaisia värijauheita. Kolme jälkimmäistä on puolestaan tarkoitettu kuvien, tehtävien ja videoiden avulla esitettyinä esimerkeiksi erotusmenetelmistä, joilla mausteiden kitkerät ja tuliset yhdisteet voidaan eristää ja määrittää kokeellisesti. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, 2004; Versuchscheme, 2006;2010; Codex Alimentarius, 2009; 2010; Chen et al., 1986; Connell & McLachlan, 1972; Pandey et al., 2013; Ravindran, 2007; Shingate et al., 2013).

7. Yhteenveto

Kehittämistutkimuksen tuloksina saatiin, että merkittäviä kvantitatiivisia tilastollisia yleistys- ja johtopäätöksiä ei voida tehdä oppimateriaalin kyvystä parantaa kemian opiskelua. Syynä tähän on keskiarvojen 2,5-3,3 perusteella saatu keskinkertainen kokonaisarvosana. Sen sijaan tutkimuskysymyksiin 1 ja 2 saatiin vastaukset laadullisella aineistolähtöisellä menetelmällä. Tarveanalyysin perusteella oppikirjoissa ja Peruskoulun opetussuunnitelmien perusteissa ei mainita suoraan mausteiden kemiaa, minkä vuoksi niihin liittyvän materiaalipaketin kehittäminen olisi tarpeellista. Tällöin vastaus tutkimuskysymykseen 1 on, että mausteiden kemiaa ei opeteta peruskoulun kemiassa. Maustekontekstilla voidaan tutustua kemiallisten yhdisteiden rakenteisiin, pohtia niiden rakenteiden vaikutusta mausteiden ominaisuuksiin sekä tutustua orgaanisen kemian (hiilen kemian) yhdisteisiin. Lisäksi mausteiden yhdisteiden eristämisessä voidaan antaa esimerkkejä kemiallisten erotusmenetelmien käytöstä. Mausteiden keskeisenä tarkoituksena olisi herättää oppijassa kiinnostusta kemiaa kohtaan käsittelemällä asioita eri konteksteissa ja joita ei koulussa käsitellä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, 2004; Metsämuuronen, 2011a;2011b).

Löfströmin et al. (2010) teoksen sekä verkkomateriaalista kerätyn palautteen perusteella saatiin vastaukseksi tutkimuskysymykseen 2, että asiat pyritään esittämään mahdollisimman selkeästi ja konkreettisesti oppijalle. Löfströmin et al. teoksen perusteella tekstin ja kuvan kytkeminen tieteelliseen tekstiin onnistui tässä tutkimuksessa, koska teksti oli helppolukuista ja kuvat selvensivät asian käsittelyä. Lisäksi oppimateriaalissa pyrittiin välttämään Löfströmin et al. mainitsemaa infoähkyä. Sen sijaan linkittäminen ei onnistunut oppimateriaalissa Löfströmin et al. mukaisesti, koska vastanneet henkilöt kokivat liikkumisen Peda.net -sivustoon rakennetulla oppimisympäristöllä erittäin hankalaksi. Peda.net -sivustolla kohdattiin vastaajien palautteen perusteella Löfströmin et al. esittämä kuormittumisteoria, jonka perusteella sisäinen kuormittuminen eli sisällön monimutkainen järjestys aiheuttivat hankaluuksia käsitellä materiaalia. Tulokset kuitenkin vastasivat tutkimuskysymykseen 2, koska niiden avulla saatiin selville Peda.net soveltumattomuus peruskoulun oppilaiden oppimisympäristönä linkittämisen vaikeuden vuoksi. Tulosten perusteella pitäisi siksi pohtia toisen oppimisympäristön käyttämistä, jossa linkittäminen olisi sujuvampaa, kokonaisuus selkeämpi ja aikaisemmalle sivustolle palaaminen olisi helpompaa. (Löfström et al., 2010).

Lähteet

- Aaltonen, I., Laurimaa, S., Lindell, L., Mikkonen, S., Nappa, K., Riikonen, U., . . . Tapanainen, S. (2002). Maustaminen. *Kiinalainen keittokirja* (pp. 34-38). Porvoo, Helsinki, Juva: WSOY.
- Adamson, M. W. (2004). Rose water. *Food in medieval times* (pp. 29) Greenwood Publishing Group.
- Aguilera, J. M. (2012). The empowerment of chefs. *Edible structures: The basic science of what we eat* (M. Blazes Trans.). (pp. 303-326). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ahtiainen, M., Aromaa, V., Heininen, S., Kauppinen, S., Perheentupa, J., Perho, I., . . . Sihvola, J. (2003). In Packalén H. (Ed.), *Maailmankulttuurien aikakirja* (1.-5. ed.). Helsinki: Edita.
- Ahtineva, A. (2000). *Oppikirja - tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja? lukion kemian oppikirjan - kemian maailma 1 - tiedonkäsitys ja käyttökokemukset*. (Väitöskirjatutkielma, Turun opettajankoulutuslaitos, Kasvatustieteiden tiedekunta, Turun yliopisto). *Oppikirja - Tiedon Välittäjä Ja Opintojen Innoittaja? Lukion Kemian Oppikirjan - Kemian Maailma 1 - Tiedonkäsitys Ja Käyttökokemukset, Annales Universitatis Turkuensis, C164, Väitöskirjatutkielma*, (164)
- Akkara, J. A., Senecal, K. J., & Kaplan, D., L. (1991). Synthesis and characterization of polymers produced by horseradish peroxidase in dioxane. *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry*, 29, 1561-1574.
- Al Othman, Z. A., Ahmed, Y. B. H., Habila, M. A., & Ghafar, A. A. (2011). Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in capsicum fruit samples using high performance liquid chromatography. *Molecules*, 16(10), 8919-8929. doi:10.3390/molecules16108919
- Ammermann, S., Kaminski, L., & Pietzner, V. (2012). Aerosols - relevant for climate and medicine. *Chemistry in Action!*, (98), 7-15.

Annex: Determination of capsaicin in *gochujang* using gas chromatography (GC) detection. (2009; 2010). *Codex alimentarius* () The Codex Alimentarius Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.knovel.com/web/portal/browse/display? EXT KNOVEL DISPLAY boo kid=2307>

Asekun, O. T., Grierson, D. S., & Afolayan, A. J. (2007). Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *mentha longifolia* L. subsp. *capensis*. *Food Chemistry*, 101, 995-998.

Ashengroph, M., Nahvi, I., Zarkesh-Esfahani, H., & Momenbeik, F. (2011). Use of growing cells of *pseudomonas aeruginosa* for synthesis of the natural vanillin via conversion of isoeugenol. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 10(4), 749-757.

Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., . . . Hongisto, J. (2008). In Saarenvesi M. (Ed.), *Aine ja energia: Kemian tietokirja* (8.-13. ed.). Helsinki: WSOY.

Bamji, M. S. (2005). INSA examines indian women's access to and retention in science. *Current Science*, 88(9), 1361-1363.

Bellamy, L. J., Spicer, G. S., & Strickland, J. D. H. (1952). Compounds of curcumin and boric acid. part III. infra-red studies of rosocyanin and allied compounds. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, (0), 4653-4656. doi:10.1039/JR9520004653

Berke, T. G., & Shieh, S. C. (2001). Capsicum, chillies, paprika, bird's eye chilli. In K. V. Peter (Ed.), *Handbook of herbs and spices* (pp. 111-122). Boca Raton, FL: CRC Press LLC.

Bory, S., Brown, S., Duval, M., & Besse, P. (2010). Evolutionary processes and diversification in the genus *vanilla*. In E. Odoux, & M. Grisoni (Eds.), *Vanilla* (pp. 15-29). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

Bruggink, T. (1996). Food allergy and food intolerance. In J. de Vries (Ed.), *Food safety and toxicity* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press

- Chan, E. F., & Moward, C. (1998). Contact dermatitis to foods and spices. *American Journal of Contact Dermatitis*, 9(2), 71-79.
- Chasteen, T. G. (2009). Retrieved huhtikuu 23, 2014, from http://www.shsu.edu/~chm_tgc/primers/GC.html
- Cheah, P. B., & Abu Hasim, N. H. (2000). Natural antioxidant extract from galangal (alpinia galanga) for minced beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1565-1571.
- Chemat-Djenni, Z., Ferhat, M. A., Tomao, V., & Chemat, F. (2010). Carotenoid extraction from tomato using a green solvent resulting from orange processing waste. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(2), 139-147.
- Chempakam, B., Leela, N. K., Azzez, S., Jayashree, E., & Zachariah, T. J. (2012). Spices. In M. Chandrasekaran (Ed.), *Valorization of food processing by-products* (pp. 489-516). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Chen, C., Kuo, M., Wu, C., & Ho, C. (1986). Pungent compounds of ginger (*Zingiber officinale* roscoe) extracted by liquid carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 477-480.
- Chiralt, A., Martinez-Monzo, J., Chafer, T., & Fito, P. (2002). Limonene from citrus. In G. Mazza, M. Le maguer & J. Shi (Eds.), *Functional foods: Biochemical and processing aspects, volume 2* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Connell, D. W., & McLachlan, R. (1972). Natural pungent compounds IV: Examination of the gingerols, shogaols, paradols and related compounds by thin-layer and gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 67(1), 29-35.
- Coulombe Jr., R. A. (2000). Natural toxins and chemopreventives in plants. In W. G. Helferich, & C. K. Winter (Eds.), *Food toxicology* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Curry, J. C., & Nip, W. (2005). Spices and herbs. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Food Science, technology and engineering - 4 volume set* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

- De Lourdes Reyes-Escogido, M., Gonzalez-Mondragon, E. G., & Vazquez-Tzompantzi, E. (2011). Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules*, 16(2), 1253-1270. doi:10.3390/molecules16021253
- De Vincenzi, M., Silano, M., De Vincenzi, A., Maialetti, F., & Scazzocchio, B. (2002). Constituents of aromatic plants: Eucalyptol. *Fitoterapia*, 73(3), 269-275.
- Debbarma, J., Kishore, P., Nayak, B. B., Kannuchamy, N., & Gudipati, V. (2013). Antibacterial Activity of ginger, Eucalyptus and sweet orange peel essential Oils on fish-borne bacteria. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37, 1022-1030.
- Depree, J. A., Howard, T. M., & Savage, G. P. (1999). Flavour and pharmaceutical properties of the volatile sulphur compounds of wasabi (*wasabia japonica*). *Food Research International*, 31(5), 329-337.
- The determination of the capsaicin content of capsicum and its preparations. (1959). *Analyst*, 84(1003), 603-617. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1039/AN9598400603>
- The determination of the capsaicin content of capsicum and its preparations. (1964). *Analyst*, 89(1059), 377-388. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1039/AN9648900377>
- Di Giacomo, A., & Di Giacomo, G. (2002). Essential oil production. In G. Dugo, & A. Di Giacomo (Eds.), *Citrus: The genus citrus* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Einzelne Stoffe und Komplizierte Mischungen. (1986). In B. Aniansson (Ed.), *Europas Luft - Europas Umwelt* [Europas Luft - Europas miljö: Nordiska ministerrådets rapport till Nordiska rådets internationella konferens i Stockholm 1986 om luftföroreningar] (J. Wesseloh Trans.). (pp. 19-28). Tukholma: Norstedts Tryckeri.
- Evolution of student interest in science and technology studies policy report*. (2006). ().OECD Global Science Forum.

- Extraktion von Piperin aus schwarzem Pfeffer.* (2006). Retrieved huhtikuu 24, 2014, from <http://www.versuchschemie.de/topic,5824,-Extraktion+von+Piperin+aus+schwarzem+Pfeffer.html>
- Extraktionen von Piperin.* (2010). Retrieved huhtikuu 24, 2014, from <http://www.versuchschemie.de/topic,14046,-Extraktionen+von++Piperin.html>
- Fahlbusch, K., Hammerschmidt, Franz-Josef, Panten, J., Pickenhagen, W., Schatkowski, D., . . . Surburg, H. (2003). Flavors and fragrances. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry* () John Wiley & Sons. doi:10.1002/14356007.a11_141
- Faska, Z., Bellioua, A., Bouklah, M., Majidi, L., Fihi, R., Bouyanzer, A., & Hammouti, B. (2008). Effect of pulegone and pulegone oxide on the corrosion of steel in 1 M HCl. *Monatshefte Für Chemie*, 139, 1417-1422.
- Ficker, C., Smith, M. L., Akpagana, K., Gbeassor, M., Zhang, J., Durst, T., . . . Arnason, J. T. (2003). Bioassay-guided isolation and identification of antifungal compounds from ginger. *Phytotherapy Research*, 17, 897-902.
- Food safety. (2003). Retrieved huhtikuu 25, 2014, from <http://www.who.int/foodsafety/codex/en/>
- Gafoor, K. A. (2011). How do interest in sciences vary with gender? Paper presented at the *UGC Sponsored National Seminar on Gender Quest in Multiple Intelligences*, Calicut, India. 1-8. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=ED535259>
- Gafoor, K. A., & Smitha, N. (2010). Out-of-school science experiences and interest in science of upper primary school pupils of kerala. *Journal of Indian Education*, XXXVI(1), 29-38. Retrieved from http://www.ncert.nic.in/publication/journals/pdf_files/jie/jie_may_2010.pdf
- Gafoor, K. A., & Smitha, N. (2012). Out-of-school experience categories influencing interest in science of upper primary students by gender and locale: Exploration on an indian sample. *Science Education International*, 23(3), 191-204.

- Gajhede, M., Schuller, D. J., Henriksen, A., Smith, A. T., & Poulos, T. L. (1997). Crystal structure of horseradish peroxidase C at 2.15 Å resolution. *Nature Structural Biology*, 4(12), 1032-1038.
- Gezelter, D. (2001). *Jmol: An open-source java viewer for chemical structures in 3D*. Minnesota, USA: SourceForge. Retrieved from <http://jmol.sourceforge.net/>
- Goto, H., Sakai, T., Mizoguchi, K., Tajima, Y., & Imai, M. (2010). *Odor generation alarm and method for informing unusual situation* (340/540;340/691.1 ed.). VA, USA: G08B 23/00 (2006.01).
- Goto, H., Ueno, Y., Onishi, H., Mizoguchi, K., Sakai, T., & Kitahara, K. (2012). *Odor-generating alarm apparatus* (340/632 ed.). USA: G08B 17/10 (2006.01).
- Halford, B. (2011). 2011 ig nobel prizes. *Chemical and Engineering News*, 89(40), 56.
- Hamilton, R., & Hamilton, S. (1987). In Kealey D. (Ed.), *Thin layer chromatography*. Chichester: Wiley.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2012a). In Latva-Karjanmaa T. (Ed.), *Avain: Kemia 1* (1.-2. ed.). Keuruu: Otava.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2012b). In Latva-Karjanmaa T. (Ed.), *Avain: Kemia 2* (1.th ed.). Keuruu: Otava.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2013). In Latva-Karjanmaa T. (Ed.), *Avain: Kemia 3* (1.th ed.). Keuruu: Otava.
- Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O. V., & Toverud, K. C. (2007). *Ihmisen fysiologia* [Menneskets fysiologi] (K. Sillman Trans.). (1.-3. ed.). Porvoo, Helsinki, Juva: WSOY.
- Haynes, W. M. (Ed.). (2013-2014). *CRC handbook of chemistry and physics* (94th ed.) CRC Press. Retrieved from <http://www.hbcpnetbase.com/>

- He, G. -, Ye, X. -, Mou, X., Chen, Z., & Li, X. -. (2009). Synthesis and antinociceptive activity of capsinoid derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44(8), 3345-3349. doi:10.1016/j.ejmech.2009.02.017
- Heikura, P. T. (2013). Alkemiasta tieteesksi: Kemian juuret johtavat arabikulttuurin kulta-aikaan. *Kemia-Kemi*, 40(1), 54-57.
- Helenius, M., Aksela, M., Hopia, A., & Fooladi, E. (2013). Rose water distillation. *LUMAT*, 1(2), 183-188.
- Hernandez Hernandez, J., & Lubinsky, P. (2010a). Cultivation systems. In E. Odoux, & M. Grisoni (Eds.), *Vanilla* (pp. 75-95). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Hernandez Hernandez, J., & Lubinsky, P. (2010b). Vanilla production in Mexico. In E. Odoux, & M. Grisoni (Eds.), *Vanilla* (pp. 335-345). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Hiltunen, R., Huttunen, J., & Mutanen, M. (1994). In Tolvanen M. (Ed.), *Luonnonlääkeopas itsehoidosta kiinnostuneille*. Porvoo, Helsinki, Juva: WSOY.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hopp, R., & Lawrence, B. M., (2006). Natural and synthetic menthol. In B. M. Lawrence (Ed.), *Mint: The genus mentha* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Hübschmann, H. (2001). Gas chromatography. *Handbook of GC/MS: Fundamentals and applications* (pp. 67-119). Weinheim: Wiley.
- Hunter, W. J., Manter, D. K., & van der Lelie, D. (2012). Biotransformation of ferulic acid to 4-vinylguaiacol by *Enterobacter soli* and *E. aerogenes*. *Current Microbiology*, 65, 752-757.
- Ikonen, M., Tuomisto, M., Termonen, M., & Perkkäläinen, P. (2012). In Aronniemi K., Mäkitalo S. (Eds.), *Ilmiö: Kemian oppikirja 7-9* (1.-4. ed.). Helsinki: Sanoma Pro Oy.

- Impact of ozone-initiated terpene chemistry on indoor air quality and human health.* (2007). (No. 26). Ispra, Italy: European Commission.
- Jha, A., & Rode, C. V. (2013). Highly selective liquid-phase aerobic oxidation of vanillyl alcohol to vanillin on cobalt oxide (Co₃O₄) nanoparticles. *New Journal of Chemistry*, 37, 2669-2674.
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S., & Bauer, F. (2006). The antioxidative properties of holy basil and galangal in cooked ground pork. *Meat Science*, 72, 446-456.
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: One step towards methodology. *NorDiNa : Nordic Studies in Science Education*, 2(2), 54-68.
- Juuti, K., Toom, A., & Kallioniemi, A. (2012). Näkökulmia kehittyvään ainedidaktiseen tutkimukseen. In A. Kallioniemi, & A. Virta (Eds.), *Ainedidaktiikka tutkimuskohteena ja tiedonalana* (pp. 53-73)
- Kinae, N., Masuda, H., Shin, I. S., Furugori, M., & Shimoi, K. (2000). Functional properties of wasabi and horseradish. *BioFactors*, 13, 265-269.
- Kiran, C. R., Chakka, A. K., Padmakumari Amma, K. P., Menon, A. N., Sree Kumar, M. M., & Venugopalan, V. V. (2013). Essential oil composition of fresh ginger cultivars from north-east india. *Journal of Essential Oil Research*, 25(5), 380-387.
- Klosse, P. (2012). Food appreciation and liking. *The essence of gastronomy: Understanding the flavor of foods and beverages* (pp. 271-306). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Kobata, K., Mimura, M., Sugawara, M., & Watanabe, T. (2011). Synthesis of stable isotope-labeled precursors for the biosyntheses of capsaicinoids, capsinoids, and capsiconinoids. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 75(8), 1611-1614.
- Kobata, K., Sutoh, K., Todo, T., Yazawa, S., Iwai, K., & Watanabe, T. (1999). Nordihydrocapsiate, a new capsinoid from the fruits of a nonpungent pepper, capsicum annum. *Journal of Natural Products*, 62(2), 335-336. doi:10.1021/np9803373

- Kolev, T. M., Velcheva, E. A., Stamboliyska, B. A., & Spiteller, M. (2005). DFT and experimental studies of the structure and vibrational spectra of curcumin. *International Journal of Quantum Chemistry*, 102, 1069-1079.
- Krapp, A. (2002a). An educational-psychological theory of interest and its relation to SDT. In E. L. Deci, & R. M. Ryan (Eds.), *The handbook of self-determination research* (pp. 405-427). Rochester, NY, USA: University Rochester Press.
- Krapp, A. (2002b). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383-409. Retrieved from [http://dx.doi.org.libproxy.helsinki.fi/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](http://dx.doi.org.libproxy.helsinki.fi/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- Krishnamoorthy, B., & Rema, J. (2003). End uses of cinnamon and cassia. In K. Nirmal Babu, P. N. Ravindran & M. Shylaja (Eds.), *Cinnamon and cassia: The genus cinnamomum* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Kulkarni, S. S., Bodake, U. M., & Pathade, G. R. (2011). Extraction of natural dye from chili (capsicum annum) for textile coloration. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1, 58-63.
- Lahtinen, M., Heinonen, P., Oivanen, M., Karhunen, P., Kruus, K., & Sipilä, J. (2013). On the factors affecting product distribution in laccase-catalyzed oxidation of a lignin model compound vanillyl alcohol: Experimental and computational evaluation. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 11, 5454-5464.
- Lee, I., Volm, T. G., & Rosazza, J. P. N. (1998). Decarboxylation of ferulic acid to 4-vinylguaiacol by bacillus pumilus in aqueous-organic solvent two-phase systems. *Enzyme and Microbial Technology*, 23, 261-266.
- Levenstein, S. (2011). Wasabi fire alarm alerts the deaf with the power of scent. Retrieved huhtikuu 22, 2014, from http://inventorspot.com/articles/wasabi_silent_fire_alarm_alerts_11514
- Liu, S., Shi, Z., Li, L., Yu, S., Xie, C., & Song, Z. (2013). Process of lignin oxidation in an ionic liquid coupled with separation. *RSC Advances*, 3, 5789-5793.

- Loeschnig, L. V. (1994). Kitchen alchemy. In C. Bazinet (Ed.), *Simple chemistry experiments with everyday materials* (pp. 102-116). New York, NY: Sterling Publishing Co., Inc.
- Löfström, E., Kanerva, K., Tuuttila, L., Lehtinen, A., & Nevgi, A. (2010). *Laadukkaasti verkossa: Verkko-opetuksen käsikirja yliopisto-opettajalle*. (Raportit ja selvitykset No. 71). Helsinki: Helsingin yliopisto, Tutkimuksen ja opetuksen toimiala.
- Lukion opetussuunnitelman perusteet* (2003). [Finnish National Framework Curriculum for Senior Secondary Level]. Helsinki: Opetushallitus. Retrieved from http://www.opetushallitus.fi/download/47345_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2003.pdf
- Luo, X., Peng, J., & Li, Y. -. (2011). Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *European Journal of Pharmacology*, 650(1), 1-7. doi:10.1016/j.ejphar.2010.09.074
- Masuda, H., Inoue, T., & Kobayashi, Y. (2003). Anticaries effect of wasabi components [Abstract]. *ACS Symposium Series*, 859 142-153. doi:10.1021/bk-2003-0859.ch009 Isothiocyanates, the main volatile components in wasabi, are well-known to have a characteristic pungent odor. In addn., they have many biol. functions, such as an antimicrobial effect. However, the effect of isothiocyanates on the mutans streptococci, which are the cause bacteria for dental caries, has not been studied in detail. In this study, the anticaries effect of isothiocyanates was confirmed by in vitro and in vivo testing. The anticaries mechanism of isothiocyanates was also reported.
- May, D. (2013). In Charles J. (Ed.), *Red hot chili: Kokkaa chilisti* [The Red Hot Chilli Cookbook: Fabulously Fiery Recipes for Chilli Fans] (L. Taavitsainen-Petäjä Trans.). Helsinki: Otava.
- McGee, H. (2004a). Edible plants: An introduction to fruits and vegetables, herbs and spices. In H. McGee (Ed.), *On food and cooking* (pp. 243-299). New York: Scribner.
- McGee, H. (2004b). Flavorings from plants: Herbs and spices, tea and coffee. In H. McGee (Ed.), *On food and cooking* (pp. 385-450). New York: Scribner.

- McGee, H. (2004c). A survey of common fruits. In H. McGee (Ed.), *On food and cooking* (pp. 350-384). New York: Scribner.
- McGregor, W. C., Weaver, J. F., & Tansey, S. P. (1988). Antifoam effects on ultrafiltration. *Biotechnology and Bioengineering*, 31, 385-389.
- McMurry, J. (2008a). Addition of halogens to alkenes. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 215-218) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008b). Alkylation of enolate ions. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 855-864) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008c). Carbonyl condensations: The aldol reaction. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 877-880) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008d). Keto-enol tautomerism. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 842-845) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008e). Nucleophilic addition of amines: Imine and enamine formation. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 710-714) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008f). Oxidation of alcohols. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 623-626) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008g). Radical reactions. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 140-142) Thomson Learning Inc.
- McMurry, J. (2008h). Some biological carbonyl condensation reactions. *Organic chemistry* (7.th ed., pp. 901-902) Thomson Learning Inc.
- Metsämuuronen, J. (2011a). *Laadullisen tutkimuksen käsikirja*. Helsinki: International Methelp.
- Metsämuuronen, J. (2011b). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. Helsinki: International Methelp.

- Mihov, R., Nikovska, K., Nenov, N., & Slachev, A. (2012). Evaluation of mayonnaise-like food emulsions with extracts of herbs and spices. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(3), 191-199.
- Mircioaga, N., & Calinescu, I. (2011). Extraction and identification of active principles from mentha piperita L. *Revista De Chimie*, 62(11), 1073-1076.
- Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 11(3), 266-277. doi:10.1016/j.pbi.2008.03.006
- Nagpal, M., & Sood, S. (2013). Role of curcumin in systemic and oral health: An overview. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 4(1), 3-7.
- Nevgi, A., Löfström, E., & Evälä, A. (2005). In Nevgi A., Löfström E. and Evälä A. (Eds.), *Laadukkaasti verkossa: Yliopistollisen verkko-opetuksen ulottuvuudet*. Helsinki: Kasvatustieteen laitos, Käyttätymistieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto, Yliopistopaino.
- Nwokem, C. O., Agbaji, E. B., Kagbu, J. A., & Ekanem, E. J. (2010). Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in nigeria. *New York Science Journal*, 3(9), 17-21.
- Ono, K., Tsukamoto-Yasui, M., Hara-Kimura, Y., Inoue, N., Nogusa, Y., Okabe, Y., . . . Kato, F. (2011). Intragastric administration of capsiate, a transient receptor potential channel agonist, triggers thermogenic sympathetic responses. *Journal of Applied Physiology*, 110, 789-798.
- Orgaanisen kemian perustyöt I* (2013). . Helsinki: Orgaanisen kemian laboratorio, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Retrieved from http://reagenssi.kemia.helsinki.fi/nettilabra/tiedostot/osoitusreaktiot_ja_analyysi.pdf
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. doi:10.1080/0950069032000032199
- Pandey, A., Gupta, R. K., Srivastava, S. K., & Agrawal, B. (2013). New method of isolation of piperine from Vahl. piper retrofractum [Abstract]. *Journal of the Indian*

Piperine is a major bioactive constituent of the plants of piperaceae family having plethora of the rapeutic application. It enhances the bioavailability of many nutraceuticals and drugs. It is generally isolated from Piper Nigrum (black pepper) with the help of ethanol-KOH, glacial acetic acid-chloroform, dichloromethane etc. The present work describes a new method of extraction of piperine from fruits of Piper Retrofractum Vahl. by methanol-water in an easy, efficient and cost effective manner.

Park, S., & Soo-Un, K. (1998). Modified monoterpenes from biotransformation of (-)-isopiperitenone by suspension cell culture of mentha piperita. *Journal of Natural Products*, 61(3), 354-357.

Patil, R. (2003). Science education in india. *Current Science*, 85(3), 238. Retrieved from http://www.currentscience.ac.in/Downloads/article_id_085_03_0238_0238_0.pdf

Pernaa, J. (2008). *Hyönteisten kemiaa lukion kemian opetuksessa* Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Retrieved from <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/pernaa-j-2008.pdf>

Pernaa, J., & Aksela, M. (2013). Sähköisten kemian oppimisympäristöjen historia, nykytila ja tulevaisuus. *LUMAT*, 1(4), 435-456.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2004). [Finnish National Framework Curriculum for Comprehensive School]. Helsinki: Opetushallitus. Retrieved from http://www.opetushallitus.fi/download/139848_pops_web.pdf

Premavalli, K. S. (2007). Turmeric as spice and flavorant. In K. Nirmal Babu, P. N. Ravindran & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric: The genus curcuma* (pp. 437-450). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

Priyadarsini, K. I., Maity, D. K., Naik, G. H., Kumar, M. S., Unnikrishnan, M. K., Satav, J. G., & Mohan, H. (2003). Role of phenolic O-H and methylene Hydrogen on the free radical Reactions and antioxidant Activity of curcumin. *Free Radical Biology & Medicine*, 35(5), 475-484.

- Raghavan, S. (2000a). Spices in history. *Handbook of spices, seasonings and flavorings* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Raghavan, S. (2000b). A to Z spices. *Handbook of spices, seasonings and flavorings* (). Boca Raton, FL; USA: CRC Press.
- Raghavan, S. (2000c). Trends in the world of spices today. *Handbook of spices, seasonings and flavorings* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ratanasiriwat, P., Worawattanamateekul, W., & Klaypradit, W. (2013). Properties of encapsulated wasabi flavour and its application in canned food. *International Journal of Food Science & Technology*, 48, 749-757.
- Ravindran, P. N. (2007). Turmeric - the golden spice of life. In K. Nirmal Babu, P. N. Ravindran & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric: The genus curcuma* (pp. 1-13). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Remadevi, R., Surendran, E., & Kimura, T. (2007). Turmeric in traditional medicine. In K. Nirmal Babu, P. N. Ravindran & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric: The genus curcuma* (pp. 409-436). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ritzoulis, C. (2013). Emulsions and foams. *Introduction to the physical chemistry of foods* (pp. 127-156). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ropers, M. H., Novales, B., Boue, F., & Axelos, M. A. V. (2008). Polysaccharide/Surfactant complexes at the air-water interface - effect of the charge density on interfacial and foaming behaviors. *Langmuir*, 24, 12849-12857.
- Saarikko, H. (2011). *Fysiikan historia ja filosofia I & II*. Helsinki: Fysiikan laitos, Helsingin yliopisto.
- Sanchez, G., & Valcarcel, M. V. (1999). Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 493-513.
- Schäfer, B. (2013). Minze versus takasago-prozess. *Chemie in Unserer Zeit*, 47, 174-182.

- Science career for indian women: An examination of indian women's access to and retention in scientific careers.* (2004). (). New Delhi: Indian National Science Academy.
- Scott, I. M., Jensen, H., Scott, J. G., Isman, M. B., Arnason, J. T., & Philogene, B. J. R. (2003). Botanical insecticides for controlling agricultural pests: Piperamides and the colorado Potato Beetle *leptinotarsa decemlineata* say (coleoptera chrysomelidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 54, 212-225.
- Scoville, W. L. (1912). Note on capsicums. *The Journal of the American Pharmaceutical Association*, 1, 453-454. Retrieved from <http://www.sizes.com/library/methhist/scoville.pdf>
- Sekiguchi, H., Takabayashi, F., Deguchi, Y., Masuda, H., Toyoizumi, T., Masuda, S., & Kinae, N. (2010). Leaf extract of wasabia japonica relieved oxidative stress induced by helicobacter pylori infection and stress loading in mongolian gerbils. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74(6), 1194-1199.
- Sella, A. (2007). Classic kit: Soxhlet extractor. *Chemistry World*, 4(9) Retrieved from <http://www.rsc.org.libproxy.helsinki.fi/chemistryworld/Issues/2007/September/ClassicKitSoxhletExtractor.asp>
- Seo, H., Buschhüter, D., & Hummel, T. (2009). Odor attributes change in relation to the time of the year. cinnamon odor is more familiar and pleasant during christmas season than summertime. *Appetite*, 53(2), 222-225.
- Shepherd, G. M. (2006). Smell images and the flavour system in the human brain. *Nature*, 444, 316-321.
- Shin, I. S., Masuda, H., & Naohide, K. (2004). Bactericidal activity of wasabi (wasabia japonica) against helicobacter pylori. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 255-261.
- Shingate, P. N., Dongre, P. P., & Kannus, D. M. (2013). New method Development for Extraction and Isolation of Piperine from black pepper. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(8), 3165-3170.

- Shukla, R. (2005). *India science report: Science education, human resources and public attitude towards science and technology*. (). New Delhi: National Council of Applied Economic Research. Retrieved from http://www.insaindia.org/pdf/India_Science_report-Main.pdf
- Siripongvutikorn, S., Thongraung, C., Usawakesmanee, W., Buatoom, T., & Thammarutwasik, P. (2009). Development of instant garcinia (*garcinia atroviridis*) tom-yum Mix as a high acid seasoning. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 74-86.
- Small, E. (2011a). Galangal. family: Zingiberaceae (ginger family). *Top 100 exotic food plants* (pp. 229-234). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Small, E. (2011b). Turmeric: Family: Zingiberaceae (ginger family). *Top 100 exotic food plants* (pp. 577-580). Boca raton, FL, USA: CRC Press.
- Smeets, Astrid J. P. G., & Westerterp-Plantenga, M. (2010; 2009). Capsaicin. In S. S. Cho (Ed.), *Weight control and slimming ingredients in food technology* (pp. 201-211). Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. doi:10.1002/9780813819679.ch12
- Stange, H., Matschiner, H., Mendow, E., Schunke, D., & Nauwald, G. (1991). *Verfahren zur Herstellung von aromatischen Aldehyden*. Saksa:
- Stange, H., Mendow, E., Raeder, U., Matschiner, H., Nauwald, G., Kieser, H., . . . Kreutzinger, J. (1993). *Verfahren zur Herstellung aromatischer Hydroxyaldehyde*. Saksa:
- Streitwieser, A., Heathcock, C. H., & Kosower, E. M. (1992a). Friedel-crafts reactions. In P. F. Corey (Ed.), *Introduction to organic chemistry* (4th ed., pp. 696-702). New York, NY: MacMillan Publishing Company.
- Streitwieser, A., Heathcock, C. H., & Kosower, E. M. (1992b). Phosphate and phosphonate esters. In P. F. Corey (Ed.), *Introduction to organic chemistry* (4.th ed., pp. 829-834). New York, NY: MacMillan Publishing Company.

- Streitwieser, A., Heathcock, C. H., & Kosower, E. M. (1992c). Reactions of alcohols. In P. F. Corey (Ed.), *Introduction to organic chemistry* (4.th ed., pp. 217-230). New York, NY: MacMillan Publishing Company.
- Sultana, T., & Savage, G. P. (2008). Wasabi - japanese horseradish. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 43(4), 433-448.
- Takemasa, M., & Hirasaka, K. (1998a). Cooking with spices. *Spice science and technology* (pp. 53-84). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Takemasa, M., & Hirasaka, K. (1998b). Spice qualities and specifications. *Spice science and technology* (pp. 29-52). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Tanaka, Y., Hosokawa, M., Miwa, T., Watanabe, T., & Yazawa, S. (2010). Newly mutated putative-aminotransferase in nonpungent pepper (*capsicum annuum*) results in biosynthesis of capsinoids, capsaicinoid analogues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(3), 1761-1767. doi:10.1021/jf903282r
- Tanaka, Y., Hosokawa, M., Otsu, K., Watanabe, T., & Yazawa, S. (2009). Assessment of capsaicinoid composition, nonpungent capsaicinoid analogues, in *capsicum* cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(12), 5407-5412. doi:10.1021/jf900634s
- Tavares, W. S., Cruz, I., Petacci, F., Freitas, S. S., Serrao, J. E., & Zanuncio, J. C. (2011). Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of *spodoptera frugiperda* (lepidoptera: Noctuidae) and *diatraea saccharalis* (lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(21), 5301-5306.
- Tayyem, R. F., Heath, D. D., Al-Delaimy, W. K., & Rock, C. L. (2009). Curcumin content of turmeric and curry powders. *Nutrition and Cancer*, 55(2), 126-131.
- Thurston, C. F. (1994). The structure and function of Fungal Laccases. *Microbiology*, 140(1), 19-26.
- Topno, P. N., Vinothini, Jayaprakash, S. H., Varadaiah, V., Sheshagiri, S. H., Srinivas, P. M., & Naidu, M. M. (2013). Ginger-garlic paste in retort pouches and its quality. *Journal of Food Process Engineering*, 36, 1-8.

- Tro, N. J. (2008). Mean free path, diffusion and effusion of gases. In N. Folchetti (Ed.), *Chemistry: A molecular approach* (pp. 220-221). Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall.
- Tsoi, M. F., & Goh, N. K. (2008). Addressing cognitive processes in E-learning: TSOI hybrid learning model. *US-China Education Review*, 5(7), 29-35.
- van den Akker, T. W., Roesyanto-Mahadi, I. D., van Toorenenbergen, A. W., & van Joost, T. (1990). Contact allergy to spices. *Contact Dermatitis*, 22(5), 267-272. doi:10.1111/j.1600-0536.1990.tb01594.x
- Van Vaerenbergh, G. (2011). Analyzing aerosol defence pepper spray residues on clothing and analysis by GC—MS. *LC-GC Europe*, 24(11), 568-574. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=67255016&site=ehost-live&scope=site>
- Veitch, N. C. (2004). Horseradish peroxidase: A modern view of a classic enzyme. *Phytochemistry*, 65, 249-259.
- Vijayan, K. K., & Ajithan Thampuran, R. V. (2000). Pharmacology, Toxicology and clinical Applications of black pepper. In P. N. Ravindran (Ed.), *Black pepper: Piper nigrum* (pp. 455-466). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Vogel, A. (1969). Mausteaineet. *Luonto, paras lääkitsijä: Monipuolinen valikoima hyviä kansanomaisia neuvoja sveitsiläisen parannustaidon aarteistosta* (pp. 467-478). Sveitsi: Teufen AR.
- Wade Jr., L. G. (2006). Oxidation of alcohols. In J. Challice (Ed.), *Organic chemistry* (6th ed., pp. 462-464). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Waite, J. G., & Yousef, A. E. (2009). Overview of food safety. In E. Ortega-Rivas (Ed.), *Processing effects on safety and quality of foods* (pp. 11-65). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Walstra, P. (2002). Polymers. *Physical chemistry of foods* (). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

- Wang, H. (2011). *Formation mechanisms of secondary organic aerosols in relation to laser printer emissions*. (Väitöskirja, Queensland University of Technology).
- Waring, M. S., Wells, J. R., & Siegel, J. A. (2011). Secondary organic aerosol formation from ozone reactions with single terpenoids and terpenoid mixtures. *Atmospheric Environment*, 45, 4235-4242.
- Webb, A. R. (1997). Changes in stratospheric ozone concentrations and solar UV levels. *Radiation Protection Dosimetry*, 72(3-4), 207-216.
- Weschler, C. J., & Shields, H. C. (1999). Indoor Ozone/Terpene reactions as a source of indoor particles. *Atmospheric Environment*, 33, 2301-2312.
- Willett, J. (1987). In Kealey D. (Ed.), *Gas chromatography*. Chichester: Wiley.
- Yang, X., & Eilerman, R. G. (1999). Pungent principal of alpinia galangal (L.) swartz and its applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1657-1662.
- Yang, X., Rohr, M., & Jordan, J. (2009). Identification of dihydrogalangal acetate in galangal [alpinia galangal (L.) swartz] extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 3286-3290.
- Yazawa, S., Yoneda, H., Hosokawa, M., Fushiki, T., & Watanabe, T. (2004). Novel capsaicinoid like substances in the fruits of new non-pungent cultivar "CH-19 sweet" of pepper (capsicum annuum). *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 23, 17-20. Retrieved from http://www.chilepepperinstitute.org/files/tiny_mce/file_manager/eggplant_newsletters/capegg23.pdf
- Yu, E. Y., Pickering, I. J., George, G. N., & Prince, R. C. (2001). In situ observation of the generation of isothiocyanates from sinigrin in horseradish and wasabi. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 1527(3), 156-160.

Liitteet

Liite 1: Kyselylomake

Kyselylomake

Tämän kyselylomakkeen avulla kerätään tietoa Maustekemiaa verkko-oppimateriaalista.

Kysely liittyy Toni Rantaniitin pro gradu-tutkielmaan.

Kohderyhmänä on erityisesti peruskoulu ja palautetta tullaan käyttämään oppimateriaalin kehittämiseen.

Tarvittaessa materiaalia voidaan muokata myös lukion käyttöön.

Tutustu ensin oppimateriaaliin ja vastaa kyselyyn.

Kysely koostuu sekä avoimista että suljetuista kysymyksistä.

Oppimateriaali löytyy osoitteesta

<https://peda.net/p/rantanii/maustekemiaa>

Kiitän jo etukäteen avustanne.

I Taustatiedot

	Mies	Nainen				
Sukupuoli	O	O				
	Peruskoulu	Lukio	Pk-lukio	Olen opettaja- opiskelija	Muu,	Missä _____
Opetettava kouluaste	O	O	O	O	O	
	Alle vuoden	1-4 vuotta	5-9 vuotta	10-14 vuotta	yli 14 vuotta	En koskaan
Opetusvuodet	O	O	O	O	O	O
	Usein	Harvoin	En koskaan			
Käytän tietokonetta	O	O	O			

II Tietotekniikan hyödyntäminen

Seuraavat kysymykset koskevat tietotekniikan hyödyntämistä opetuskäytössä.
Olisi toivottavaa, että voisitte myös perustella valintojanne muutamalla sanalla.

Opettajaopiskelijat ja henkilöt, jotka eivät ole aikaisemmin opettaneet,
voivat arvioida tietotekniikan hyödyntämistä tulevassa opetustyössään.

	Usein	Harvoin	En koskaan	Missä? _____
Opetan tietokoneperusteisessa ympäristössä	O	O	O	

	Usein	Harvoin	En koskaan	Millaista materiaalia? _____
Käytän verkko-oppimateriaaleja opetuksessa	O	O	O	

	Miellekkääksi	Epämiellyttäväksi	En osaa sanoa	Perustelu _____
Mielestäni oppilaat kokevat tietokoneperustaisen opiskelun	O	O	O	

	Usein	Harvoin	En koskaan	Perustelu _____
Käytän videoita tai simulaatioita opetuksessani	O	O	O	

	Usein	Harvoin	En koskaan	Perustelu _____
Käytän molekyyli mallinnusta opetuksessani	O	O	O	

III Verkkomateriaalin arviointi

Ensimmäinen kohta käsittelee vierailuaikaa oppimateriaalin sivustolla.

Ilmoittakaa päivämäärän lisäksi kellonajat 15 minuutin tarkkuudella.

(esim. 15.00, 15.15, 15.30 ja 15.45).

Ilmoitetun päivämäärän ja kellonaikojen perusteella oppimateriaalin laatija voi seurata sivuston ylläpitoa ja päivityksiä.

Vierailuaika sivustolla (päivämäärä sekä selaamisen aloitus- ja lopetusaika)

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Parantaako mielestänne oppimateriaali kemian opiskelun mielekkyyttä?	O	O	O

Osioista ETUSIVU, PERUSKOULU ja MAUSTEET NYKYAIKANA ovat pakollisia.

Verkkomateriaalin ulkoasun ja sisällön arviointi asteikolla 1-5

(1 = välttävä, 2 = tyydyttävä, 3 = hyvä, 4 = kiitettävä ja 5 = erinomainen)

ETUSIVU	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____
PERUSKOULU	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____
MAUSTEET NYKYAIKANA	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____

Valitkaa tämän jälkeen MAUSTEIDEN KANSAINVÄLISYYS-osiosta **vähintään yksi** seuraavista:

AASIA, ETELÄ- JA KESKI-AMERIKA, EUROOPPA tai POHJOIS-AFRIKKA JA LÄHI-ITÄ.

AASIA	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____
ETELÄ- ja KESKI- AMERIKA	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____
EUROOPPA	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____
POHJOIS- AFRIKKA ja LÄHI-ITÄ	1	2	3	4	5	Perustelu
Ulkoasu	O	O	O	O	O	_____

Vapaa palaute

Kiitokset vastauksistanne!

Liite 2: Viesti opettajille ja opettajaopiskelijoille

Hyvät opettajat ja opettajaopiskelijat,

Teen Pro gradu tutkielmaani Helsingin yliopiston kemian laitoksella ja tarvitsisin apuanne. Aiheenani on mausteiden kemia ja tarkemmin sen käyttäminen verkko-oppimateriaalina peruskoulussa.

Toivoisin, että tutustuisitte verkko-oppimateriaaliin ja vastaisitte muutamaan kysymykseen siihen liittyen. Myös kemiaa toisena aineena opettavat voivat vastata kysymyksiin.

Oppimateriaali löytyy osoitteesta:

<https://peda.net/p/rantani/maustekemiaa>

Sähköinen arviointilomake löytyy osoitteesta:

<https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/47691/lomake.html>

Ystävällisin terveisin ja etukäteen avusta kiittäen

Toni Rantaniitty

Kemian aineenopettajaopiskelija

toni.rantaniitty@helsinki.fi

toni.rantaniitty@gmail.com

Liite 3: Piperiinin eristäminen mustapippurista

Kokeen suorituspäivämäärä: 7.1.-10.1.2014

Kokeen suorituspaikka: Kemianluokka Gadolin

Kokeen tarkoitus: Mustapippurimausteen piperiinin eristäminen esimerkkinä verkko-oppimateriaaliin. Lopullinen kohta materiaalissa Mausteet nykyaikana: Mausteiden kemiaa: Erotusmenetelmät.

1. Piperiinin uuttamissuunnitelman läpikäynti ja Soxhlet-uuttolaitteiston kasaaminen. Välineet: Jäähdytin, vesiletkuja, kouria, kaksoispuristimia, statiivi, Soxhlet-uuttolaite, uuttosukka, pyöreäpohjainen kolvi, magneettirae, vesihaudeastia, magneettisekoittaja, teippiä tiivisteenä.
2. Rouhitun mustapippurin punnitseminen analyysivaa'alla (lukemataarkkuus $\pm 0,01$ g). Massaksi punnitulle näytteelle saatiin 12,01 g. Mustapippurin hienontaminen huhmareessa survimella.
3. Etyyliasetatin annostelu mittalasilla kolviin ja mustapippurijauheen annostelu uuttosukkaan. Uuttosukan asettaminen Soxhlet-laitteeseen ja vesihauteen kuumentaminen.
4. Soxhlet-laitteeseen tiivistyy etyyliasetattia ja sitä valuu sivuputkea pitkin takaisin kolviin (laitteiston kallistaminen epätasaisen statiivin jalustan vuoksi). Alumiinifolion lisäys jäähdyttimen ja Soxhlet-laitteen välille lämmön säätelyn vuoksi.
5. Soxhlet-laitteeseen tiivistyy etyyliasetattia kolvin keltavihreäksi värjäytyneestä uutteesta ja kohdan 4 prosessi toistetaan.
6. Soxhlet-laitteeseen tiivistyy etyyliasetattia kolvin mustavihreäksi värjäytyneestä uutteesta ja kohdan 4 prosessi toistetaan.
7. Uuttamisen keskeyttäminen yön ajaksi ja jatkaminen seuraavana päivänä.
8. Uuttamisen jälkeen mustapippuriuutteen jäähtyminen huoneenlämpöiseksi ja sen sisältämien epäpuhtauksien suodattaminen imusuodatuksella. Välineet: Imupullo, imuletku, kumitiiviste, büchner-suppilo, statiivi, koura, kaksoispuristin, suodatinpaperi.

9. Uutteen etyyliasetaatin tislaminen pois tislauslaitteistolla seuraavana päivänä. Välineet: statiiveja, kouria, kaksoispuuristimia, jäähdytin, kolveja, vesihaudeastia, magneettisekoittaja, vesiletku, korkkeja, tislausvälilappale kolvia varten.

10. Etyyliasetaatin tislaminen uutetta sisältävästä kolvista jätekolviin. Kolvin uutteen kaataminen erlenmeyeriin ja haihduttaminen kuiviin lämpökaapissa.

11. Mustapippuriuutteen haihdutusjäännöksen jäähdyttäminen huoneenlämpöiseksi ja KOH-vedellinen etanoliseoksen (pitoisuus 1,20 g KOH/12ml 50% EtOH) lisääminen 12 ml:aa pipetillä erlenmeyeriin. Refluksointilaitteiston kasaaminen seoksen lämmitystä varten. Välineet: Statiivi, kourat, kaksoispuuristimet, magneettisekoittaja, vesihaudeastia, vesiletkut, jäähdytin.

12. Seoksen suodattaminen kuumana suodatinpaperin ja suppilon avulla puhtaaseen kolviin. Kiinteän ruskean epäpuhtauden jääminen suodatinpaperiin. Suodoksen seisominen yön yli kolvissa.

13. Mustapippurisuodoksen laittaminen jäähauteeseen uudelleenkiteytymisen parantamiseksi. Imusuodatuslaitteen kasaaminen kohdan 8 välineillä. Keltaisen piperiinin jääminen kiinteänä suodatinpaperiin.

Lähteet

Pandey, A., Gupta, R. K., Srivastava, S. K., & Agrawal, B. (2013). New method of isolation of piperine from Vahl. piper retrofractum [Abstract]. *Journal of the Indian Chemical Society*, 90(5), 677-678. Piperine is a major bioactive constituent of the plants of piperaceae family having plethora of the rapeutic application. It enhances the bioavailability of many nutraceuticals and drugs. It is generally isolated from Piper Nigrum (black pepper) with the help of ethanol-KOH, glacial acetic acid-chloroform, dichloromethane etc. The present work describes a new method of extraction of piperine from fruits of Piper Retrofractum Vahl. by methanol-water in an easy, efficient and cost effective manner.

Shingate, P. N., Dongre, P. P., & Kannus, D. M. (2013). New method Development for Extraction and Isolation of Piperine from black pepper. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(8), 3165-3170.

Extraktion von Piperin aus schwarzem Pfeffer. (2006). Retrieved huhtikuu 24, 2014, from <http://www.versuchschemie.de/topic,5824,-Extraktion+von+Piperin+aus+schwarzem+Pfeffer.html>

Extraktionen von Piperin. (2010). Retrieved huhtikuu 24, 2014, from <http://www.versuchschemie.de/topic,14046,-Extraktionen+von++Piperin.html>

Liite 4: Inkivääriyhdisteiden uuttaminen

Kokeen suorituspäivämäärä: 9.1.-10.1.2014

Kokeen suoritustaikka: Kemianluokka Gadolin

Kokeen tarkoitus: Inkiväärin gingerolin ja sen johdosten eristäminen esimerkkinä verkko-oppimateriaaliin. Lopullinen kohta materiaalissa Mausteiden kansainvälisyys: Aasia: Kiina.

1. Inkivääriyhdisteiden uuttamissuunnitelman läpikäynti ja Soxhlet-uuttolaitteiston kasaaminen. Välineet: Jäähdytin, vesiletku, kouria, kaksoispuristimia, statiivi, Soxhlet-uuttolaite, lasivillaa, pyöreäpohjainen kolvi, magneettirae, vesihaudeastia, magneettisekoittaja, teippiä tiivisteinä.
2. Inkiväärijauheen punnitseminen analyysivaa'alla (lukemataarkkuus $\pm 0,01$ g). Massaksi punnitulle näytteelle saatiin 20,20 g. Inkiväärijauheen hienontaminen huumareessa survimella.
3. Etyyliasetatin annostelu mittalasilla kolviin ja inkiväärijauheen annostelu lasivillakerrosten väliin Soxhlet-uuttolaitteessa. Vesihautteen kuumentaminen.
4. Soxhlet-laitteeseen tiivistyy etyyliasetattia ja sitä valuu sivuputkea pitkin takaisin kolviin (laitteiston kallistaminen epätasaisen statiivin jalustan vuoksi). Alumiinifolion lisäys jäähdyttimen ja Soxhlet-laitteen välille lämmön säätelyn vuoksi.
5. Soxhlet-laitteeseen tiivistyy etyyliasetattia kolvin punaruskeaksi värjäytyneestä uutteesta ja kohdan 4 prosessi toistetaan.
6. Soxhlet-laitteeseen tiivistyy etyyliasetattia kolvin punaruskeaksi värjäytyneestä uutteesta ja kohdan 4 prosessi toistetaan.
7. Uuttamisen keskeyttäminen yön ajaksi ja jatkaminen seuraavana päivänä.
8. Uuttamisen jälkeen inkivääriutteen jäähtyminen huoneenlämpöiseksi ja sen sisältämien epäpuhtauksien (vesikerroksen) poistaminen erotussuppilon avulla. Välineet: Erotussuppilo, korkki, rengaskoura, statiivi, keitinlasi, erlenmeyer.

9. Uutteen etyyliasettiin tislaminen pois tisluslaitteistolla seuraavana päivänä. Välineet: statiiveja, kouria, kaksoispuristimia, jäähdytin, kolveja, vesihaudeastia, magneettisekoittaja, vesiletkuja, korkkeja, tislusväliskappale kolvia varten. Alempana olevan vesikerroksen tiputtaminen keitinlasiin ja ylempänä oleva inkivääriuutekerros erlenmeyeriin.

10. Inkivääriuutetta pipetoitiin 10 ml:aa petrimaljalle ja haihdutettiin kuiviin lämpökaapissa. Petrimaljan näyte liuotettiin huoneenlämpöisenä 10 ml:aan asetonia. Alkuperäisestä inkivääriuutteesta pipetoitiin 10 ml:aa toiselle petrimaljalle.

11. Ohutkerroskromatografialaitteiston kasaaminen. Välineet: Iso keitinlasi, tuorekelmua, TLC silikageeli 60 -levy, mittalaseja. Kemikaalit: N-heksaani, dietyylieetteri. Ajoliuosta varten mittalaseihin annosteltiin 30 ml N-heksaania ja 70 ml dietyylieetteriä. Ajoliuoksen kemikaalit kaadettiin isoon keitinlasiin ja sen suuaukko peitettiin tuorekelmulla. TLC-levy leikattiin mittojen 5 cm x 20 cm mukaiseksi.

12. Petrimaljoissa olleiden inkiväärinäytteiden pipetointi levyille pasteur-pipeteillä ja levyn laittaminen isoon keitinlasiin sisälle. Keitinlasiin suuaukon peittäminen tuorekelmulla.

13. Inkiväärinäytteiden kohoamisen seuraaminen levyllä silmin ja UV-valon avulla. Inkiväärinäyte kulkeutui korkeammalle asetoniuutteena ($3 \text{ cm} \pm 0,7 \text{ cm}$). R_f eli kulkeutumiskerroin inkiväärinäytteelle oli $0,23 \pm 0,05$. Lähteiden perusteella arvo on mittaustuloksen ja värin perusteella lähellä inkiväärin tulisuuden aiheuttavan gingerolin arvoa ($0,26 \pm 0,05$).

$$R_f = \frac{\text{uutteen matka}}{\text{ajoliuoksen matka}}$$

$$= \frac{3 \text{ cm}}{13 \text{ cm}}$$

$$= 0,2308 \approx 0,23$$

$$\Delta R_f = \frac{\Delta(\text{uutteen matka})}{\text{ajoliuoksen matka}}$$

$$= \frac{0,7 \text{ cm}}{13 \text{ cm}}$$

$$= 0,0538 \approx 0,05$$

Mittaukseen vaikuttavia virheitä: Epäpuhtaudet, liuottimen poolisuus ja näytepisaran keskipisteen mittauskohdan valitseminen TLC-levyllä.

Lähteet

Chen, C., Kuo, M., Wu, C., & Ho, C. (1986). Pungent compounds of ginger (*Zingiber officinale* roscoe) extracted by liquid carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 477-480.

Connell, D. W., & McLachlan, R. (1972). Natural pungent compounds IV: Examination of the gingerols, shogaols, paradols and related compounds by thin-layer and gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 67(1), 29-35.

Liite 5: Limoneenin tislau

Kokeen suorituspäivämäärä: 7.1.-9.1.2014

Kokeen suorituspaikka: Kemianluokka Gadolin, Kemian aineenopettajankoulutusyksikkö.

Kokeen tarkoitus: Limoneenin tislau kokeellisena työnä verkko-oppimateriaaliin. Lopullinen kohta materiaalissa Mausteiden kansainvälisyys: Pohjois-Afrikka ja Lähi-itä.

1. Näyte 1: Appelsiinin kuoriminen veitsellä ja valkoisen osan, albedon, jääminen kerättävään kuoreen.
2. Tislauslaitteiston kasaaminen. Välineet: Statiiveja, jäähdytin, lämpömittari, 2-kaulainen kolvi, vesihaudeastia, magneettisekoittaja, kouria, kaksoispuristimia, keräysastia, vesiletkuja, korkkeja, tislau- ja keräysosa.
3. Appelsiininkuoren paloittelu ja lisääminen 2-kaulaiseen kolviin. Veden lisääminen 110 ml:n verran kolviin ja seoksen lämmitys vesihauteessa.
4. Kuumennuksen aikana (75 min) appelsiininkuori-vesiseoksesta ei tislautunut mitään pois eikä veden lämpötila noussut yli 70 °C.
5. Näyte 2: Appelsiinin kuoriminen veitsellä ja valkoisen osan, albedon, poistaminen kerättävästä kuoresta. Appelsiininkuoren hienontaminen Kemian aineenopettajankoulutusyksikön tehosekoittimella, johon lisättiin vettä mitta-astialla 250 ml:aa.
6. Limoneenin tisluslaitteiston kasaaminen kohdan 2 mukaisesti. Muutoksina kohtaan 2 ovat yksikaulaisen kolvin käyttäminen 2-kaulaisen sijasta, säädettävän jalustan käyttäminen magneettisekoittajan alapuolella ja magneettirakeen käyttäminen seoksen sekoittamisessa.
7. Kuumennuksen aikana appelsiininkuori-vesiseoksesta ei tislautunut mitään pois eikä veden lämpötila noussut yli 80 °C. Seoksen pinnalle muodostuu tiheä vaahtomainen kerros, joka estää tislautumisen.

8. Näyte 3: Valmiiksi mausteena myytävän kuivatun appelsiininkuorijauheen punnitseminen analyysivaa'alla (lukemataarkkuus $\pm 0,01$ g). Massaksi saatiin 6,00 g.

9. Appelsiininkuorijauheen annostelu tyhjään kolviin ja tislattun veden lisääminen 110 ml:n verran mittalasilla.

10. Tislauslaitteiston kasaaminen kohdan 6 mukaisesti. Kuumennuksen aikana (40 min) ei tislaudu mitään ulos. Kuumennuksen lopettaminen ja seoksen jäähtyminen huoneenlämpöiseksi.

11. Tislauslaitteiston kallistaminen, koska kuumennuksen aikana tislausosaan muodostui nestettä, mutta kerättävä neste ei päässyt valumaan tiivistymisen aikana jäähdyttimeen. Kuumennuksen aloittaminen alusta.

12. Kuumennuksen aikana (35 min) limoneeni ja vesi tislautuivat keräysastiaan. Limoneeni muodosti veden pinnalle orgaanisen kerroksen. Astian sisällön tuoksu oli appelsiinimainen.

13. Bromikoe. Välineet: Koeputkia, koeputkiteline, pasteur-pipettejä. Kemikaalit: bromivesi, tislauksessa kerätty limoneeni-vesisekoitus, tislattu vesi.

14. Kahteen koeputkeen annostellaan erikseen pipeteillä 10 pisaraa limoneeni-vesisekoitusta ja tislattua vettä. Vettä sisältävään koeputkeen lisättiin kaksi pisaraa bromivettä, jolloin vesi värjäytyi keltaruskeaksi. Limoneeni-vesisekoitus ei värjäytynyt parista pisarasta, mutta muutti väriä vasta 4-5 pisaran jälkeen.

Kokeiden tuloksiin vaikuttavat virhelähteet: albedon määrä, appelsiininkuoren palojen koko, kuumennukseen käytetty liian vähän aikaa, vesi-appelsiininkuorisuhde liian pieni veden määrän osalta, muut häiritsevät orgaaniset yhdisteet.

Lähteet

Chemat-Djenni, Z., Ferhat, M. A., Tomao, V., & Chemat, F. (2010). Carotenoid extraction from tomato using a green solvent resulting from orange processing waste. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(2), 139-147.

Orgaanisen kemian perustyöt I (2013). . Helsinki: Orgaanisen kemian laboratorio, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Retrieved from http://reagenssi.kemia.helsinki.fi/nettilabra/tiedostot/osoitusreaktiot_ja_analyysi.pdf

Liite 6: Kurkuman värikokeet

Kokeen suorituspäivämäärä: 15.1.2014

Kokeen suoritustaikka: Kemianluokka Gadolin.

Kokeen tarkoitus: Kurkumakoe kokeellisena työnä verkko-oppimateriaaliin. Lopullinen kohta materiaalissa Mausteiden kansainvälisyys: Intia.

1. Välineet: kennolevy 4 x 6, teelusikka, teelusikoita, pasteur-pipettejä, pumpulia, mittalaseja. Kemikaalit: Kurkumajauhe, FeSO_4 (kiinteä), indigokarmiiniliuos, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (kiinteä), sitruunamehu, tislattu H_2O , NaOH ($c = 0,10 \text{ M}$), Liitteen 3 KOH-vedellinen etanoliseos.
2. Kennolevyn jokaisen kennon täyttäminen teelusikankärjellisellä kurkumajauhetta. Kemikaalien lisäysjärjestys vasemmasta reunasta oikeaan reunaan: FeSO_4 , indigokarmiiniliuos, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, tislattu H_2O , NaOH ja KOH-vedellinen etanoliseos.
3. Veden lisäys seuraavia kemikaaleja sisältäviin kennoihin: FeSO_4 , indigokarmiiniliuos ja $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
4. Sitruunamehun lisääminen pisaroittain kennoihin, joissa $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
5. Tulokset kemikaalien ja kurkuman seoksille: FeSO_4 (tummanruskea), indigokarmiiniliuos (tumman sinivihreä väkevänä ja laimeana tummanvihreä), $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (punainen veden lisäyksen jälkeen ja keltainen sitruunamehun lisäyksen aikana), tislattu H_2O (keltainen), NaOH (tummanpunainen) ja KOH-vedellinen etanoliseos (tummanpunainen).

Virhelähteet: Kurkuman määrä, väkevät liuokset, seosten kuivuminen.

Lähteet

Ravindran, P. N. (2007). Turmeric - the golden spice of life. In K. Nirmal Babu, P. N. Ravindran & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric: The genus curcuma* (pp. 1-13). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

Liite 7: Mentolin tislaus

Kokeen suorituspäivämäärä: 15.1.2014

Kokeen suorituspaikka: Kemianluokka Gadolin.

Kokeen tarkoitus: Mentolin tislaus kokeellisena työnä verkko-oppimateriaaliin. Lopullinen kohta materiaalissa Mausteiden kansainvälisyys: Eurooppa: Kokeellisia töitä.

1. Mintun tislauslaitteiston kasaaminen. Välineet: Pyöreäpohjaisia kolveja, tislausosa kolvien välille, lasikorkkeja, statiiveja, kouria, kaksoispuristimia, vesihaudeastia, magneettisekoittaja, vesiletkuja, jäähdytin.

2. Mintun lehtien leikkaaminen saksilla irti kasvista. Lehtien varovainen painaminen survimella huhmareessa. Lehtien siirtäminen kuumennettavaan kolviin ja huhmareen huuhtelu 100 ml:lla tislattua vettä. Huuhtelunesteen kaataminen kolviin.

3. Kuumennuksen aikana (50 min) mentoli ja vesi valuivat tiivistyessään tislausosasta puhtaaseen kolviin. Kolvin sisältö oli tuoksultaan mentolimainen. Mentoli muodosti oman kerroksen veden pinnalle.

Virhelähteet: Tislaukseen käytetty aika (50 min), jolloin kaikkea mentolia ei saatu kerättyä, mentolin liukoisuus veteen.

Lähteet:

Mircioaga, N., & Calinescu, I. (2011). Extraction and identification of active principles from mentha piperita L. *Revista De Chimie*, 62(11), 1073-1076.

Schäfer, B. (2013). Minze versus takasago-prozess. *Chemie in Unserer Zeit*, 47, 174-182.

Asekun, O. T., Grierson, D. S., & Afolayan, A. J. (2007). Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of mentha longifolia L. subsp. capensis. *Food Chemistry*, 101, 995-998.

Liite 8: Gochujangin kapsaisiinipitoisuuden määrittäminen

Kokeen suorituspäivämäärä: 10.-12.12.2013, 21.-22.1.2014 ja 27.-28.1.2014.

Kokeen suorituspaikka: Kemianluokka Gadolin, Analyttisen kemian laboratorio.

Kokeen tarkoitus: Kapsaisiinin määrittäminen esimerkkinä ja tehtävinä elintarviketurvallisuudesta verkko-oppimateriaaliin. Lopullinen kohta materiaalissa Mausteiden kansainvälisyys: Aasia: Korea: Gochujangin kemialla.

Prosessivaihe 1: Gochujangin valmistus (10.12.-12.12.2013)

Vaihe 1: 600 ml vettä isoon keitinlasiin ja kuumennus (15 min)

Vaihe 2: 47,0 g kaljamaltaan mallasta uutetaan veteen ohueen kankaan läpi 15 minuutin ajan.

Vaihe 3: 46,8g puuroriisiä kostutetaan 7,2 ml:lla vettä ja lisääminen keitokseen sekä kuumennus 10 minuutin ajan.

Vaihe 4: Jäähdyttäminen ja sekoittaminen 30 minuutin ajan.

Vaihe 5: Haihduttaminen kuumentamalla n. 300 ml:ksi (45 min).

Vaihe 6: 200 ml näytettä puhtaaseen keitinlasiin ja lisättiin 60,0 g chilijauhetta, 45,8 g homogenisoitua soijapapua, 25,3 g NaCl ja 60,0 g hunajaa.

Vaihe 7: Näytteen jakaminen kolmeen 60 ml:n ja yhteen 20 ml:n näytteeseen.

Vaihe 8: Etikan lisääminen näytteisiin (3·40 ml ja 10 ml).

Vaihe 9: Näytteiden pH:n mittaukset parin päivän kuluttua jääkaappisäilytyksestä (3,91; 3,33; 3,40 ja 3,23).

Vaihe 10: Näytteiden pH:n mittaukset kuukauden kuluttua (7.1.2014)
jääkaappisäilytyksestä (3,69; 3,34; 3,29; 3,28).

Vaihe 11: Chilin lisäys näytteisiin (1,96 g; 7,58 g; 7,54 g ja 7,56 g).

Prosessivaihe 2: Gochujang-näytteen valmistusmenetelmä

Näyte 1 (rinnakkaisnäyte)

1. Gochujang-näytteen homogenisointi huhmareessa.
2. Gochujangin kuivaus (21.1.2014) petrimaljassa
lämpökaapissa 90-100 °C n. 20 min.
3. Gochujang-näytteen homogenisointi huhmareessa.
4. Gochujang-näytteen punnitus vaa'alla
 $m_1 = 10,53 \text{ g}$
5. Näytteen uuttaminen 100 ml:lla metanolia
(seisottaminen yön yli).
6. Näytteen suodattaminen (22.1.2014) suppilolla
ja suodatuspaperilla keitinlasiin.
7. Näytteen haihduttaminen 5 ml:ksi vesihauteessa.
8. *N*-heksaanin ja 80 %:n metanolin vesiliuoksen
lisäys pipeteillä (40 ml + 80 ml).
9. Seoksen kaataminen erotussuppiloon ja uuttaminen
(heksaanikerros ylhäällä, metanoli alhaalla).

10. Metanolikerroksen siirtäminen puhtaaseen keitinlasiin ja kylläisen NaCl sekä dikloorimetaanin lisäys pipeteillä (40 ml + 40 ml).
11. Seoksen kaataminen puhtaaseen erotussuppiloon ja uuttaminen (metanoli- ja NaCl-kerros ylhäällä, dikloorimetaani alhaalla).
12. Dikloorimetaanikerroksen siirtäminen erlenmeyeriin ja haihduttaminen vesihautteessa.
13. Dikloorimetaanin lisäys pipetillä haihdutusjäännökseen (40 ml).
14. Seoksen kuivatus kiinteällä Na_2SO_4 ($m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 6,02 \text{ g}$) ja suodatus puhtaaseen erlenmeyeriin.
15. Suodoksen haihdutus kuiviin vesihautteessa.
16. Dikloorimetaanin lisääminen pipetillä haihdutusjäännökseen (2 ml).

Näyte 2 (WHO:n standardimäärittämenetelmän mukainen näyte)

1. Gochujang-näytteen homogenisointi huhmareessa.
2. Gochujangin kuivaus (22.1.2014) petrimaljassa lämpökaapissa 90-100 °C n. 20 min.
3. Gochujang-näytteen homogenisointi huhmareessa

4. Gochujang-näytteen punnitus vaa'alla
 $m_1 = 10,01 \text{ g}$
5. Näytteen uuttaminen 50 ml:lla metanolia
(uuttamisaika 3 h).
6. Näytteen suodattaminen suppilolla
ja suodatuspaperilla keitinlasiin.
7. Näytteen haihduttaminen 5 ml:ksi vesihauteessa.
8. *N*-heksaanin ja 80 %:n metanolin vesiliuoksen
lisäys pipeteillä (20 ml + 40 ml).
9. Seoksen kaataminen erotussuppiloon ja uuttaminen
(heksaanikerros ylhäällä, metanoli alhaalla).
10. Metanolikerroksen siirtäminen puhtaaseen keitinlasiin ja
kylläisen NaCl sekä dikloorimetaanin lisäys pipeteillä
(20 ml + 20 ml).
11. Seoksen kaataminen puhtaaseen erotussuppiloon ja uuttaminen
(metanoli- ja NaCl-kerros ylhäällä, dikloorimetaani alhaalla).
12. Dikloorimetaanikerroksen siirtäminen erlenmeyeriin ja
haihduttaminen vesihauteessa.
13. Dikloorimetaanin lisäys pipetillä
haihdutusjäännökseen (20 ml).
14. Seoksen kuivatus kiinteällä Na_2SO_4
($m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3,06 \text{ g}$) ja suodatus
puhtaaseen erlenmeyeriin.

15. Suodoksen haihdutus kuiviin vesihauteessa.

16. Dikloorimetaanin lisääminen pipetillä
haihdutusjäännökseen (2 ml).

Kylläinen NaCl-liuos

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100,01 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = 36,02 \text{ g}$$

80 % metanolin vesiliuos

$$V(\text{metanoli}) = 160 \text{ ml}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 40 \text{ ml}$$

Talteen kerätyt liuokset

$$V(\text{N-heksaani}) = 20 \text{ ml (standardi) ja } 40 \text{ ml (rinnakkaisnäyte).}$$

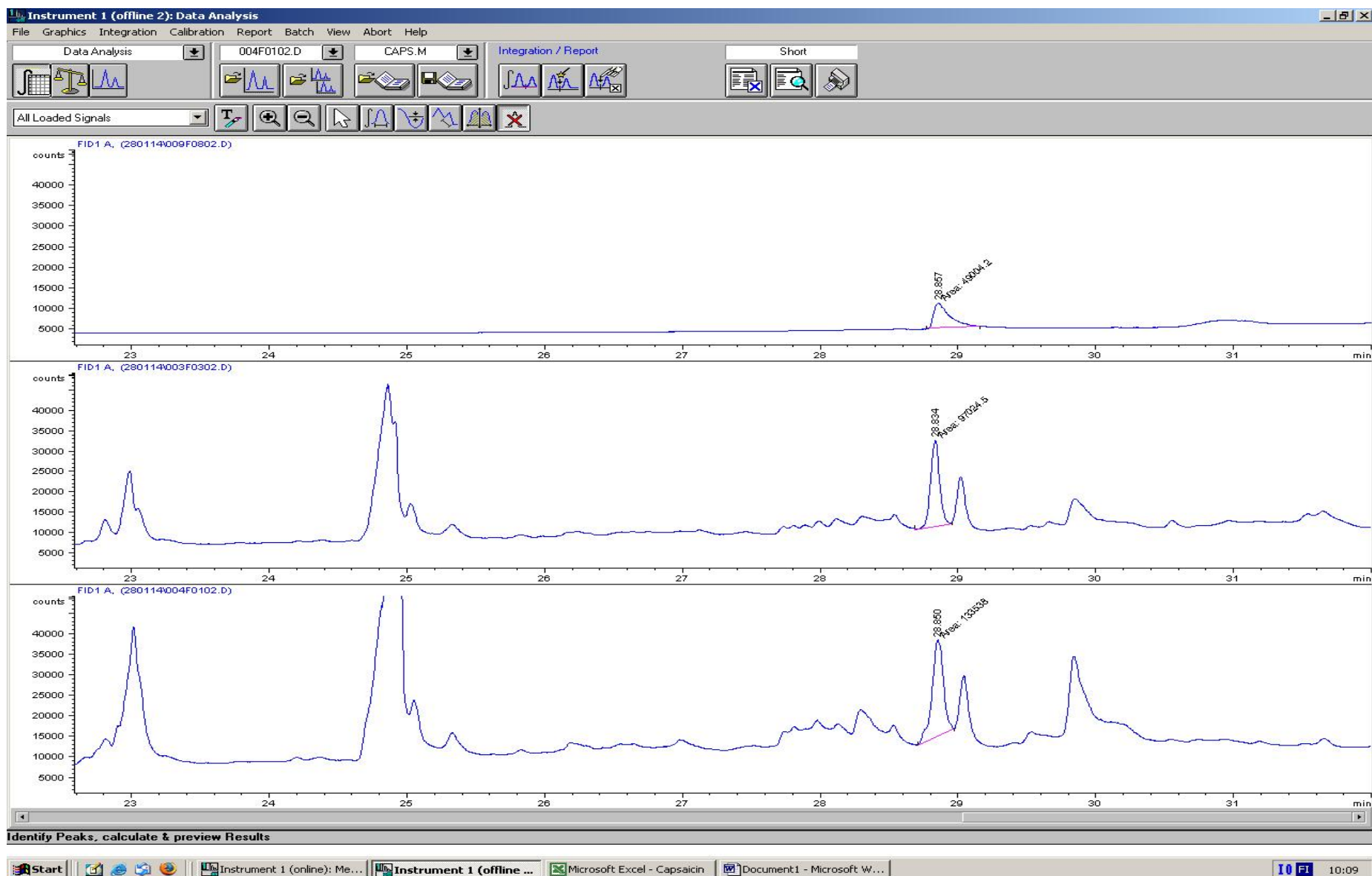
$$V(\text{metanoli} + \text{vesi} + \text{kylläinen NaCl}) = 45 \text{ ml (standardi) ja } 85 \text{ ml (rinnakkaisnäyte).}$$

Prosessivaihe 3: Kapsaisiinipitoisuuden määrittäminen gochujang-näytteestä

1. Kemikaalit: Kapsaisiini (CAS 404-86-4, $M = 305,41 \text{ g/mol}$, Sigma M2028-50MG, säilytys $2-8^\circ\text{C}$), dikloorimetaani (CAS 75-09-2, $M = 84,93 \text{ g/mol}$, Merck Millipore 100668 MS SupraSolv for Gas Chromatography), helium (kantajakaasu), vety-ilmaseos (liekki-ionisaatiodetektoria varten).

Välineet: Kaasukromatografialaitteisto (HP Series II 5890), esikolonne (2,5 m x 0,53 mm), kolonne (HP-5MS, 30 m x 0,25 mm, sisäkalvon paksuus 0,25 μm), liekki-ionisaatiohavaintin (Flame Ionization Detector, FID), säädettäviä mikropipettejä (50 ja 200 μl , Eppendorf), näyteastiat ja tietokone.

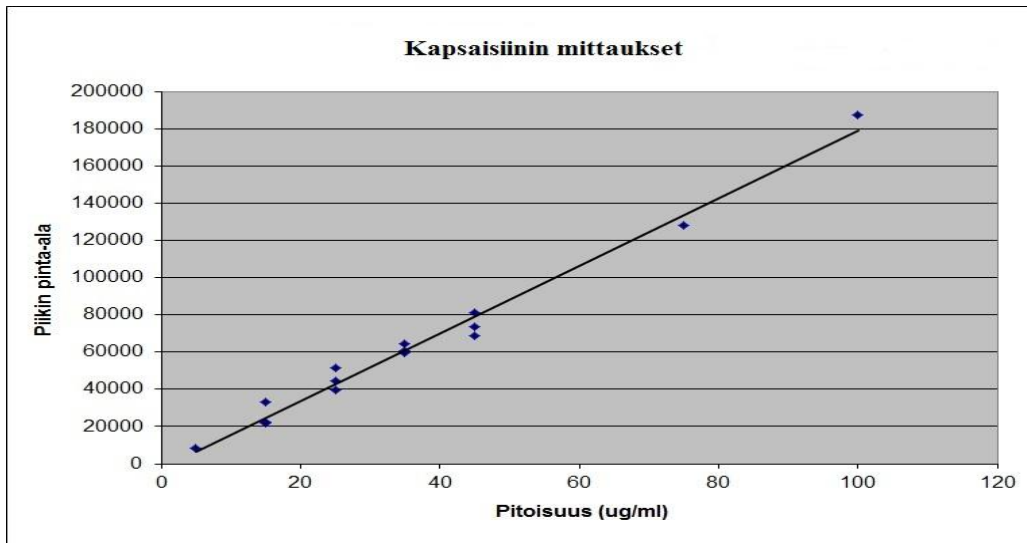
2. Laitteiston laittaminen toimintavalmiuteen jakamattomana injektiona (Splitless Injection), uunin lämmittäminen 30 °C:sta 300 °C:een ja esiajo dikloorimetaanilla sekä kapsaisiinin dikloorimetaaniliuoksella ($c = 10 \mu\text{g/ml}$, valmistettu VERIFIN:in 500 $\mu\text{g/ml}$ liuoksesta).
3. Uunin jäähtyminen ja uudelleen lämmittäminen. Uusi ajo dikloorimetaanilla sekä kapsaisiinin dikloorimetaaniliuoksella. Kapsaisiiniliuoksen kaasukromatogrammikuvaajan muodostuminen tietokoneelle. Kapsaisiinin piikin pinta-alan integrointi.
4. Uunin jäähtyminen ja uudelleen lämmittäminen. Ajon suorittaminen näyteastian pipetoidulle gochujang-näytteelle 2. Kaasukromatogrammikuvaajan muodostuminen tietokoneelle. Kapsaisiinin piikin pinta-alan integrointi.
5. Uunin jäähtyminen ja uudelleen lämmittäminen. Ajon suorittaminen näyteastian pipetoidulle gochujang-näytteelle 1. Kaasukromatogrammikuvaajan muodostuminen tietokoneelle. Kapsaisiinin piikin pinta-alan integrointi.



6. Kapsaisiinin standardiliuosten valmistus: 500 µg/ml kapsaisiinin dikloorimetaaniliuoksen ja dikloorimetaanin annostelu säädettävillä mikropipeteillä näyteastioihin. Liuosten konsentraatiot: 5, µg/ml, 15 µg/ml, 25 µg/ml, 35 µg/ml ja 45 µg/ml, 75 µg/ml ja 100 µg/ml. Standardiliuosten ja näyteliuosten ajaminen yön yli ja seuraavana päivänä.

	Pitoisuus (ug/ml)	Piikin pinta-ala
	5	8529,7
Otoskeskihajonta SD	-	-
	15	22583,6
	15	33211
	15	21754,6
Otoskeskihajonta SD	-	6389
	25	44361,3
	25	51328,5
	25	39415,4
Otoskeskihajonta SD	-	5985
	35	64454,2
	35	60543,3
	35	59397,5
Otoskeskihajonta SD	-	2651
	45	68841,8
	45	81073,1
	45	73802,9
Otoskeskihajonta SD	-	6152
	75	128055
Otoskeskihajonta SD	-	-
	100	187457
Otoskeskihajonta SD	-	-

7. Kuvaajan muodostaminen tuloksista. Suoran yhtälöksi $y = 1814,5x - 2334,6$ ja $R^2 = 0,98$.



8. Gochujangnäytteiden kapsaisiinin pitoisuuden laskeminen

$$\begin{aligned} x_{\text{Näyte2}} &= \frac{y_{\text{Näyte2}} + 2334,6}{1814,5} \\ &= \frac{156751 + 2334,6}{1814,5} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \\ &= 87,67 \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{\text{Näyte1}} &= \frac{y_{\text{Näyte1}} + 2334,6}{1814,5} \\ &= \frac{100950 + 2334,6}{1814,5} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \\ &= 56,92 \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \end{aligned}$$

9. Alkuperäisten gochujang-näyteastioiden kapsaisiinin määrän laskeminen

$$\begin{aligned} m(\text{kapsaisiin i})_{\text{Näyte2}} &= x_{\text{Näyte2}} \cdot V(\text{Näyte2}) \\ &= 87,67 \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \cdot 2 \text{ ml} \\ &= 175,34 \mu\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\text{kapsaisiin i})_{\text{Näyte1}} &= x_{\text{Näyte1}} \cdot V(\text{Näyte1}) \\ &= 56,92 \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \cdot 2 \text{ ml} \\ &= 113,84 \mu\text{g} \end{aligned}$$

10. Kapsaisiinin pitoisuus gochujangissa yksikössä ppm

$$\begin{aligned} (\text{kapsaisiin ipitoisuus})_{\text{Näyte2}} &= \frac{m(\text{kapsaisiin i})_{\text{Näyte2}}}{m(\text{Näyte2})} \\ &= \frac{175,34 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{10,53 \text{ g}} \cdot \frac{\text{ppm}}{10^{-6}} \\ &= 16,65 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{kapsaisiin ipitoisuus})_{\text{Näyte1}} &= \frac{m(\text{kapsaisiin i})_{\text{Näyte1}}}{m(\text{Näyte1})} \\ &= \frac{113,84 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{10,01 \text{ g}} \cdot \frac{\text{ppm}}{10^{-6}} \\ &= 11,37 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{(\text{kapsaisiin ipitoisuus})} &= \frac{(16,65 + 11,37) \text{ ppm}}{2} \\ &= 14,01 \text{ ppm} \approx 14 \text{ ppm} \end{aligned}$$

11. Otoskeskihajonta on kohdan 10 arvoilla laskettuna

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=2} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$
$$= \sqrt{\frac{(16,65 - 14,01)^2 + (11,37 - 14,01)^2}{2-1}} = 3,734 \approx 3,7$$

12. Kapsaisiinipitoisuus on gochujangissa (14 ± 3) ppm ja otoskeskihajonta 3,7. Kapsaisiinia on tulosten perusteella gochujangissa Maailman terveysjärjestön WHO:n alaisen FAO:n (Food and Agriculture Organization) standardin mukaisesti vähintään 10 ppm.

Mahdolliset virhelähteet: Proteiinien, rasvojen ja muiden häiritsevien yhdisteiden jääminen gochujang-näytteeseen uuttamisen aikana. Muita virhelähteitä ovat häiritsevien yhdisteiden vuorovaikutukset kolonnimateriaalin kanssa, kapsaisiinin esiintyminen myös dihydrokapsaisiinimuodossa sekä sisäisen standardin skvaleenin (CAS 111-02-4) poisjättäminen määrittämisessä.

Lähteet

Gochujang Recipe. Retrieved joulukuu 3, 2013, from <http://www.easykoreanfood.com/gochujang-Recipe.html>.

Annex: Determination of capsaicin in *gochujang* using gas chromatography (GC) detection. (2009; 2010). *Codex alimentarius* () The Codex Alimentarius Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=2307.

Food Safety. (2003). Retrieved huhtikuu 25, 2014, from <http://www.who.int/foodsafety/codex/en/>.

Steiner, E. (2008). Sample Statistics. In E. Steiner. *The Chemistry Maths Book*. (2nd ed, pp. 623-624). New York, NY: Oxford University Press.

