

Argumentaation tukeminen yläasteen happamuuden kemian opetuksessa molekyyligastronomiaa soveltaen

Linnea Töyrylä
Pro gradu -tutkielma
09.05.2012
Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto
Kemian laitos
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Ohjaajat: Maija Aksela ja Anu Hopia

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution– Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Kemian laitos	
Tekijä/Författare – Author			
Linnea Töyrylä			
Työn nimi / Arbetets titel – Title			
Argumentaation tukeminen yläasteen happamuuden kemian opetuksessa molekyyli­gastronomi­aa soveltaen			
Oppiaine /Läroämne – Subject			
Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto			
Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages	
Pro gradu -tutkielma	09.05.2012	60+15	
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>Happamuus-käsite tulee vastaan niin kemian opetuksessa kuin arkielämässä. Käsite on laaja ja sen ymmärtämiseksi oppilaan on osattava myös muita kemian termejä ja teorioita. Usein happamuuden opetuksen esimerkeissä perehdytään kemian teollisuuden näkökulmiin ja pH:n mittaamiseen erilaisilla välineillä, vaikka useiden tutkimusten mukaan kemia olisi tuotava lähemmäs oppilaiden arkipäivää.</p> <p>Argumentaatio on olennainen osa luonnontieteitä, sillä ilman sitä uutta tietoa ei voi syntyä. Oppilaiden argumentointitaitoja ja argumentaation opetusta luonnontieteissä on tutkittu melko paljon ulkomailla ja on havaittu, että sekä opetuksessa että oppilailla on puutetta argumentaation käytössä.</p> <p>Tässä tutkielmassa kehitettiin kehittämistutkimuksen kautta argumentaatiota tukeva happamuuteen ja erityisesti pH-indikaattoreihin perehtyvä oppimateriaali, jossa sovelletaan molekyyli­gastronomi­aa. Molekyyli­gastronomi­aa ja ruoan kemia valittiin työn konteksteiksi, koska aikaisemman tutkimuskirjallisuuden mukaan oppilaiden arkipäivää lähellä olevat aiheet kannustavat heitä argumentoimaan paremmin. Kehittämistutkimus itsessään koostuu neljästä vaiheesta, jotka ovat tarveanalyysi, oppimateriaalin kehittäminen, tutkimuksen suoritus sekä tulosten tulkinta, arviointi ja jatkokehittely.</p> <p>Tutkielma pyrkii vastaamaan kysymyksiin siitä, kuinka paljon ruoan kemiaan liittyviä esimerkkejä happamuuden opetuksessa käytetään, millainen on hyvä argumentaatiota tukeva happamuuteen liittyvä oppimateriaali ja mitä kyseisen materiaalin avulla opitaan. Oppimateriaalista laadittiin kolme erilaista versiota, joista ensimmäistä testattiin opettajilla, toista oppilailla ja joista kolmas on liitetty tähän tutkielmaan.</p> <p>Tarveanalyysissä tutkittiin peruskoulun yläasteen kemian oppikirjojen happamuutta käsittelevissä kappaleissa olevien ruoan kemiaan liittyviä esimerkkejä. Kokeellisessa osassa oppilaiden argumentaatiotaitoja tutkittiin teoriapohjaisella sisällönanalyysin kautta. Argumentaatiotaitojen tutkimiseen liitettiin tiedon dimensioiden analyysi. Lisäksi oppilaiden oppimista testattiin kyselylomakkeella ennen ja jälkeen materiaalin opettamisen.</p> <p>Oppilaiden argumentaatiotaitojen oppimista tutkittiin tapaustutkimuksen avulla eli tutkimukseen osallistui vain yksi peruskoulun yhdeksäs luokka. Tutkimuksessa havaittiin, että happamuus-aiheen opettamiseen liittyy monia haasteita. Esimerkiksi juuri indikaattori-käsite on oppilaille haastava ja emästen kemia on oppilaille vaikeampaa kuin happojen. Oppilaiden argumentaatiotaitojen analyysissä puolestaan kävi ilmi, että oppilaat osaavat argumentoida melko hyvin, mutta eivät välttämättä pääse alkuun itsenäisesti. Oppilaat osasivat käyttää argumentoinnissaan käsitetietoa, eli esimerkiksi käyttivät happamuuteen liittyviä käsitteitä oikein, ja menetelmätietoa mitatessaan eri aineiden happamuuksia. Opettajan toiminnalla on suuri vaikutus oppilaiden argumentaation käyttämiseen. Koska on tutkimus on tapaustutkimus, ei tuloksista voida tehdä yleistäviä, koko ikäluokkaa koskevia johtopäätöksiä. Sen sijaan tulosten pohjalta voidaan tehdä erilaisia oletuksia.</p> <p>Kehitetty oppimateriaali vastaa omalta osaltaan haasteeseen, jossa pyritään luomaan kemian luokkaan keskustele­va ja jopa tiedeyhteisön argumentointia muistuttavan ilmapiiri. Lisäksi se tuo yhden esimerkin siitä, miten molekyyli­gastronomi­aa ja ruoan kemiaa voisi tuoda enemmän esiin kemian opetuksessa. Kun oppimateriaalia tämän tutkimuksen puitteissa testattiin, onnistuttiin luokassa saamaan aikaan keskustelua ja oppilaat muodostivat itsenäisesti tai opettajan pienellä avustuksella hyviä argumentteja.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Happamuus, kemian opetus, argumentaatio, molekyyli­gastronomi­aa, oppimateriaali			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Kemian laitos			
Muuta tietoa – Övriga uppgifter – Additional information			
Ohjaajat: Maija Aksela & Anu Hopia			

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
2. Happamuus ja sen kemian opetus.....	3
2.1 Hapon määritelmiä	3
2.1.1 Arrheniuksen määritelmä	3
2.1.2 Brønstedin ja Lowryn määritelmä	4
2.1.3 Lewisin määritelmä	5
2.1.4 Hapon vahvuus	6
2.2 pH.....	6
2.2.1 pH-indikaattorit	7
2.3 Happamuus kouluopetuksessa	16
2.4 Happamuus ruoanvalmistuksen kemiassa ja molekyyli­gastronomia	17
2.4.1 Molekyyli­gastronomian määrittelyä	17
2.4.2 Molekyyli­gastronomia opetuksessa	18
2.4.3 Ruoan kemia ja happamuus	19
3. Argumentaatio kemian opetuksessa	20
3.1 Argumentaation määritelmä.....	20
3.2 Argumentaation tutkimus luonnontieteiden opetuksessa.....	21
3.3 Argumentaatio kouluopetuksessa	26
3.3.1 Opettajan rooli argumentaation opetuksessa	27
3.3.2 Ongelmia argumentaation käytössä oppitunneilla.....	28
3.4 Tiedon dimensiot	29
4. Kehittämistutkimus	31
4.1 Tavoitteet	31
4.2 Tutkimuksen toteutus ja tutkimusaineiston analysointi.....	31
4.3 Tarveanalyysi.....	33
4.4 Oppimateriaalin laatiminen.....	34
4.5 Oppimateriaalin arviointi	35
4.6 Oppimateriaalin kehittäminen.....	35
4.7 Tutkimuksen luotettavuus ja pätevyys.....	36
5. Tulokset	38
5.1 Ruokaan tai ruoka-aineisiin liittyvät esimerkit happamuuden opetuksessa	38
5.1.1 Yhteenveto tarveanalyysista.....	38
5.2 Oppilaiden argumentointitaitoja tukeva oppimateriaali.....	39
5.2.1 Oppimateriaalin toteutus.....	39
5.2.2 Oppimateriaalin kokeellinen osio	40
5.2.3 Oppimateriaalin oppisisältö	43
5.3 Argumentaatiotaitojen tutkimus.....	45
5.3.1 Opettajien argumentaatiotaidot.....	46
5.3.2 Oppilaiden argumentaatiotaidot	46
6. Johtopäätökset ja pohdinta.....	51
Lähteet	55
Liitteet	61

1. Johdanto

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden kemian osiossa mainitaan yhdeksi keskeiseksi sisällöksi ”vesi ja veden ominaisuuksia, kuten happamuus ja emäksisyys” (Opetushallitus, 2004). Happamuus on yksi olennaisimpia kemian käsitteitä; se tulee esiin monessa kemian kontekstissa kuten myös arkielämässä.

Vaikka kemia on esillä monessa arkielämän tilanteessa, ei se kuitenkaan oppiaineena juuri kiinnosta peruskoulun yläastetta käyviä oppilaita. Esimerkiksi ROSE-tutkimuksesta (Sjöberg & Schreiner, 2010) käy ilmi, että erityisesti Euroopan kehittyneissä maissa ja Japanissa oppilaiden kiinnostus kemiaan on hyvin pieni. Lisäksi Opetushallituksen 9. luokkalaisten luonnontieteiden osaamisesta teetetystä kyselystä (Kärnä et al., 2012) havaittiin, että oppilaiden suhtautuminen kemiaan ja fysiikkaan on pääosin negatiivinen. ROSE-tutkimuksen (2010) tuloksena pohditaan, että luonnontieteiden opetus olisi tuotava lähemmäs oppilaiden arkea ja linkitettävä opiskeltavat aiheet oppilaita kiinnostaviin konteksteihin.

Muun muassa edellä mainittujen tutkimusten perusteella on siis ilmeistä, että kemian opetukseen tarvitaan uudistusta. Tässä pro gradu –tutkielmassa toteutetaan kehittämistutkimus, jonka tavoitteena on tuottaa peruskoulun yläasteen kemian opetukseen tarkoitettu happamuutta käsittelevä oppimateriaali. Materiaalin tavoitteena on tuoda käytännönläheisempi lähestymistapa happamuuden kemian sekä erityisesti pH-indikaattorien opetukseen niin, että aiheeseen tutustuttaisiin oppilaita kiinnostavassa kontekstissa. Tässä tutkimuksessa kontekstina ovat ruoka ja ruoanlaitto, sillä ruokailu on tärkeä osa jokapäiväistä elämää.

Laadittavaan työhön haluttiin yhdistää molekyyliogastronomian ja ruoan kemian sovellusta. Molekyyliogastronomia on tieteenala, joka tutkii ruoanlaitossa tapahtuvia kemiallisia ja fysikaalisia prosesseja (This, 2006). Useille molekyyliogastronomia tuonee mieleen uudet ruokainnovaatiot, mutta sitä sovelletaan paremman ruoan valmistamiseksi myös klassisessa ruoanlaitossa. Molekyyliogastronomia ja ruoan kemia ovat läsnä jokaisen arkipäivässä ja siksi niiden avulla voisi olla helpompi innostaa myös oppilaita opiskelemaan kemiaa.

Kehitettyä materiaalia tutkittiin kahdella eri tavalla. Ensimmäinen näkökulma tutkimukseen oli oppilaiden argumentaatiotaidot. Argumentaatiotaidot ovat olennainen osa sekä luonnontieteitä, sillä kaikki luonnontieteellinen tutkimus perustuu siihen, että esimerkiksi uusia löydöksiä tai teorioita perustellaan vedoten vanhaan jo tiedettyyn tietoon ja empiirisiin tutkimuksiin. Argumentointitaitojen tutkiminen on perusteltua, sillä monien ulkomailla tehtyjen tutkimusten (mm. Erduran et al., 2004) pohjalta on havaittu, että sekä oppilailla että opettajilla on puutteita argumentoinnin osaamisessa. Suomalaisessa koulutus kentässä tällaista tutkimusta ei ole juurikaan tehty. Argumentointi haluttiin lisäksi yhdistää nimenomaan molekyyli-gastronomiaan ja ruoan kemiaan, sillä oppilaiden oletettiin olevan aiheesta kiinnostuneita. Tutkimusten (mm. Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2006) mukaan oppilaat argumentoivat paremmin kun aihe on heistä mielenkiintoinen. Argumentaatiotaitojen tutkimukseen liitettiin tiedon dimensioiden tutkimus. Toiseksi materiaalin toimivuutta testattiin oppilailla teetetyllä kyselylomakkeella.

Tämän kehittämistutkimuksen osana on tapaustutkimus (esim. Cohen et al., 2007) eli sen puitteissa tutkittiin vain yhtä yhdeksättä luokkaa. Tutkimuksesta ei siis voida tehdä suoria yleistyksiä, mutta sen avulla voidaan luoda hypoteeseja siitä, miten tämänkaltainen materiaali kouluopetuksessa toimisi. Tutkimus on rajattu koskemaan nimenomaan oppilaiden argumentointitaitoja, vaikka materiaalia testattiin myös opettajilla.

Tutkimuksessa saatuja tuloksia analysoidaan teorialähtöisen sisällönanalyysin kautta (esim. Tuomi & Sarajärvi, 2009). Teoriataustana käytetään Erduran et al. (2004) luomaa mallia argumentoinnin laadun arvioimiselle. Erduran et al. (2004) työn taustalla on Toulminin kehittämä argumentointikaavio (1958). Argumentoinnin lisäksi aineistoa tutkitaan tiedon dimensioiden (Kratwohl, 2002) kautta.

Luvut 2-3 muodostavat teoreettisen viitekehyksen tälle tutkimukselle. Luvussa 4 käsitellään tutkimuskysymyksiä ja kehittämistutkimuksen etenemistä, luvussa 5 esitellään saadut tulokset. Tulosten perusteella tehdyt johtopäätökset ja pohdinta löytyvät luvusta 6.

2. Happamuus ja sen kemian opetus

Happamuudella tarkoitetaan vetyionien aktiivisuutta liuoksessa ja happamuus voidaan ilmoittaa niin happamalle kuin emäksisellekin liuokselle. Happamuus ilmoitetaan usein pH-arvon avulla. Happamuus-käsitteen ymmärtämiseksi on ensin opittava perusasiat hapoista ja emäksistä.

Yksinkertaisin määritelmä hapolle on, että se on aine, joka reagoi emäksen kanssa. Hapoilla on monia yleisiä ominaisuuksia: ne maistuvat happamilta, niillä voidaan liuottaa monia metalleja ja ne neutraloivat emäksiä. Emäs sen sijaan on aine, joka reagoi hapon kanssa ja emäkset puolestaan tuntuvat liukkailta ja ne neutraloivat happoja.

Esimerkkejä hapoista ovat esimerkiksi etikkahappo (CH_3COOH), suolahappo (HCl) ja rikkihappo (H_2SO_4). Hapot voivat esiintyä liuoksina, nesteinä, kiinteinä aineina tai kaasuina. Esimerkkejä emäksistä ovat esimerkiksi natriumhydroksidi (NaOH) ja natriumkarbonaatti (Na_2CO_3).

2.1 Hapon määritelmiä

Hapot ja emäkset voidaan luokitella sekä Arrheniuksen, Brønsted-Lowryn että Lewisin määritelmien mukaan. Määritelmät eivät ole toisiansa poissulkevia vaan täydentäviä. Brønsted-Lowryn määritelmä on näistä määritelmistä yleisesti käytetyin.

2.1.1 Arrheniuksen määritelmä

Arrheniuksen määritelmän mukaan happo on aine, joka tuottaa liuokseen H^+ - eli vetyioneja. Saman määritelmän mukaan emäs on aine, joka tuottaa liuokseen OH^- - eli hydroksidi-ioneja. Arrhenius esitti määritelmänsä vuonna 1884 havaittuaan, että kaikki hapot vaikuttavat tuottavan veteen dissosioituessaan vetyioneja (esim. Hudson, 2002).

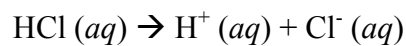
Vaikka määritelmän mukaan puhutaankin vetyioneista, ei vesiliuoksessa todella esiinny vetyioneja, H^+ . Todellisuudessa liuokseen syntyy oksoniumioneja, H_3O^+ , jotka aiheuttavat

liuoksen happamuuden.

Arrheniuksen määritelmä perustuu veden dissosioitumisreaktioon. Puhtaassa vedessä suurin osa molekyyleistä on muodossa H_2O , mutta osa näistä molekyyleistä hajoaa jatkuvasti oksonium- ja hydroksidi-ioneiksi. Samanaikaisesti näitä muodostuneita ioneja palautuu takaisin vesimolekyyliinmuotoon. Kyseessä on tasapainoreaktio, joka on esitetty alla.



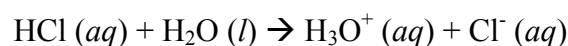
Esimerkiksi suolahapon HCl voi perustella hapoksi Arrheniuksen määritelmän mukaan sen ionisoitumisreaktion perusteella:



2.1.2 Brønstedin ja Lowryn määritelmä

Yleisimmin hapoista puhuttaessa käytetään Brønstedin ja Lowryn vuonna 1923 luomaa määritelmää hapoista ja emäksistä. Brønsted ja Lowry esittivät määritelmän samana vuonna toisistaan riippumatta (esim. Hudson, 2002).

Brønstedin ja Lowryn määritelmän mukaan happo on aine, joka voi luovuttaa happo-emäsreaktiossa protonin eli vetyionin. Emäs on vastaavasti aine, joka voi vastaanottaa protonin. Brønsted-Lowryn määritelmää käytettäessä esimerkiksi suolahapon reaktio kirjoitetaan seuraavasti:



Suolahappo reagoi vesimolekyylin kanssa luovuttaen sille protonin ja muodostaen täten oksoniumionin. Vesi toimii tässä reaktiossa emäksenä, kun se vastaanottaa suolahapon luovuttaman protonin.

Verrattuna Arrheniuksen määritelmään on Brønstedin ja Lowryn määritelmällä tiettyjä

etuja. Esimerkiksi etikkahapon ja ammoniakkin välisessä reaktiossa syntyy asetaatti- ja ammoniumioneja. Arrheniuksen määritelmän mukaan etikkahappo ei tällöin olisi happo, sillä liuokseen ei reaktion seurauksena synny oksoniumioneja. Sen sijaan Brønstedin ja Lowryn määritelmän mukaisesti etikkahappo luovuttaa vetyionin ja on täten happo. Lisäksi Arrheniuksen happojen on oltava ionisia yhdisteitä, kun taas Brønstedin ja Lowryn määritelmän mukaan hapot voivat olla myös molekyyliyhdisteitä.

2.1.3 Lewisin määritelmä

Hapon ja emäksen määritelmää laajennettiin vielä vuonna 1936 Gilbert Lewisin toimesta (esim. Hudson, 2002). Lewisin määritelmä eroaa edellisistä siinä, että siihen ei liity protonin siirtymistä. Lewisin määritelmällä voidaan täten luokitella hapoiksi monia aineita (esim. BF_3), jotka muiden määritelmien mukaan eivät niitä ole.

Lewisin määritelmän mukaan happo on aine, joka voi vastaanottaa elektroniparin toiselta aineelta. Vastaavasti Lewisin emäs on aine, joka voi luovuttaa elektroniparin. Toisin sanoen Lewisin määritelmän mukaan happo-emäsreaktiossa siirtyvät elektronit eivätkä protonit kuten Brønstedin ja Lowryn määritelmässä. Suolahapon reaktio ammoniakkin kanssa Lewisin määritelmän mukaan (kuva 2.1.) olisi seuraava:



Kuva 2.1. Ammoniakin ja suolahapon välinen reaktio.

Yllä olevassa reaktiossa tyypellä oleva vapaa elektronipari vetää puoleensa heikon positiivisesti varautunutta vetyatomia. Typen ja vedyn välille muodostuu koordinaatiosidos, jolloin klooriatomista muodostuu kloridi-ioni. Tällöin koko suolahappomolekyyli toimii Lewisin haponä ottaen vastaan elektroniparin ammoniakilta ja hajoten prosessin yhteydessä.

Kaikki Brønstedin ja Lowryn määritelmän mukaiset hapot ovat Lewisin happoja, mutta kaikki Lewisin määritelmän mukaiset hapot eivät ole Brønstedin ja Lowryn happoja.

2.1.4 Hapon vahvuus

Hapon vahvuudella tarkoitetaan sen kykyä luovuttaa protoni. Vahva happo on happo, joka dissosioituu vedessä täydellisesti muodostaen liukseen sekä protoneita että konjugaatti- eli vastinemästään. Vahvoja happoja ovat esimerkiksi suola- ja rikkihappo, HCl ja H₂SO₄. Heikko happo dissosioituu veteen vain osittain. Vahva emäs puolestaan on sellainen, joka vesiliuoksessa esiintyy lähes kokonaan konjugaattihapponaan eli on ottanut vastaan mahdollisimman paljon protoneita.

Mitä vahvempi happo on kyseessä, sitä helpommin se kykenee luovuttamaan protonin. Hapon vahvuus määräytyy vetyionin ja siihen sitoutuneen atomin sidoksen polaarisuuden sekä sitoutuneen atomin koon perusteella.

2.2 pH

Liuoksen happamuutta mitataan pH-asteikolla. pH-asteikon kehitti tanskalainen kemisti S.P.L. Sørensen vuonna 1909 (esim. Hudson, 2002). Lyhenteellä pH tarkoitetaan liuoksessa olevaa vetyionien määrää. Lyhenteen H-kirjaimella viitataan vetyioniin, mutta sen p-kirjaimen merkityksestä ei olla yksimielisiä. P-kirjaimen on ajateltu viittaavan esimerkiksi voimaan (eng. *power*) tai vetyionin voimaan tai (eng. *potential*), mutta ilmeisesti kirjain on vain Sørensenin satunnainen valinta hänen tehdessään alkuperäisiä laskujaan pH:n määritelmästä (Nørby, 2010). pH määritellään seuraavasti:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

pH-asteikko on logaritminen eli kasvu yhdellä pH-yksiköllä tarkoittaa vetyionien tehollisen konsentraation kymmenkertaista pienenemistä. 25 Celsius-asteen lämpötilassa voidaan sanoa, että jos liuoksen pH on alle 7 se on hapanta, jos noin 7 se on neutraalia ja jos pH on yli 7, on liuos emäksinen.

2.2.1 pH-indikaattorit

pH:n muutoksia voidaan mitata joko erilaisten pH-mittareiden tai indikaattoriaineiden avulla. Indikaattori on aine, jonka väri muuttuu pH:n mukaan. Hyvä pH-indikaattori on selkeästi erivärinen happamassa ja emäksisessä ympäristössä.

pH-indikaattoreita käytetään usein apuna esimerkiksi happo-emästitrauksissa eli neutralointititrauksissa. Happo-emästitrauksen avulla voidaan määrittää jonkin tuntemattoman hapon tai emäksen konsentraatio, kun titrausliuksena käytetyn hapon tai emäksen konsentraatio on tiedossa.

Indikaattorin värinmuutoksen perusteella kyetään havaitsemaan titrauksen päätepiste. Jos indikaattori on valittu oikein, on tämä päätepiste samalla titrauksen ekvivalenttipiste. Ekvivalenttipisteellä tarkoitetaan hetkeä, jolla liuksessa on molaarisesti yhtä paljon happoa ja emästä.

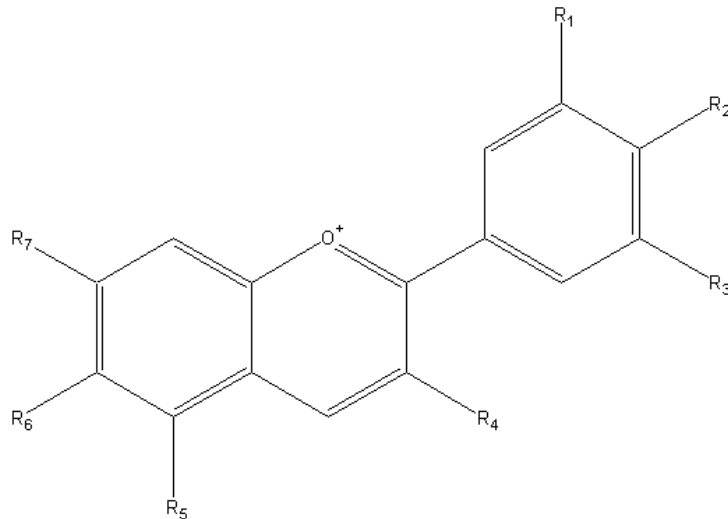
Laboratoriossa käytettäviä indikaattoreja ovat muun muassa metyylioranssi, bromitymolisininen (BTS) ja fenoliftaleiini.

2.2.1.1 Luonnon pH-indikaattorit eli antosyaanit

pH-indikaattoreita löytyy myös luontaisesti, niitä kutsutaan antosyaaneiksi. Antosyaanit tai antosyaniinit ovat kasveissa, hedelmissä ja marjoissa olevia punaisia, sinisiä tai violetteja pigmenttejä. Antosyaanien värin riippuvuus pH:sta johtuu niiden ionisesta luonteesta. (Swain, T., 1976) Sana antosyaani tulee kreikan kielen sanoista *anthos* eli kukka ja *kyanos* eli sininen (Oxford Dictionary, 2012).

Antosyaanit ovat vesiliukoisia pigmenttejä ja ne ovat flavonoidien suurin värillinen ryhmä. Flavonoidit ovat kasvien sekundäärimetaboliitteja, eli ne eivät ole välttämättömiä kasvien elossapysymiselle. Sen sijaan flavonoidit tuovat väriä kasvien lehtiin, juuriin, terälehtiin ja mukuloihin. Lisäksi flavonoidit suojaavat kasveja muun muassa ultraviolettiasteilyn haitoilta (Swain, T., 1976).

Kaikkien antosyaanien rakenne perustuu samaan perusrakenteeseen, flavylium-ioniin (kuva 2.2.). Flavylium-ionissa on seitsemän mahdollista sivuryhmää, jotka voivat olla joko vetyjä, hydroksidi- tai metoksi-ryhmiä. Kemiallisesti antosyaanit voidaan jakaa sokeria sisältämättömiin antosyanidiiniaglykoneihin sekä antosyaaniglykosideihin. Sokeriryhmä liittyy joko asemaan R₄ (kuva 2.2.) tai sekä asemiin R₄ ja R₅. Tässä tilanteessa ryhmänä näissä asemissa olisi ensin hydroksidi-ioni, jonka happi luovuttaa vetyioninsa ja voi siten sitoutua sokerimolekyyliin.



Kuva 2.2. Flavylium-ioni.

Antosyanidiineja saadaan, kun antosyaaneja hydrolysoidaan. Tällöin glykosyyliryhmä vaihtuu vetyatomiksi ja muodostuu aglykoneja. Antosyanidiinit ovat siis flavylium-suolojen hapettuneita johdannaisia.

Antosyaanien kyky toimia pH-indikaattoreina johtuu niiden kyvystä heijastaa valoa eri tavalla ympäröivästä pH:sta riippuen. Happamissa olosuhteissa oksoniumioni aiheuttaa laajempaa kaksoissidosten konjugaatiota aglykonimuodon rengasrakenteissa. Happamissa olosuhteissa antosyaanit ovat punaisen sävyisiä ja ne absorboivat ja heijastavat säteilyä näkyvän valon alueelta. Emäksisissä olosuhteissa toisen ja kolmannen renkaan välisten kaksoissidosten konjugointi estyy tai häiriintyy ja aiheuttaa sen, että molekyylit absorboivat fotoneita UV-säteilyn alueelta. Emäksisissä olosuhteissa antosyaanit ovat sinisiä, mutta hyvin emäksisissä olosuhteissa ne menettävät värinsä kokonaan. (Chigurupati et al., 2002)

Antosyaaneja käytetään elintarvikkeissa väriaineina. Yleisesti antosyaanien E-koodi on E-

163. Esimerkiksi syanidiinin E-koodi on E-163a ja delfinidiinin E-163b. (Food-Info, 2012)

Kouluopetuksessa yleisimmin käytettyjä esimerkkejä luonnon pH-indikaattoreista ovat mustikassa ja punakaalissa olevat antosyaanit.

2.2.1.1.1 Mustikka

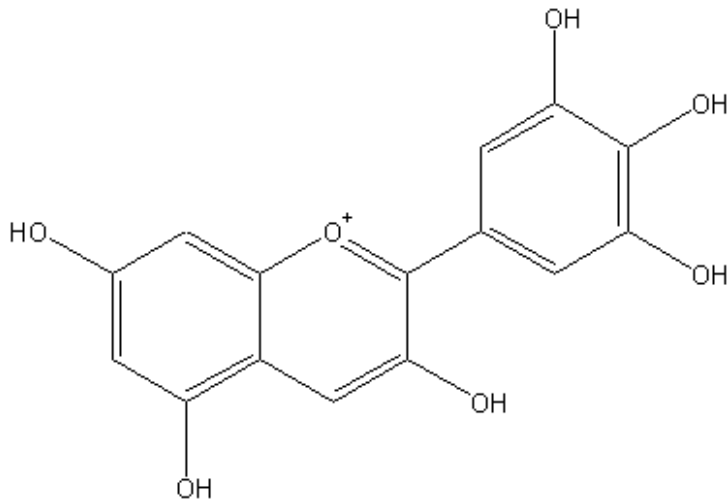
Mustikasta löytyy useita eri antosyaaneja. Euroopassa luonnossa kasvavan mustikan lajin, *Vaccinium myrtilluksen*, on todettu sisältävän mustikkalajikkeista määrällisesti eniten antosyaaneja. *V. Myrtilluksesta* löytyvät antosyaanit ovat delfinidiini, syanidiini, malvinidiini, petunidiini sekä peonidiini, joihin voi liittyä erilaisia sokeriryhmiä. (Kalt et al., 1999)

Mustikasta on löydetty viittätoista erilaista antosyanidiiniglykosidia. Kaikki nämä glykosidit ovat edellä mainittujen viiden antosyaanin ja kolmen sokerin, galaktoosin, glukoosin ja arabinoosin, muodostamia yhdisteitä. (Kalt et al., 1999) Alla on esitetty kaikki nämä viisi antosyaania aglykonimuodossaan.

Tutkimuksen (Lätti et al., 2008) mukaan suomalaisten mustikoiden antosyaanimäärissä on merkittäviä eroja sen mukaan, mistä mustikat on kerätty. Pohjoisessa ja Itä-Suomessa kasvavissa villeissä mustikkapopulaatioissa antosyaanien määrä on suurempi kuin etelässä kasvavissa esiintymissä.

2.2.1.1.1.1 Delfinidiini

Delfinidiini (kuva 2.3.) eli 3,5,7-trihydroksi-2-(3,4,5-trihydroksifenyyl)-1-bentsopyryliumkloridi kuuluu 3-hydroksyantosyanidiineihin. Sen molekyylikaava on $C_{15}H_{11}O_7$.

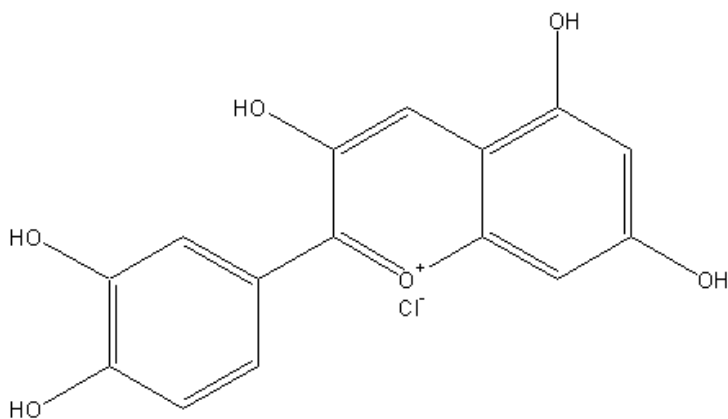


Kuva 2.3. Delfinidiini.

Mustikan lisäksi delfinidiiniä löytyy muun muassa tummista viinirypäleistä sekä granaattimenoista (Afaq et al., 2006).

2.2.1.1.2 Syanidiini

Syanidiini (kuva 2.4.) eli 3,3',4',5,7-pentahydroksi-flavyliumkloridi kuuluu delfinidiinin tavoin 3-hydroksyantosiyanidiineihin. Sen molekyylikaava on $C_{15}H_{11}O_6^+$.

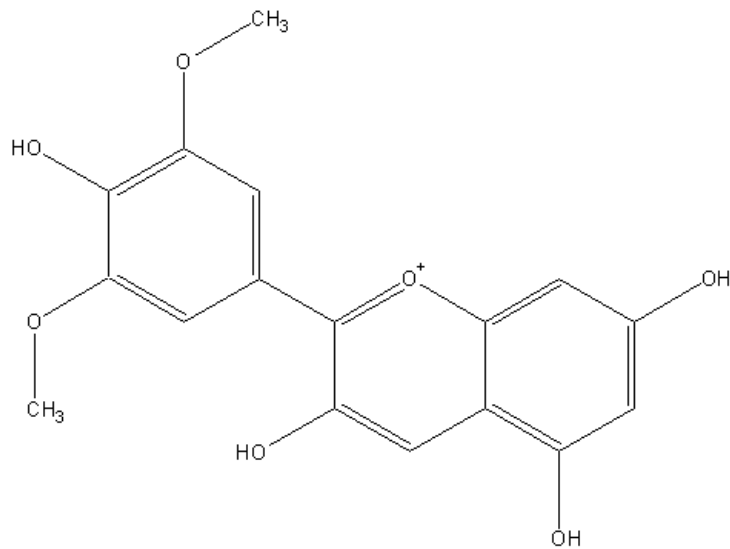


Kuva 2.4. Syanidiini.

Syanidiinia löytyy mustikan lisäksi muun muassa mustaherukoista (*Ribes nigrum*) ja boysenmarjoista (*Rubus ursinus x idaenus*) (Galvano et al., 2007).

2.2.1.1.3 Malvidiini

Malvidiini (kuva 2.5.) eli 3,4',5,7-tetrahydroksi-3',5'-dimetoksisflavyliumkloridi kuuluu O-metyloituneisiin antosyanidiineihin. Sen molekyylikaava on $C_{15}H_{15}O_7^+$.

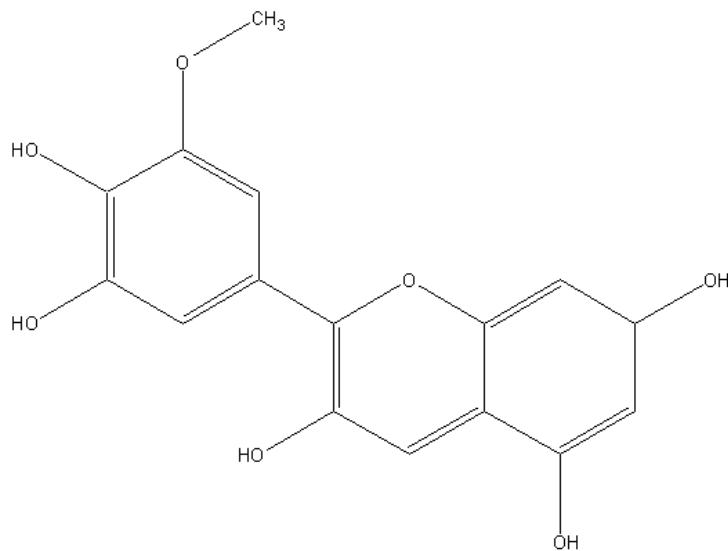


Kuva 2.5. Malvidiini.

Malvidiinia löytyy muun muassa viiniköynnöksen (*Vitis vinifera*) viinirypäleistä (Boss et al., 1996).

2.2.1.1.4 Petunidiini

Petunidiini (kuva 2.6.) eli 3,3',4',5,7-pentahydroksi-5'-metoksisflavyliumkloridi kuuluu O-metyloituneisiin antosyanidiineihin. Sen molekyylikaava on $C_{16}H_{13}O_7^+(Cl^-)$.

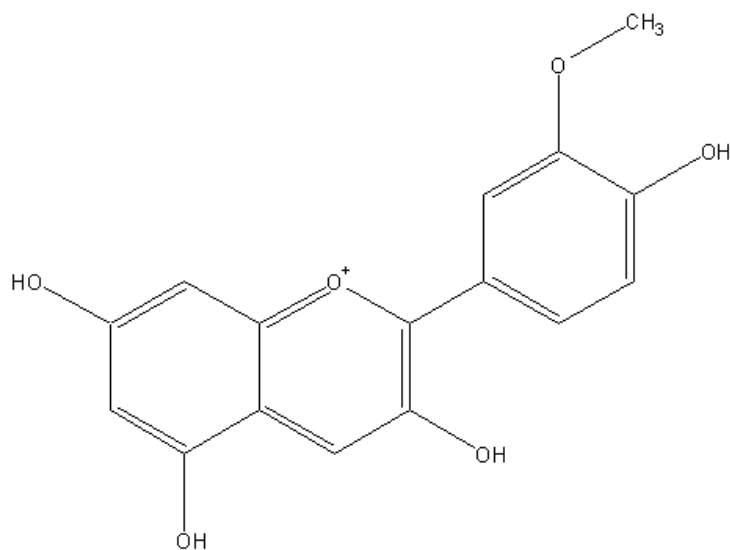


Kuva 2.6. Petunidiini

Petunidiinia löytyy mustikoiden lisäksi muun muassa mustaherukoista (*Ribes nigrum* L.) (Slimestad & Solheim, 2002).

2.2.1.1.1.5 Peonidiini

Peonidiini (kuva 2.7.) eli 3,4',5,7-tetrahydroksi-3'-metoksiflavylumkloridi kuuluu O-metyloituneisiin antosyanidiineihin. Sen molekyylikaava on C₁₆H₁₃O₆⁺.

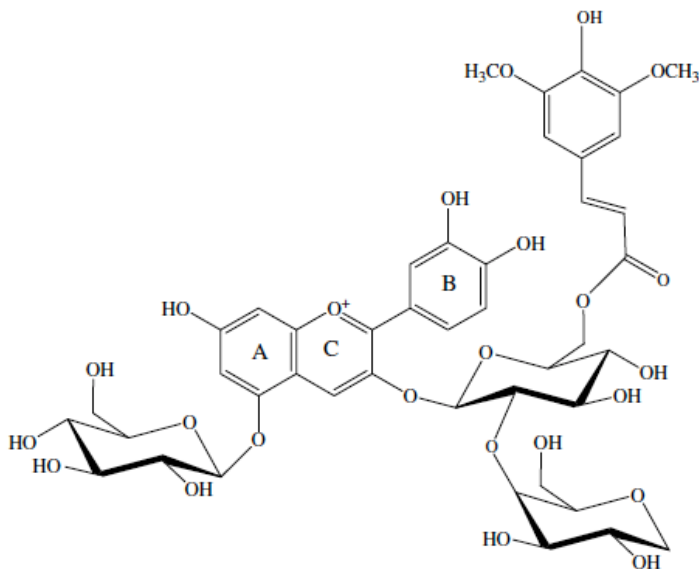


Kuva 2.7. Peonidiini.

Peonidiinia löytyy mustikan lisäksi muun muassa karpaloista (*Vaccinium oxycoccos*) (Watson et al., 2004).

2.2.1.1.2 Punakaali

Punakaalin (*Brassica oleracea*) antosyaanit ovat kaikki pääosin syanidiinin ja tarkemmin syanidiini-3-diglukosidi-5-glukosidin johdannaisia. Tämä punakaalin antosyaanin perusrakenneosaa havaitaan non-asyloituna, mono-asyloituna tai di-asyloituna *p*-kumariinihapon, kahvihapon, ferulahapon tai sinappihapon kanssa. (McDougall et al., 2007) Kuvassa 2.8. esimerkkinä syanidiini-3-(sinapoyyli)diglukosidi-5-glukosidi.



Kuva 2.8. Syanidiini-3-(sinapoyyli)diglukosidi-5-glukosidi.

Koska punakaalin antosyaanit ovat syanidiinin johdannaisia, esiintyy se happamissa olosuhteissa punertavana ja emäksisissä sinertävänä.

2.2.1.2 Muita luonnon väriaineita

Antosyaanien lisäksi luonnosta löytyy myös muita kasvien ja hedelmien värejä aiheuttavia kemikaaleja. Sekä antosyaanit että klorofyllit vaihtavat väriään pH:n muutoksien mukana, mutta antosyaaneilla tämä värinmuutos on selkeämpi. Antosyaanit ovat happamissa

olosuhteissa punertavansävyisiä ja emäksisessä sinisiä tai vihertäviä. Klorofyllit sen sijaan vaihtavat väriään heleänvihreästä oliivinvihreään pH:n muuttuessa happamasta emäksiseksi (Gupte et al., 1964).

2.2.1.2.1 Flavonoidit

Kuten edellä jo mainittiin, antosyaanit kuuluvat flavonoidien ryhmään. Antosyaanien lisäksi ryhmään kuuluu myös keltaista väriä aiheuttavia flavoneja, flavonoleja, kalkoneita ja auroneita.

Esimerkiksi neilikoista löytyy kalkoneita ja harvinaisia auroneita on löydetty muun muassa *Antirrhium*-sukuun kuuluvista leijonankidoista. Flavonolit ja flavonit ovat pääosin ihmissilmälle näkymättömiä erittäin vaalean värinsä vuoksi, mutta ne absorboivat UV-valoa houkutellessaan paikalle hyönteisiä. (Tanaka et al., 2008)

2.2.1.2.2 Klorofyllit

Klorofyllit ovat vihreitä pigmenttejä, joita esiintyy fotosynteesiin kykenevissä kasveissa. Myös joissakin fotosynteesiin kykenevissä levissä ja bakteereissa on klorofyllejä. Klorofylli sijaitsee maalla elävissä kasveissa aina kloroplasteissa. Klorofyllien tehtävänä on absorboida auringon valon energiaa ja muuttaa tämä energia kemialliseksi energiaksi. (Jackson, 1976)

Klorofyllit ovat kloriinipigmenttejä ($C_{20}H_{16}N_4$), joissa kloriinirenkaan keskellä on magnesiumioni. Renkaaseen on yleensä liittynyt useita sivuketjuja. Yleisin maakasveissa esiintyvä klorofylli on klorofylli a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$).

2.2.1.2.3 Karotenoidit

Karotenoidit ovat rasvaliukoisia isoprenoidiyhdisteitä, joissa on yleensä useita kaksoissidoksia sisältäviä polyeeniketjuja. Karotenoideja löytyy käytännössä kaikista kasveista ja niillä on tärkeä osa fotosynteesin toiminnassa. (Tanaka et al., 2008)

Karotenoidit vastaavat omalta osaltaan kasvien ja hedelmien keltaisista ja punaisista väreistä (Tanaka et al., 2008). Karotenoidit myös muodostavat tärkeän osan ihmisten ruokavaliosta ja osa karotenoideista, esimerkiksi β -karoteeni, ovat A-vitamiinin esiasteita (Paiva & Russell, 1999). Karotenoidien väri ei ole myöskään herkkä happamuuden muutoksille (Tanaka et al., 2008).

2.2.1.2.4 Betalaiinit

Betalaiineja on löydetty kasveista ja hedelmistä, jotka kuuluvat kohokkimaisten kasvien (*Caryophyllales*) lahkoon lukuun ottamatta heimoja *Caryophyllaceae* ja *Molluginaceae*. Betalaiinit voidaan jakaa keltaisiin betaksantiineihin sekä punaisiin ja violetteihin betasyaniineihin. Vesiliukoiset betalaiinit sisältävät tyypeä ja ne ovat tyrosiinin johdannaisia. (Tanaka et al., 2008)

Esimerkiksi punajuuren punainen väri johtuu siinä olevista betaiinista, isobetaiinista sekä kahdesta erilaisesta betaksantiinista (Kujala et al., 2002). Punajuuri on ainut syötävä kasvi, josta betalaiineja on löydetty (Tanaka et al., 2008).

Betalaiinien biosynteesi on vielä huonosti tunnettua verrattuna karotenoideihin ja flavonoideihin. Betalaiinien etu värjäysaineena esimerkiksi antosyaaneihin verrattuna on niiden värin riippumattomuus pH:sta. (Tanaka et al., 2008)

2.3 Happamuus kouluopetuksessa

Happamuus ja emäksisyys löytyvät 7.-9.luokkien kemian opetussuunnitelman keskeisistä sisällöistä Ilma ja vesi – osion alta. Tässä yhteydessä happamuus ja emäksisyys, tai toisin sanoen hapot ja emäkset, on liitetty veden ja veden ominaisuuksien yhteyteen. Happamuus-käsite mainitaan peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa ensimmäistä kertaa 7.-9.luokkien kemian opetuksesta kertovassa kappaleessa. (Opetushallitus, 2004)

Tätä tutkimusta varten analysoitiin viittä peruskoulun yläasteen kemian oppikirjaa. Analyysin tulokset löytyvät kappaleesta 5.1 ja liitteestä 2. Happamuutta ja emäksisyyttä käsitellään yleensä oppikirjoissa reaktioyhtälöiden ja kuvien avulla. Käytännön esimerkit liittyvät melko usein ruoka-aineiden kemiaan, esimerkiksi juuri punakaalin ja mustikan ominaisuuksiin luonnollisena pH-indikaattorina, tai ruoka-aineiden pH-arvoihin. Sen sijaan happamuuteen liittyvissä kokeellisissa töissä yleensä vain tutkitaan pH:ta erilaisista aineista joko pH-paperin tai erilaisten indikaattoriliuosten avulla.

Vaikka happamuus on arkipäivässäkin oppilaille läsnä oleva käsite, voi oppilailla olla monia happamuuteen liittyviä vaihtoehtoisia käsityksiä. Osittain tämä johtuu juuri siitä, että esimerkiksi käsite ”hapan” voi tarkoittaa arkipäivässä muita asioita kuin mitä se on kemian kontekstissa. On opettajan tehtävä pitää huolta siitä, että oppilaalle tehdään erot käsitteiden merkitysten välillä riippuen siitä, käsitelläänkö käsitettä arkipäivän vai luonnontieteen kontekstissa (mm. Jasien, 2010).

Happamuuden ymmärtämiseksi oppilaalla on oltava tietoa muun muassa ioneista ja niiden muodostumisesta sekä kykyä tulkita reaktioyhtälöitä (Nakhleh & Krajcik, 1991). Ongelmia oppilailla on esimerkiksi hapon vahvuuden ymmärtämisessä; oppilas voi ajatella muun muassa hapon pH-arvon riippuvan sen vahvuudesta (mm. Ross & Munby, 1991) tai emästen olevan pH-arvon perusteella vahvempia kuin happojen (Nakhleh & Krajcik, 1991).

Lisäksi oppilailla on toisinaan hankaluuksia siirtää tietoa submikroskooppisen ja makroskooppisen tason välillä ja tämä voi johtaa siihen, että oppilaat muodostavat omia vaihtoehtoisia käsityksiään. Oppilaat ovat myös usein epävarmempia emäksistä kuin

hapoista; pH:n ajatellaan mittaavan ”vain” happamuutta ja että emäksisyyttä ei voi pH:n avulla ilmoittaa. (mm. Dumon et al., 2007)

2.4 Happamuus ruoanvalmistuksen kemiassa ja molekyyli gastronomia

Molekyyli gastronomia-termin määrittelivät Hervé This ja Nicholas Kurti vuonna 1988. This ja Kurti havaitsivat, että sekä ravintolamaailmassa että kotitalouksissa ruoanlaitossa sovellettiin monia perinteisiä ruoanlaittoon liittyviä toimintatapoja, jotka eivät nojanneet millään tavalla tieteelliseen tietoon. (This, 2002; This, 2006)

Happo-emäsreaktiot ovat läsnä monessa ruoanlaittoon liittyvässä ilmiössä. Happoja löytyy monesta ruoka-aineesta, kuten sitrushedelmistä, kahvista ja marjoista. Emäksisiä ruoka-aineita on vähemmän, mutta esimerkiksi kananmuna ja ruokasooda ovat emäksisiä. Happamuudella tarkoitetaan jonkin aineen happamuutta, siis pH-arvoa, kun taas hapot ja emäkset ovat tiettyjä aineita.

2.4.1 Molekyyli gastronomian määrittelyä

Alun perin molekyyli gastronomian tavoitteena oli Thisin ja Kurtin mukaan muokata reseptejä, testata erilaisia ruoanlaittoon liittyviä myyttejä, kehittää uusia ruokalajeja sekä tuottaa keittiöihin muun muassa uusia työtapoja ja ruoanvalmistusvälineitä. Määritelmää päivitettiin vuonna 2003 ja tällä hetkellä molekyyli gastronomia määritellään elintarviketieteen alatieteeksi, joka tutkii ruoanlaitossa tapahtuvia kemiallisia ja fysikaalisia muutoksista. Lisäksi sen sovelluksia käytetään ruoanlaiton sosiaalisten, taiteellisten ja teknisten puolten parissa. (This, 2005; This, 2006)

Molekyyli gastronomian tavoitteena on siis ymmärtää ruoanlaitossa tapahtuvia prosesseja ja hyödyntää niitä, jotta voisimme valmistaa parempaa ruokaa. Termillä ei tarkoiteta elintarviketieteisiin liittyvää elintarvikkeiden tai raaka-aineiden tutkimusta vaan nimenomaan ruoanlaiton kemiallisten ja fysikaalisten prosessien tutkimusta ja niiden hyödyntämistä. Olennainen osa molekyyli gastronomisen tutkimuksen sovellusta on myös se, miten ruoka tarjotaan. Tällöin tieteellinen tieto yhdistetään luovuuteen ja siihen, että

ruoanlaitossa yksi tärkeä osa on myös sen nauttiminen hyvässä seurassa. (This, 2006)

2.4.2 Molekyyligastronomia opetuksessa

Molekyyligastronomian sovelluksia kouluopetuksessa Suomessa on tutkittu vielä melko vähän. Muutamissa muissa maissa molekyyligastronomian sovelluksia ja ruoanlaiton kemiaa on jo integroitu opetukseen. Esimerkiksi Osllossa, Norjassa toimii lapsille tarkoitettu ruokakulttuurin keskittyvä keskus (Fooladi, 2011). Opetusmateriaaleista löytyy muun muassa työohjeita luonnontieteiden ja ruoan yhdistämiseen, esimerkkinä työ jossa valmistetaan itse margariinia (Karlsen, 2012).

Tällä hetkellä, keväällä 2012, Helsingin yliopistossa on käynnissä valtakunnallisen LUMA-keskuksen järjestämä kolmivuotinen Molekyyligastronomia-täydennyskoulutus, johon osallistuu sekä kemian että kotitalouden opettajia. Koulutuksen tavoitteena on tarjota materiaaleja ja apua molekyyligastronomian hyödyntämiseksi kouluopetuksessa. (LUMA-sanomat, 2012) Lisäksi elokuussa 2012 järjestetään Helsingissä ISSE-konferenssi (International Symposium on Science Education), jonka teemana on molekyyligastronomia (LUMA-keskus, 2012a). Valtakunnallinen LUMA-keskus on Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan koordinoima organisaatio, jonka tavoitteena muun muassa on luonnontieteellisten aineiden opetuksen edistäminen ja koulujen, elinkeinoelämän ja yliopistojen yhteistyön vahvistaminen (LUMA-keskus, 2012b).

Riikka Ahvenniemi käsitteli pro gradu – tutkielmassaan *Molekyyligastronomia opetuksessa: Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen kokeellisuuden avulla* (2009) molekyyligastronomien integroimista lukion kemian opetukseen. Ahvenniemen pro gradu - tutkielma on kehittämistutkimus, jossa suunniteltiin valkuaisvaahtoon liittyvä lukion kemian oppimateriaali, jonka tarkoituksena oli tukea kemian ymmärtämistä ja ajattelua.

Suomessa kokoontuu Anu Hopian ja Tatu Lehtovaaran järjestämänä joka kuukausi Molekyyligastronomia-klubi. Klubissa käsitellään joka kerta jotakin ruoanlaiton ilmiötä, josta keskustellaan ja jota testataan. (Hopia, 2012)

Ammattikoulupuolella on julkaistu molekyyligastronomiiaa sivuava oppikirja *Molekyyli sopassa* (Hopia & Lehtovaara, 2011). Ensisijaisesti kirja on suunnattu hotelli-, ravintola- ja

cateringalan ammatillisiin perusopintoihin, mutta se sopii myös muille ruoanlaiton kemiasta kiinnostuneille.

2.4.3 Ruoan kemia ja happamuus

Happamuus on yksinkertaista linkittää ruoan kemiaan, sillä hyvin monesta ruoka-aineesta löytyy happoja. Tutuimpia happoja lienevät sitrushedelmien sitruunahappo, etikan etikkahappo, maidon maitohappo ja virvoitusjuomien hiilihappo. Myös esimerkiksi kahvissa ja viinissä on happoja. Hapoilla voi myös vaikuttaa ruoan säilyvyyteen, sillä hapot esimerkiksi estävät joidenkin mikrobien kasvua ruoassa.

Antosyaanien kemia tulee ruoanlaittajalle todennäköisimmin vastaan punakaalia tai mustikkaa valmistettaessa. Esimerkiksi haudutettu punakaali menettää sinipunaisen värinsä jos ruoan neste ei ole riittävän hapanta. Värin säilyttämiseksi ruokaan voi lisätä viiniä tai sitruunamehua.

Mustikan värinmuutokset sen sijaan tulevat usein esiin leivottaessa leivonnaisia, joiden kohotukseen käytetään emäksistä ruokasoodaa. Jos soodaa on esimerkiksi osassa taikinaa paljon, saattaa mustikan väri muuttua vihreäksi. Usein tällaiset värjäytymät havaitaan mustikan ympärillä taikinassa.

3. Argumentaatio kemian opetuksessa

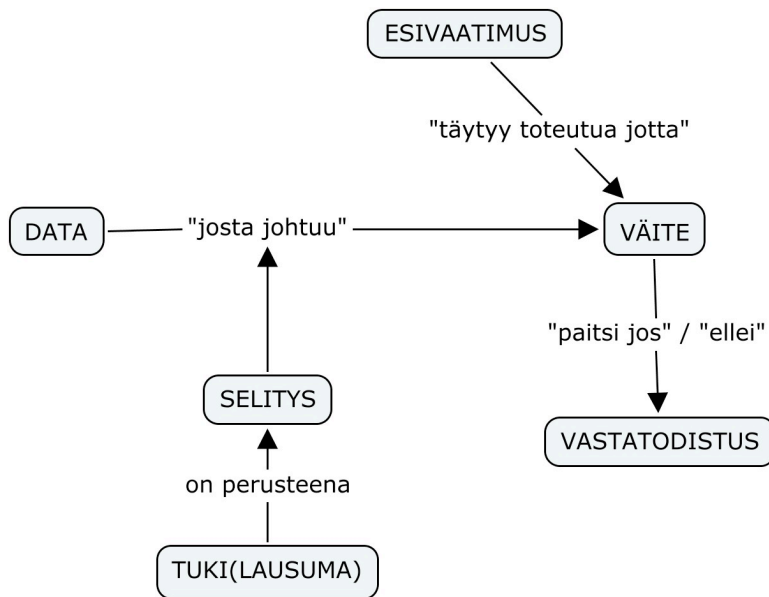
Argumentaatiolla tai argumentaation teoriolla tarkoitetaan tutkimusta siitä, miten johtopäätöksiin voidaan päätyä loogisten ajatusketjujen kautta. Ajatusketjuihin sisältyy usein väitteitä, jotka perustuvat esimerkiksi johonkin julkaistuun tietoon tai aikaisempaan kokemukseen.

Argumentaatiota käytetään usein väittelyissä ja neuvotteluissa. Tavoitteena on yleensä saavuttaa joko kaikkien hyväksymä lopputulos tai saada opponetti kääntymään omalle katsantokannalle. Argumentaation välineinä käytetään muun muassa logiikkaa ja erilaisia väliintuloja.

3.1 Argumentaation määritelmä

Tutkimuksen puitteissa on tärkeää tuoda esiin ero sanojen argumentaatio ja argumentti välillä. Tässä tapauksessa sanalla argumentti tarkoitetaan itse väitettä tai väiteketjuja ja niihin liittyviä perusteluja ja argumentaatiolla keskustelua, jossa käytetään argumentteja (mm. Osborne et al., 2004). On myös otettava huomioon, miten argumentaatio voi vaihdella eri yhteyksissä. Tässä tutkimuksessa käsitellään nimenomaan tieteellisiä argumentteja, joille on tyypillistä muun muassa yksinkertaistuksien rakentaminen (taksonomiat, lait jne.) sekä datan esittäminen havaintojen ja kokeiden perusteella (Newton, 1999).

Tässä tutkimuksessa käytetään argumentaation määrittelyssä ja arvioinnissa Toulminin (1958) argumentaatiokaaviota (kuva 3.1) sekä Erduran et al. (2004) sovellusta siitä. Tämä sovellus esitellään kappaleessa 3.2. taulukossa 3.1.



Kuva 3.1. Toulminin argumentointikaavio (1958).

Toulminin mukaan esitettävän väitteen eli argumentin tueksi tarvitaan dataa, jonka perusteella väitettävä asia tapahtuu tai on totta. Datan tueksi annetaan selitys, joka kertoo datan ja väitteen yhteyden. Selityksen tueksi voidaan esittää tukilausumia, jotka ovat yleensä ääneen lausumattomia oletuksia. Väitteille voidaan myös asettaa esivaatimuksia, eli esimerkiksi olosuhteet joiden täytyy olla tietynlaiset väittämän toteuttamiseksi. Lisäksi väitteille voidaan esittää vastaväitteitä, jotka kumoavat väitteen tai ovat sen kanssa muuten eri mieltä. Vastatodistukset eroavat vastaväitteistä siinä, että niiden taakse annetaan myös dataa ja selityksiä. (Toulmin, 1958)

3.2 Argumentaation tutkimus luonnontieteiden opetuksessa

Argumentaation osuutta ja käyttöä luonnontieteiden opetuksessa on tutkittu aktiivisesti 1990-luvun alkupuolelta alkaen (mm. Driver et al., 1994). Katsauksessaan argumentaation tutkimukseen luonnontiedeopetuksessa (2009) Tippett erittelee viisi trendiä, jotka tutkimuksissa mainitaan useimmiten kriteereiksi hyvälle argumentaation opetukselle:

1. Selkeät ohjeet auttavat oppilaita argumentoimaan paremmin.
2. (Täydennys)koulutus auttaa opettajia painottamaan argumentaatiota ja käyttämään sitä paremmin.
3. Kun hyväksyttävälle argumentoinnille asetetaan säännöt osallistuu useampi oppilas argumentaatioon.
4. Tarkat ohjeet ja sovitut säännöt argumentaatioon parantavat oppilaiden konseptuaalista muutosta ja kasvua.
5. Metakognitiivisilla taidoilla on yhteys kykyyn argumentoida.

Tippett on ottanut jokaiselle väitteelleen tukea vähintään kahdesta argumentaation tutkimuksesta (mm. Newton et al, 1999; Osborne et al., 2004).

Aikaisemmassa tutkimustiedossa on keskitytty melko paljon tutkimaan argumentaatiota opettajien näkökulmasta eli kuinka opettaja voi lisätä argumentaatiota ja keskustelua omassa opetuksessaan. Lisäksi muun muassa Erduran, Osborne ja Simon (2004, 2004, 2006) ovat suorittaneet laajan tutkimuksen, jossa tutkittiin sekä opettajien että oppilaiden kehitystä argumentaatiotaidoissa pitemmän ajanjakson aikana.

Driver et al. (1994) esittävät tutkimuksessaan luonnontieteellisen tiedon olevan sosiaalisesti muodostettua. Tällä perusteella heidän mielestään luonnontieteellisen opetuksen tulisi keskittyä enemmän luonnontieteiden sosiaaliseen puoleen kuin pelkkiin empiiristen tutkimusten tekemiseen. Tällaisessa opetustavassa opettaja toimisi auktoriteettina, joka esittelee uusia ideoita tai näkökulmia oppilaille sekä kuuntelee oppilaita opetuksen aikana ja tarjoaa heille lähtökohtia, joista jatkaa esimerkiksi tutkimusta. Opettaja siis tavallaan toimii tulkkina oppilaan arkitiedon ja tieteellisen maailman välillä. (Driver et al., 1994)

Tutkimuksessaan (2000) Driver et al. analysoivat argumentoinnin merkitystä luonnontieteissä ja sen opetuksen tärkeyttä. Driver et al. mukaan tämänhetkisessä opetuksessa luonnontieteellinen tieto esitetään niin sanotusti oikeana, muuttumattomana tietona. Tätä pidetään huonona lähtökohtana, sillä todellisuudessa luonnontieteellinen tieto on jatkuvan arvioinnin kohteena ja väittämille on aina esitettävä tarpeelliset perustelut. Driver et al. ehdottaakin, että luonnontieteiden opetuksessa olisi tärkeää esitellä oppilaille luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja aktivoida oppilaita keskustelemaan ja

kyseenalaistamaan tietoaan. Tätä kautta oppilaille voisi olla mahdollisuus myös saavuttaa parempi ymmärrys siitä, mitä he jo tietävät. (Driver et al., 2000)

Driver et al. (2000) ehdottavat, että esimerkiksi kokeellisten töiden tekemiseen olisi tehtävä muutos. Heidän tutkimuksensa mukaan kokeellisissa töissä yleensä lähdetään oletuksesta, että luonto jollain tavalla ”puhuu” oppilaalle kokeen kautta ja näyttää välittömästi oikeat vastaukset. Lisäksi kokeista odotetaan usein tiettyä ratkaisua ja poikkeavia tuloksia ei välttämättä oteta luokkatilanteessa lainkaan käsittelyyn tai koe kuitataan epäonnistuneeksi. Driver et al. myös osoittavat, että usein luokkatilanteessa opettaja johtaa argumenttien muodostusta eikä välttämättä anna oppilaille tilaisuutta muodostaa itse omia johtopäätöksiään tai haastaa omia ennakkotietojaan. (Driver et al., 2000)

Abi-El-Mona ja Abd-El-Khalick havaitsivat tapaustutkimuksessaan (2006), että oppilaat argumentoivat oppitunnilla enemmän, jos aihe kiinnostaa heitä. Laboratorioharjoitusten aikana oppilaat eivät argumentoineet juuri lainkaan ja kysymykset, joihin niiden aikana etsittiin vastauksia, olivat kuinka-tyyppisiä miksi-kysymysten sijaan. Tutkimukseen liitetyissä haastatteluissa oppilaat kykenivät kuitenkin kohtalaiseen argumentaatioon, joten tutkimuksessa pääteltiin argumentaation vähäisyyden johtuvan enemmän opetuksen puutteista kuin oppilaista itsestään.

Osborne, Erduran ja Simon ovat eritelleet luonnontieteiden opetuksessa käytettävää argumentaatiota kolmessa julkaistussa tutkimuksessaan (2004, 2004, 2006). Tutkimuksessaan *TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse* (2004) Erduran et al. kehittivät Toulminin argumentaatiokaavion avulla kaksi menetelmää argumentaation arviointiin. Datan, joka koostui oppituntien nauhoituksista, perusteella havaittiin, että suurin osa luokkahuoneessa tapahtuvasta argumentaatiosta on opettajajohtoista eli suuri osa luokkatilanteessa tapahtuvasta argumentaatiosta lähtee opettajan aloitteesta. Tämä tukee Driver et al. (1998) tekemää havaintoa argumentaation opettajajohtoisuudesta. Erduran et al. (2004) tekemän yhdeksän kuukauden ajan seurannan perusteella oppilaiden argumentaatiotaidoissa tapahtui lievää nousevaa kehitystä, kun argumentaatiotaitojen harjoittelua integroitiin opetukseen enemmän ja systemaattisemmin.

Tässä tutkimuksessa sovelletaan Erduran et al. (2004) laatimaa menetelmää (taulukko 3.1), joka tarjoaa analyttisen kehyksen argumentoinnin laadun arvioimiseen. Taulukossa on esitelty viisi erilaista tasoa argumentaatiolle. Tasolla 1 argumentaatio koostuu toisiaan tukevista väitteistä tai yksinkertaisista väitteistä ja vastaväitteistä. Tasolla 2 väitteiden tueksi on esitetty dataa, selityksiä tai tukiväittämiä, mutta vahvoja vastaväitteitä tai -todistuksia ei esitetä. Tasolla 3 argumentaatiossa esiintyy monta väitettä tai vastaväitettä, joiden tukena on dataa, selityksiä tai tukiväittämiä. Tällä tasolla mukana voi olla myös heikkoja vastatodistuksia. Tasolla 4 argumentaatiossa on havaittavissa väitteitä, joille esitetään selkeitä vastatodistuksia. Tämän tason argumentaatiossa voi esiintyä useita väitteitä ja vastaväitteitä väiteketjuina. Tason 5 argumentaatio eroaa edellisestä tasosta siinä, että sen aikana esitetään selkeästi useampi vastatodistus.

Tämän määritelmän mukaan argumentaation laadukkuutta arvioidaan vastaväitteiden ja erityisesti vastatodistusten perusteella. Kuitenkin esimerkiksi tasolla 3-4 argumentaation voidaan ajatella olevan hyvälaatuista, sillä silloin väitteiden tueksi on esitetty useampia perusteluja ja perustelujen taakse on annettu esimerkiksi dataa ja selityksiä. Vastaväitteiden ja -todistusten läsnäolo argumentaatiossa nostaa laatua silti enemmän. Jos esimerkiksi oppilaille esitetään vaihtoehtoisia näkemyksiä, joiden kautta he voivat peilata omia käsityksiään, saattavat he ymmärtää opittavan asian paremmin (mm. Osborne et al., 2004). Lisäksi argumentaatio, jossa ei esitetä lainkaan vastatodistuksia, käy nopeasti kovin yksipuoliseksi. Jos argumentteja ei selkeästi haasteta, voi keskustelu jatkua samansisältöisenä loputtomiin niin, että esimerkiksi argumenttien laatua ei pysähdytä arvioimaan (Erduran et al., 2004).

Taulukko 3.1. Analyyttinen kehys argumentoinnin laadun arvioimiseen. (Erduran et al., 2004)

Taso 1	Sisältää argumentteja, jotka etenevät selkeästi joko väite-vastaväite tai väite-väite.
Taso 2	Sisältää argumentteja, joissa väitteiden tueksi on annettu joko dataa, selityksiä tai tukilausumia. Ei sisällä vastatodistuksia.
Taso 3	Sisältää argumentteja, jossa sarja useampia väitteitä tai vastaväitteitä, joiden tukena on dataa, selityksiä tai tukilausumia. Voi sisältää heikon vastatodistuksen.
Taso 4	Sisältää argumentteja, joita vastaan on esitetty selkeä vastatodistus. Voi sisältää useampia väitteitä tai vastaväitteitä.
Taso 5	Pitkäkestoisempaa argumentaatiota (sisältää useita argumentteja tai argumenttiketjuja), jossa havaittavissa useampia vastatodistuksia.

Tutkimuksensa *Enhancing the Quality of Argumentation in School Science* (2004) perusteella Osborne et al. päättelivät, että opettajien on mahdollista kehittää opetusmenetelmäänsä niin, että se kannustaisi monipuolisempaan luokkahuonekeskusteluun. Jotta muutos voidaan saada aikaan, on opettajan nähtävä argumentaatio olennaisena osana luonnontieteiden oppimista. Tutkimuksene sisältyi opettajien täydennyskoulutusta, jossa opettajille annettiin työvälineitä argumentaation käyttämiseen opetuksessa. Tutkimuksessa havaittiin myös, että oppilaat argumentoivat laadukkaammin tieteen sosiaalisia osa-alueita koskevissa kysymyksissä kuin niin sanotusti puhtaan luonnontieteellisistä asioista. Tämä johtuu siitä, että ensimmäisessä tapauksessa oppilaat voivat käyttää perusteluina omia arkipäivän kokemuksiaan ja mielipiteitään, kun taas toisessa tapauksessa heillä on oltava käytössään riittävä määrä opittua tieteellistä tietoa. (Osborne et al., 2004) Tämän vuoksi on tärkeää, että oppilaille tarjotaan mahdollisuus joko tiedonhakuun tai että heille on opetettu asiasta riittävästi ennen kuin heitä vaaditaan esittämään tietystä aiheesta argumentteja.

Toisaalta Osborne et al.:n (2004) yhdeksän kuukautta kestäneessä interventiossa ei oppilaiden argumentointitaidoissa havaittu selkeää muutosta eli kehittyneemmän argumentointitaidon kehittäminen on pidempi prosessi. Jos oppilaiden argumentointitaitoja halutaan kehittää, on intervention oltava systemaattinen ja pitkäkestoinen.

Lisäksi tutkimuksessaan *Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom* (2006) Simon et al. toteavat, että kun opettajille esitellään argumentaation käyttöä opetuksessa, on tärkeää lähteä opettajan lähtökohdista. Ennen kuin opettaja voi käyttää argumentaatiota hyödykseen, on tämän tiedostettava mitä hän itse ajattelee esimerkiksi tieteellisten argumenttien muodostuksesta ja todisteiden esittämisestä. Argumentaatio olisi hyvä saada integroitua opettajan omaan näkemykseen opettamisesta. Tämän vuoksi on sekä tärkeää saada opettaja arvostamaan argumentaation tuomaa hyötyä opetukseen että ottaa opettaja mukaan suunnittelemaan argumentaation opettamiseen liittyviä materiaaleja. (Simon et al., 2006)

Simon et al. (2006) erittelivät tutkimuksessaan myös monia keinoja, joilla opettaja voi suunnata oppilaita argumentatiiviseen keskusteluun. Keinot jaettiin kahdeksaan luokkaan, jotka olivat puhuminen ja kuunteleminen, argumentin merkityksen tiedostaminen, puolen otto, todisteiden esittäminen, argumentin rakentaminen, argumentin arvioiminen, väittely sekä argumentaation reflektointi. Kuten opettajien on opittava löytämään argumentaation hyödyt opetuksessaan, on oppilaiden opittava puhumaan ja kuuntelemaan ja esittämään todisteita ennen kuin he voivat oppia argumentoimaan. (Simon et al., 2006)

3.3 Argumentaatio kouluopetuksessa

Argumentointi mainitaan peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2004) vaikkei sanaa argumentointi suoraan siinä käytetäkään. Kappaleen 7 *Oppimistavoitteet ja oppimisen keskeiset sisällöt* tavoitteissa sanotaan, että *oppilas oppii kehittämään tiedonhallintataitojaan sekä vertailemaan, valikoimaan ja hyödyntämään hankkimaansa tietoa*. Rakentaessaan argumenttia oppilaan on kyettävä löytämään väittämälleen perusteet ja kyettävä vertailemaan esimerkiksi eri tietolähteiden luotettavuutta.

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2004) 5.-6. luokan fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteissa ilmaistaan, että *oppilas oppii tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita*. Syy-seuraussuhteiden tunnistaminen ja rakentaminen on yksi osa argumentointia. Lisäksi *Hyvän osaamisen* kriteereissä mainitaan,

että oppilas osaa tehdä johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan, esittää mittaustuloksiaan esimerkiksi taulukoiden avulla sekä selittää luonnon perusilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita, esimerkiksi mitä suurempi massa kappaleella on, sitä vaikeampi se on saada liikkeelle tai pysäyttää. Jonkinasteista argumentaatiota vaaditaan oppilaalta siis jo peruskoulun ala-asteella.

7.-9. luokan kemian opetuksen yleisessä osassa (Opetushallitus, 2004) kerrotaan, että *opetuksessa edetään ilmiöiden tulkitsemiseen, selittämiseen ja kuvaamiseen sekä aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden mallintamiseen kemian merkkikielellä.* Tieteellisen kielen ja oikeiden termien käyttäminen on tärkeä osa argumentointia. Lisäksi tieteellisen ilmiön tulkinnassa ja selittämisessä oppilaan on osattava käyttää oppimaansa tietoa ja muodostaa niistä järkevät perusteet havainnoilleen.

Argumentoinnin yhtenä tavoitteena on saada oppilaat keskustelemaan niin, että he myös esittävät tarvittaessa vastaväitteitä toisten argumenteille. Kun argumentointi käydään keskusteluna muiden kanssa, on oppilailla mahdollisuus sekä vahvistaa omaa väitettään että kumota muiden väitteitä todisteilla. (Osborne et al., 2004)

Kun oppilas oppii käyttämään argumentaatiota työvälineenään, oppii hän samalla arvostamaan todisteiden linkittämistä väittämiinsä. On myös olennaista oppia ymmärtämään, miten tärkeää tieteellisen argumentin perusteleminen on. (Simon, 2008)

Harjoittelemalla kysymyksiin vastaamista ja argumenttien perustelua oppilaista tulee osa tieteellistä yhteisöä. Kirjojen valmiista oikeista vastauksista voi argumentoinnin ja kyseenalaistamisen kautta tulla oppilaiden omia vastauksia ulkoa opitun tiedon sijaan. (Newton, 1999)

3.3.1 Opettajan rooli argumentaation opetuksessa

Opettajan rooli argumentaation opetuksessa on tärkeä, sillä opettajan vastuulla on opettaa oppilaille argumentaation periaatteet ja esittää, miten argumentaatiota käytetään. Opettajan on omalla toiminnallaan mahdollista lisätä argumentaatiota luokkatilanteessa mm. esittelemällä vaihtoehtoisia teorioita ja esittämällä vastaväitteitä tai –kysymyksiä

oppilaiden vastauksille (Simon, 2008).

Jotta argumentaatiota voitaisiin käyttää opetuksessa tehokkaasti, on sekä opettajan että oppilaan oltava tietoinen siitä, mitä argumentti ja argumentaatio oikeastaan tarkoittavat ja millainen on hyvä argumentti. Yksi tapa opettaa tätä asiaa oppilaille, on antaa heille tarkasteltavaksi kaksi erilaista argumenttia, joista esimerkiksi toisessa on vain väite ja toisen tukena on sekä data että selitys. Kun oppilailta kysytään, kumpi edellisistä argumenteista on parempi, äänestävät oppilaat todennäköisesti paremmin perusteltua argumenttia. Tällöin opettaja voi käyttää oppilaiden omaa havaintoa hyväkseen perustellessaan sitä, miksi argumenttien perusteleminen on niin tärkeää. (Simon, 2008)

On otettava huomioon, että argumentoinnin lisäämisen opetukseen on oltava systemaattista. Jos opettajille esitetään esimerkiksi täydennyskoulutuksessa vain argumentaation perusteet eikä lainkaan perusteluja argumentoinnin käytölle opetuksessa, ei kehitystä saada aikaan. Opettajille tulisi tarjota valmiita materiaalia ja esimerkkejä siitä, miten argumentaatiota voidaan käyttää hyödyllisesti. (Simon, 2008)

3.3.2 Ongelmia argumentaation käytössä oppitunneilla

Newton (1999) esittelee tutkimuksessaan syitä siihen, miksi argumentaation tai yleisesti keskustelun käyttäminen opetusmenetelmänä on hankalaa. Tutkimuksessa haastateltiin 14 opettajaa. Suurimmaksi ongelmaksi argumentaation käytössä osoittautui aika, sillä opetussuunnitelman katsottiin olevan niin tiivis, että polveilevalle keskustelulle ei ole aikaa. Lisäksi keskustelun ylläpitämisessä ja siihen motivoimisessa on ongelmia. Syynä argumentaation vähäiseen käyttöön voivat olla myös tiedon ja kokemuksen puute. (Newton, 1999)

Argumentaatiota ei voi myöskään vaatia oppilailta tyhjästä, vaan oppilaille on esitettävä vaatimukset ja säännöt siihen, miten argumentaatiota käytetään (mm. Tippett, 2009). Opettajan on hyvä esimerkiksi argumentaation opetuksen alkuvaiheessa käyttää valmiita esimerkkejä tai työtapoja, jotta hänen oma varmuutensa argumentaation käyttöön kasvaisi (Simon, 2008).

3.4 Tiedon dimensiot

Osborne et al. (2004) toteavat, että oppilaalla on oltava tarpeellinen määrä taustatietoa jotta he voivat muodostaa laadukkaita argumentteja tieteellisessä kontekstissa. Tämän vuoksi argumentointitaitojen tutkimisen rinnalle tähän tutkimukseen otettiin mukaan tiedon tasot eli dimensiot (Krahtwohl, 2002). Tiedon dimensiot voidaan jakaa neljään pääkategoriaan, jotka ovat faktatieto, käsitetieto, käsitteellinen tieto ja metakognitiivinen tieto. Kategoriat on esitetty taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2. Tiedon dimensiot. (esim. Krathwohl, 2002)

Tiedon dimensiot	Sisältävät
Faktatieto	Tieto terminologiasta ja tiedon peruselementeistä.
Käsitetieto	Tieto luokituksista, kategorioista, periaatteista, yleistyksistä, teorioista, malleista ja rakenteista.
Menetelmätieto	Tieto oppiainekohtaisista taidoista ja algoritmeistä, tekniikoista ja metodeista sekä tietoa menetelmien käyttökriteereistä.
Metakognitiivinen tieto	Strategista tietoa sekä tarkoituksenmukaista kontekstuaalista ja konditionaalista tietoa sisältävistä tehtävistä ja itsetuntemusta.

Faktatieto sisältää tietoa terminologiasta ja opittavan tiedon peruselementeistä. Kemian kontekstissa tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi tietoa kemian symbolisesta merkkikielestä, alkuaineiden nimistä tai järjestyslukuista. (Krahtwohl, 2002; Tikkanen, 2010)

Käsitetieto sisältää tietoa luokituksista ja kategorioista, periaatteista ja yleistyksistä sekä teorioista, malleista ja rakenteista. Kemian kontekstissa tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi tietoa atomiteoriasta tai jaksollisesta järjestelmästä. (Krahtwohl, 2002; Tikkanen, 2010)

Menetelmätieto sisältää tietoa oppiainekohtaisista taidoista ja algoritmeistä, tekniikoista ja metodeista sekä tietoa menetelmien käyttökriteereistä. Kemian kontekstissa tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi tietoa turvallisista työskentelytavoista tai tutkimusmenetelmistä. (Krahtwohl, 2002; Tikkanen, 2010)

Metakognitiivinen tieto sisältää strategista tietoa, tietoa tarkoituksenmukaista kontekstuaalista ja konditionaalista tietoa sisältävistä tehtävistä ja itsetuntemusta. Kemian kontekstissa tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi tietoa kokeellisten menetelmien suorittamisesta. (Krathwohl, 2002; Tikkanen, 2010)

Tässä tutkimuksessa oppilailla oli lähtötietoina oppikirja, oppitunneilla opittu tieto ja muistiinpanot sekä mahdollisuus käyttää argumenttiensa perusteena omaa arkitietoaan tai tutkia asiaa empiirisesti itse. Voitaneen olettaa, että tutuimpia oppilaille ovat fakta- ja käsitetieto, sillä esimerkiksi oppikirjoissa esitetään usein nimenomaan tietoa terminologiasta ja teorioista. Opetuksen ja esimerkiksi kokeellisten töiden yhteydessä oppilas voi saada käyttöönsä myös menetelmä- ja metakognitiivista tietoa.

4. Kehittämistutkimus

Tämän kehittämistutkimuksen (Edelson, 2002) tavoitteena on kehittää käyttökelpoinen kemian oppimateriaali, joka tukee oppilaiden argumentointitaitojen kehittymistä samalla, kun oppilas oppii kemian asiasisältöjä. Tämän tutkimuksen puitteissa asiasisältönä on happamuus ja erityisesti käsite pH-indikaattori.

4.1 Tavoitteet

Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on luoda peruskoulun yläasteen kemian opetukseen oppimateriaali, jonka avulla sekä opitaan lisää happamuus-käsitteestä että harjoitellaan tieteellistä argumentaatiota.

Tutkimuskysymysten tarkoituksena on ohjata tutkimusta. Niiden avulla tutkimusta rajataan ja ohjataan sen suuntaa. Tämä kehittämistutkimus pyrkii vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten paljon happamuus-käsitteen opetuksessa käytetään ruoan ja ruoanlaiton kemiaan liittyviä esimerkkejä?
2. Millainen oppimateriaali tukee oppilaiden argumentointitaitojen kehittymistä?
3. Mitä argumentointitaitoja ja tietoja happamuudesta opitaan materiaalin avulla?

4.2 Tutkimuksen toteutus ja tutkimusaineiston analysointi

Edelson (2002) antaa kehittämistutkimuksen käyttämiselle opetuksen tutkimuksessa kolme hyvää syytä: 1) se tarjoaa mahdollisuuksia oppia ainutlaatuisia asioita, 2) se tuottaa käytännönläheisiä tuloksia, jotka ovat suoraan sovellettavissa ja 3) se sitouttaa tutkijat kehittämään opetusta suoraan.

Kehittämistutkimus koostuu neljästä vaiheesta:

1. Tarveanalyysi
2. Oppimateriaalin kehittäminen
3. Tutkimuksen suoritus
4. Tulosten tulkinta, arviointi ja oppimateriaalin jatkokehittely (Edelson, 2002).

Tarveanalyysi suoritettiin ja oppimateriaali suunniteltiin kevään 2012 aikana. Materiaali testattiin helmikuussa 2012 ensin Molekyyligastronomia-täydennyskoulutukseen osallistuneiden kemian ja kotitalousopettajien kanssa ja kehittämisen jälkeen vielä huhtikuussa 2012 yhden peruskoulun yläasteen yhdeksännen luokan kanssa.

Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena eli sen puitteissa analysoitiin vain yhtä luokkaa. Tapaustutkimuksen tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että tuloksia ei voida suoraan yleistää esimerkiksi koskemaan kaikkia yläkoululuokkia. Tulosten pohjalta voidaan kuitenkin tuottaa erilaisia hypoteeseja. (esim. Cohen et al., 2007; Flyvbjerg, 2011)

Tapaustutkimuksen etuna on muun muassa se, että siinä tutkitaan asiaa mahdollisimman realistisessa kontekstissa pelkän teoreettisen tarkastelun sijaan ja se mahdollistaa tutkijan hyvin tiiviin työskentelyn tutkimusaiheen parissa. Tapaustutkimuksen käyttö myös mahdollistaa subjektiivisemmän otteen aineiston käsittelyssä. Toisaalta on otettava huomioon, että tutkijan tiiviistä osallistumisesta voi aiheutua esimerkiksi puolueellisuutta tulosten analysoinnissa. (esim. Cohen et al., 2007)

Aineisto analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä. Teorialähtöisessä sisällönanalyysissä lähdetään liikkeelle tietystä teoriasta, jonka avulla määritellään tutkittava ilmiö. Ilmiötä tutkitaan aikaisemman tutkimuksen asettamista lähtökohdista, mutta uudessa kontekstissa. Analyysi on deduktiivista, eli ensin siirrytään yleisestä (teoria) yksityiseen (tutkimus), jonka kautta palataan takaisin yleiseen ja voidaan mahdollisesti tehdä joitakin uusia päätelmiä. (esim. Tuomi & Sarajärvi, 2009)

Oppilaiden argumentteja analysoidaan Erduran et al. (2004) käyttämällä menetelmällä, jossa hyödynnetään Toulminin argumentointikaaviota (1958). Toulminin argumentointikaavio on esitelty kappaleessa 3.1 ja Erduran et al. menetelmä kappaleessa

3.2. taulukossa 3.1.

Argumentaatiotaitojen rinnalle otettiin analysoitavaksi tiedon dimensiot, jotka on esitelty kappaleessa 3.3. Argumentaation tasoista ja tiedon dimensioista tehtiin 2-dimensionaalinen taulukko (taulukko 4.1.), johon oppilaiden keskustelut materiaalin väittämistä sijoitettiin.

Taulukko 4.1. Argumentaation ja tiedon dimensioiden arviointiin käytettävä taulukko. (Erduran et al., 2004; Krathwohl, 2002).

Argumentoinnin tasot	Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5
Tiedon dimensiot					
a. Faktatieto					
b. Käsitieto					
c. Menetelmätieto					
d. Metakognitiivinen tieto					

Koska tarkoituksena on tutkia nimenomaan oppilaiden argumentointitaitoja, ei argumenttien varsinaista sisältöä, sopii Erduran et al. (2004) käyttämä tutkimusmenetelmä myös tämän kehittämistutkimuksen tarkoituksiin. Argumenttia pidetään parempilaatuisena sen perusteella, mitä useampi Toulminin argumentointikaavion elementti siinä esiintyy. Lisäksi on huomattava, että vastaväitteiden esiintyminen argumentaatiossa yleensä parantaa myös väitteiden perusteluja (Simon, 2008). Vaikka argumenttien sisällön tutkiminen ei kuulunut sisällön tutkimuksen piiriin, käytiin väittämät oppilaiden kanssa materiaalin testauksen jälkeen läpi niin, että kaikki saivat tietää oikeat vastaukset perusteluineen.

Oppimateriaalin hyödyllisyyttä tutkitaan kyselylomakkeiden avulla. Nämä kyselylomakkeet ovat osa oppimateriaalin arviointia. Kysely toteutettiin oppilaille sekä ennen materiaalin toteuttamista että sen jälkeen.

4.3 Tarveanalyysi

Tarveanalyysi suoritettiin tammikuussa 2012 aineistolähtöisenä sisältöanalyysinä. (esim. Tuomi & Sarajarvi, 2009) Tarveanalyysin tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon

peruskoulun yläasteen kemian oppikirjoissa annetaan esimerkkejä ruoka-aineisiin tai ruoanlaittoon liittyen. Analyysissa tutkittiin neljää peruskoulun yläasteella käytössä olevaa oppikirjaa A-D. Analysoidut oppikirjat on lueteltu liitteessä 1. Kirjoista analysoitiin happamuutta ja emäksisyyttä käsittelevät kappaleet sekä niihin liittyvät tehtävät.

4.4 Oppimateriaalin laatiminen

Kehittämistutkimuksen tavoitteena oli luoda uudenlainen oppimateriaali happamuuden opettamiseen peruskoulun yläasteen kemian tunneille. Tutkimuksessa materiaalia käytettiin eräänlaisena kertauksena ja tietojen täydentämisenä happamuus-käsitteen opettamisen jälkeen.

Materiaalia voidaan käyttää myös johdatuksena happamuus-aiheeseen ennen kuin teoriataustaa on opetettu, mutta silloin argumentoinnin osuutta on syytä helpottaa tai poistaa se kokonaan sillä ilman happamuuden teorian opetusta se voi olla oppilaille liian haastava. Oppilasta ei tulisi vaatia argumentoimaan, ellei hänelle ole tarjottu mahdollisuutta opiskella aiheeseen liittyvää tietoa aiemmin (Osborne et al., 2004).

Materiaalin avulla voidaan myös integroida kemian ja kotitalouden opetusta niin, että aiheen teoria käydään läpi kemian tunnilla ja itse kokeellinen työ toteutetaan kotitalouden tunnilla. Tämä voi olla hyvä tapa käyttää materiaalia silloin, jos aika kemian oppitunneilla on rajallinen tai jos kotitalouden luokkaa tai muuta sopivaa tilaa ei saada koulussa kemian tunnin aikana käyttöön.

Materiaalin raaka-aineeksi valittiin mustikka sen helppokäyttöisyyden ja kiinnostavuuden vuoksi. Mustikan antosyaanien reagointi happamuuden muutokseen on selkeästi nähtävissä ja happamuutta on jälkiruoassa helppo muunnella kananmunan, maitotuotteiden ja sitruunamehun avulla. Lisäksi ajateltiin, että usein lähinnä jälkiruoissa käytettävä mustikka on oppilaista kiinnostavampi raaka-aine kuin esimerkiksi punakaali, joka myös reagoi mustikan tavoin happamuuden muutokseen.

Materiaaliksi muotoutuneen jälkiruoan resepti luotiin empiirisellä tavalla. Kun tiedossa oli miten mustikan antosyaanit reagoivat happamuuden muutokseen, valittiin mustikan kanssa

yhteensopivia makuja sekä helposti käytettäviä ja hankittavia raaka-aineita. Marjaiset rahkat ovat tuttuja jälkiruokia suomalaisessa ruokapöydässä kun taas jälkiruoan ylimmäksi kerrokseksi muodostunut valkuaisvaahto tunnetaan Norjassa jälkiruokana nimeltä ”peikkovaahto”, *trollkräm*.

4.5 Oppimateriaalin arviointi

Oppimateriaalin toimivuutta mitattiin kyselylomakkeella, jossa oli seuraavat kysymykset:

1. Mitä pH-arvolla ilmoitetaan?
2. Mitä tarkoittaa pH-indikaattori?

Kysely toteutettiin samansisältöisenä ennen kehitetyn oppimateriaalin opetusta ja sen jälkeen. Ennen oppimateriaalin opetusta oppilaat olivat opiskelleet happojen ja emästen kemiaa kaksi oppituntia.

Lisäksi sekä opettajien että oppilaiden keskustelut koskien materiaalin väittämiä nauhoitettiin ja litteroitiin. Väittämistä kerrotaan enemmän kappaleessa 5.2.2. Opettajilta kysyttiin nauhoitukseen lupa ennen materiaalin opetusta. Oppilaiden vanhemmille tiedotettiin tutkimuksesta ja nauhoituksesta ja pyydettiin lupa oppilaan osallistumiseen. Oppilaille kerrottiin tutkimuksesta edellisillä tunneilla ennen materiaalin käyttöä, ja nauhoitukseen kysyttiin lupa materiaalin opetuksen alussa. Osallistuminen tutkimukseen oli vapaaehtoista.

4.6 Oppimateriaalin kehittäminen

Argumentointitaitojen kehittymistä tukevan oppimateriaalin laatiminen on perusteltu aikaisempien tutkimusten perusteella (mm. Erduran et al., 2004), joissa on havaittu puutteita oppilaiden argumentointitaidoissa. Myös happamuus-käsitteen sekä happojen ja emästen kemian opetuksessa on omat haasteensa (mm. Dumon et al., 2007) ja siksi on hyvä, jos aihetta voidaan tuoda lähemmäs oppilaiden arkea.

Oppimateriaalia kehitettiin opettajilta saadun palautteen perusteella maaliskuussa 2012. Materiaali testattiin uudelleen huhtikuussa 2012 oppilaiden kanssa ja sitä muokattiin vielä uudelleen oppilailta saadun palautteen ja kehittäjän omien ajatusten pohjalta.

Lopulliset versiot materiaaleista löytyvät liitteistä 3, 4 ja 5.

4.7 Tutkimuksen luotettavuus ja pätevyys

Oppilaiden väittämiä koskevien keskustelujen luokittelut käytettiin vertaisarvioijalla. Vertaisarvioijalle annettiin käyttöön laadittu 2-dimensionaalinen taulukko (taulukko 4.1) sekä selitykset argumentaation ja tiedon tasoista. Sekä tutkija että vertaisarvioija luokittelivat tulokset ensin itsenäisesti ja keskustelivat luokittelun jälkeen tuloksista. Suurin osa tuloksista oli luokiteltu samalla lailla, eriävistä kohdista keskusteltiin ja saavutettiin lopulta konsensus.

Tutkimuksessa on otettava huomioon, että se on tapaustutkimus ja etteivät siitä saadut tulokset ole suoraan yleistettävissä koskemaan esimerkiksi koko ikäluokkaa. (esim. Cohen et al., 2007)

Oppimateriaalia testattiin oppilaiden kanssa heidän lukujärjestyksensä mukaisella kemian tunnilla, joka oli perjantain viimeinen tunti. Oppitunnin aika saattaa vaikuttaa tuloksiin jonkin verran, sillä oppilailla oli jo takanaan pitkä koulupäivä ja ajatukset saattoivat olla jo viikonlopussa. Lisäksi kotitalouden luokka oli epätavallinen pitopaikka kemian tunnille, joka on myös voinut vaikuttaa oppilaiden suhtautumiseen.

On otettava myös huomioon, että kyseinen oppitunti oli tutkimuksen tekijän opettajaopintoihin kuuluvan syventävän harjoittelun yksi oppitunti. Tutkimuksen tekijä oli opettanut ryhmää aikaisemmin kolmen oppitunnin verran. Tutkija ei siis ollut tilanteessa ulkopuolisena sivustakatsojana, vaan toteuttajana ja siksi tuloksia saatetaan tulkita oman mielikuvan takaa.

Tuntia olivat lisäksi seuraamassa harjoittelun ohjaava opettaja, yksi kotitalouden opettaja joka oli ryhmän luokanvalvoja sekä kaksi muuta auskultanttia. Ylimääräinen yleisö on siis myös voinut vaikuttaa oppilaiden käytökseen ja keskittymiseen.

5. Tulokset

Tässä kappaleessa esitellään tutkimuksessa saadut tulokset ja vastataan tutkimuskysymyksiin.

5.1 Ruokaan tai ruoka-aineisiin liittyvät esimerkit happamuuden opetuksessa

Tarveanalyysissa analysoitiin yhteensä viisi peruskoulun yläasteen kemian oppikirjaa, joista kaikissa esiintyi joitakin ruokaan tai ruoka-aineisiin liittyviä esimerkkejä. Tutkitut oppikirjat löytyvät liitteestä 1 ja tarveanalyysin tulokset liitteestä 2.

Yleisesti ottaen tutkituissa kemian kirjoissa oli melko paljon esimerkkejä ruokaan tai ruoka-aineisiin liittyen. Erityisesti esimerkkejä oli kuvien muodossa, yhteensä 21 kappaletta, seitsemässä kuvassa oli esimerkkinä sitruuna.

Tehtäviä, joissa esiintyi ruoka-aineiden kemiaa, löytyi kirjoista yhteensä yhdeksän kappaletta. Tutkimuksellisia näistä tehtävistä oli neljä kappaletta ja ne liittyivät lähinnä erilaisten kotoa löytyvien aineiden pH:n mittaamiseen. Ainoastaan yhdessä kirjassa (B1) on työohje, jossa on ruokaan tai ruoka-aineisiin liittyvä esimerkki. Tehtävässä tutkitaan indikaattoreita, joista yksi on punakaalimehu.

Tarveanalyysin perusteella voidaan päätellä, että oppikirjojen happamuutta käsittelevissä kappaleissa tarjotaan suhteellisen runsaasti ruokaan tai ruoka-aineiden kemiaan liittyviä esimerkkejä. Toisaalta happojen esimerkkeinä reaktioyhtälöissä ja tarkemmin esiteltävinä happoina on yleensä kemian teollisuudessa käytettyjä happoja kuten suolahappo ja rikkihappo.

5.1.1 Yhteenveto tarveanalyysista

Yhteensä ruokaan tai ruoka-aineiden kemiaan liittyviä esimerkkejä löytyi viidestä oppikirjasta 48 kappaletta. Eniten ruokaan ja ruoka-aineiden kemiaan liittyviä esimerkkejä

oli oppikirjoissa C ja D. Esimerkeistä 21 oli kuvia tai tekstejä, joihin on liitetty kuva. Taulukoita, joissa oli luokiteltu aineita pH-arvon mukaan ja joissa oli esimerkkeinä ruoka-aineita löytyi neljästä oppikirjasta.

Kaikista tutkituista oppikirjoista kirjaa B2 lukuun ottamatta löytyi esimerkkejä antosyaaneista. Kirjassa A oli yksi esimerkki, jossa mainittiin sekä mustikka että punakaali, kirjassa B1 kolme esimerkkiä, joissa mainittiin mustikka ja punakaali yhdessä ja erikseen, kirjassa C kaksi esimerkkiä, joista toisessa mainittiin mustikka ja toisessa punakaali sekä kirjassa D kaksi esimerkkiä, joissa molemmissa mainittiin punakaali.

Yleisimmät ruokaan tai ruoka-aineisiin liittyvät kuvat happamuutta käsittelevissä kappaleissa olivat sitruuna, joka mainittiin seitsemän kertaa, ja etikka tai etikkaan säilötyt vihannekset. Ruokasooda/leivinjauhe mainittiin neljä kertaa ja maito seitsemän kertaa. Mustikasta oli kuva kahdessa oppikirjassa, samoin punakaalista. Hiilihappoa sisältävästä juomasta oli kuva kolmessa oppikirjassa. Muissa ruoka-aineisiin liittyvissä kuvissa oli kuvattuina muun muassa pihlajanmarja, suklaa, salmiakki, kananmuna ja banaani.

5.2 Oppilaiden argumentointitaitoja tukeva oppimateriaali

Tutkimuksen yksi tulos on argumentointitaitojen oppimista tukeva oppimateriaali.

5.2.1 Oppimateriaalin toteutus

Oppimateriaali on suunniteltu toteutettavaksi 75 minuutin pituisella oppitunnilla. Oppimateriaali koostuu ohjeistavista dioista, työohjeesta ja väittämistä. Dioihin kuuluvat alustus argumentaatiosta, lyhennetyt työohjeet sekä väittämät läpikäyvä materiaali lyhyen lisätieto-osion kanssa. Diat löytyvät liitteestä 5. Oppimateriaalia voi käyttää esimerkiksi happamuuden ja happojen emästen kemian opiskelun jälkeen kertaavana materiaalina tai vaihtoehtoisesti introna aiheeseen. Introna käytettäessä argumentaatio-osiota täytyy kuitenkin helpottaa tai poistaa se kokonaan, sillä oppilaat eivät voi argumentoida jos heillä ei ole vielä tietoa asiasta.

Tippett (2009) esitteli tutkimuksessaan kriteerejä sille, millaista on laadukas argumentaation opetus. Tähän opetusmateriaaliin on liitetty pohjustus luonnontieteiden luonteesta sekä laadukkaasta argumentaatiosta. Argumentaatiota käydään läpi esimerkin avulla ja oppilaat saavat itse pohtia, mitkä seikat siinä tekevät argumentaatiosta vakuuttavamman. Hyvän argumentoinnin ominaisuudet on syytä käydä oppilaiden kanssa vielä yhteisesti läpi, jotta kaikki tietävät mitä tässä tapauksessa argumentoinnilla odotetaan.

5.2.2 Oppimateriaalin kokeellinen osio

Oppimateriaalin kokeellisen osion tarkoitus on tuoda uusi lähestymistapa kemian opetukseen soveltamalla sekä molekyyli-gastronomi- että argumentaation teoriaa. Molekyyli-gastronomi- käsitellään lähemmin kappaleessa 2 ja argumentaatiota kappaleessa 3.

Kokeelliseen osioon kuuluvat sekä jälkiruoan valmistaminen että kolmesta oikein-väärin-väittämästä keskusteleminen. Väittämiä pohtiessaan oppilailta on mahdollisuus tutkia käytettyjen raaka-aineiden happamuutta indikaattoripaperin avulla.

Väittämät työssä ovat seuraavat:

Emäksisessä ympäristössä mustikan mehu on punaista.
Mustikkamehu aiheuttaa rahkan happamuuden
Sitruunamehu on happamampaa kuin maitorahka.

Väittämät valittiin sillä perusteella, että yksi väittäjä on väärin, yksi oikein tai väärin tulkinnasta riippuen ja yksi oikein. Väittämät ovat tässä järjestyksessä. Väittämät on pyritty luomaan kiinnostaviksi ja suoraan työhön liittyviksi, koska oppilaiden oletetaan olevan kiinnostuneita ruoasta ja ruoanlaitosta. Oppilaat argumentoivat paremmin ja motivoituneemmin, jos aihe kiinnostaa heitä ja oppilaita ohjataan esittämään miksi-tyyppisiä kysymyksiä (Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2006).

Oppilailla on myös oltava riittävästi taustatietoa, jotta he voivat muodostaa kunnollisia argumentteja (mm. Tippett, 2009). Tässä tutkimuksessa ennen materiaalin opettamista oppilaat ovat opiskelleet kaksi oppituntia happoihin ja emäksiin liittyvää kemiaa sekä harjoitelleet pH-paperin käyttöä. Jos materiaalia käytetään opetuksessa, on otettava huomioon oppilaiden aikaisempi tietotaso. Lisäksi oppilaille tarjotaan mahdollisuus käyttää keskustelussaan apuna oppikirjaa ja kysyä tarvittaessa apua opettajalta. Jos oppilaat eivät ole ennen oppimateriaalin opetusta opiskelleet happoja ja emäksiä sekä etenkin indikaattori-käsitettä, on väittämien tutkimisen tueksi annettava oppilaille jokin erillinen materiaali.

Viimeisessä kehitysvaiheessa materiaaliin lisättiin vielä lisätietona maininta siitä, että mustikka on pH-indikaattori sekä muutamia alkuun auttavia lauseita oppilaille. Tällaiset apulauseet voivat auttaa oppilasta aloittamaan ja tuoda monipuolisuutta argumentaatioon (Osborne et al., 2004).

5.2.2.1 Mustikkatrion valmistaminen

Kokeellinen osio aloitetaan kertomalla lyhyesti työn kulku dian avulla. Oppilaille ohjeistetaan työn tärkeimmät vaiheet, jonka jälkeen heidät jaetaan neljän tai kolmen hengen ryhmiin, ohje on alun perin mitoitettu neljälle oppilaalle. Mustikkatrio-jälkiruoan (kuva 5.1) valmistamisessa on kolme vaihetta: rahkan valmistaminen, valkuaisvaahdon valmistaminen ja annoksen kokoaminen.

Rahkan ainesosista mustikka ja sitruuna ovat luonnostaan happamia ja maitorahka lievästi hapan. Kanamunan valkuainen sen sijaan on emäksistä. Happamissa olosuhteissa, siis rahkaosiossa, mustikan mehun väri on punainen tai violettiin vivahtava. Emäksisessä olosuhteissa, eli sekoitettaessa valkuaisvaahtoon mustikan mehun väri on sininen. Sinisen värin sävy riippuu esimerkiksi kananmunien tuoreudesta: vanhempi kananmuna on emäksisempi.

Työn teoriapohjana on tieto raaka-aineiden happamuuksista ja antosyaanien kemiasta. Lisäksi ainesosissa esiintyy kaksi oppilaille tuttua happoa, sitruunamehun sitruunahappo ja maidon maitohappo.



Kuva 5.1. Mustikkatrio-jälkiruoka.

5.2.2.2 Oikein-väärin-väittämät

Oikein-väärin-väittämiä käsitellään, kun kaikki ryhmät ovat saaneet jälkiruoat valmiiksi. Väittämät esitellään oppilaille ja he saavat pohtia niitä käyttämällä apunaan oppikirjaa sekä tutkimalla raaka-aineiden happamuutta indikaattoripaperin avulla. Oikein-väärin-väittämien avulla oppilas pääsee tarkastelemaan ja perustelevaan omia tietorakenteitaan (mm. Keeley, 2008).

Väittämiä voidaan käyttää joko opetuksen alussa tutkittaessa oppilaiden ennakkotietoja tai tarkastellessa oppilaiden oppimista. Oikein-väärin-väittämien käytössä opetuksessa on tärkeää muistaa, että lopuksi väittämät on käsiteltävä koko ryhmän kanssa yhteisesti tai jokaisen ryhmän kanssa erikseen. Jos väittämiä ei käsitellä yhteisesti, voi joillekin oppilaille jäädä väittämien sisältämästä oppisisällöstä vääriä käsityksiä. (mm. Keeley, 2008)

5.2.3 Oppimateriaalin oppisisältö

Oppimateriaalin avulla opittavia asioita mitattiin sekä kyselyn että argumentaatiotaitojen analyysin kautta. Kysely toteutettiin molemmissa materiaalin testausvaiheissa ennen ja jälkeen materiaalin opetuksen. Argumentaatiotaitojen osuutta tutkittiin nauhoittamalla oppilaiden keskustelut.

5.2.3.1 Opettajien vastaukset kyselyyn

Opettajat vastasivat kyselyyn Molekyyligastronomia-täydennyskoulutuspäivänä helmikuussa 2012. Aamupäivän aikana opettajien kanssa oli kerrattu happamuuden ja emäksisyyden teoriaa sekä tutkittu eri ruoka-aineiden happamuuksia. Kyselyn ensimmäinen osa toteutettiin ennen materiaalin toteuttamista ja toinen osa heti sen jälkeen. Paikalla oli 18 opettajaa.

Kyselyn tulokset on esitetty taulukossa 5.1. Kyselyn ensimmäisessä osassa opettajat vastasivat kaikki ensimmäiseen kysymykseen oikein. Sen sijaan toiseen kysymykseen tuli kolme väärää ja seitsemän osittain oikein olevaa vastausta. Yleisin väärä tai osittain väärä vastaus oli, että pH-indikaattori muuttaa jonkin tuotteen tai aineen pH:ta.

Taulukko 5.1. Opettajien vastaukset kyselyyn.

Vastausten lkm	Oikein	Väärin
Kysely 1:	18	-
Kysymys 1		
Kysely 1:	8	10
Kysymys 2		
Kysely 2:	18	-
Kysymys 1		
Kysely 2:	13	5
Kysymys 2		

Kyselyn toisessa osassa toiseen kysymykseen vääriä vastauksia oli kaksi kappaletta ja osittain vääriä kolme. Vastausta kysymykseen kaksi ei laskettu täysin oikeaksi, jos pH-indikaattorin värinmuutosta ei oltu mainittu vastauksessa.

5.2.3.2 Oppilaiden vastaukset kyselyyn

Oppilaat vastasivat kyselyn ensimmäiseen osaan ennen materiaalin opettamista oppitunnin alussa ja sen toiseen osaan heti materiaalin opiskelun jälkeen. Kysely suoritettiin huhtikuussa 2012. Oppilaita oli paikalla 13. Ennen materiaalin opetusta oppilaiden kanssa oli opiskeltu happoja ja emäksiä koulussa käytössä olevan oppikirjan mukaisesti. Opetuksessa oli käytetty jonkin verran ruoka-aineiden kemiaan liittyviä esimerkkejä, mutta esimerkiksi kananmunan ja mustikan pH:ta ei oltu oppitunnilla mitattu. Oppilaiden annettiin keskustella kysymyksistä lyhyesti pienryhmissä kyselyn ensimmäisessä osiossa. Kyselyn tulokset on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Oppilaiden vastaukset kyselyyn.

Vastausten lkm Kysymys	Oikein	Väärin
Kysely 1: Kysymys 1	13	-
Kysely 1: Kysymys 2	2	11
Kysely 2: Kysymys 1	13	-
Kysely 2: Kysymys 2	6	7

Kyselyn ensimmäisessä vaiheessa jokainen oppilas osasi selittää oikein mitä pH-arvo tarkoittaa. Vastaus hyväksyttiin oikeaksi, jos siinä oli mainittu sen ilmaisevan jonkin aineen happamuutta. Jos kysely olisi teetetty esimerkiksi lukiolaisilla, olisi vastaukseen

voinut vaatia mainintaa oksonium-ioneista, mutta se ei tämän kyselyn puitteissa ollut tarpeellista.

Sen sijaan ensimmäisessä osassa pH-indikaattoria koskevassa kysymyksessä oppilailla oli melko paljon vääriä vastauksia tai vaihtoehtoisia käsityksiä. Tähän kysymykseen täysin oikein osasi vastata kaksi oppilasta. Molemmissa vastauksissa pH-indikaattori oli kuvattu *aineeksi, joka vaihtaa väriä happamuuden mukaan*. Seitsemän oppilasta oli puolestaan vastannut pH-indikaattorin tarkoittavan indikaattoripaperia, näistä vastauksista usea oli muotoa *liuska, jolla mitataan happamuuden ja emäksisyyden arvoja*. Neljä oppilasta oli vastannut pH-indikaattorin olevan jokin happamuutta mittaava laite. Oppilaiden keskustelussa tuli lisäksi ilmi, että monella oppilaalla käsitteet katalyytti ja indikaattori menivät sekaisin ennen kuin heidän oppilastoverinsa korjasivat heitä.

Myös kyselyn toisessa vaiheessa jokainen oppilas osasi selittää oikein mitä pH-arvo tarkoittaa. Toisessa vaiheessa täysin oikeita vastauksia molempiin kysymyksiin löytyi yhteensä kuusi kappaletta. Lisäksi enää kaksi oppilasta kuvasi pH-indikaattorin tarkoittavan pH-paperia. Kolme oppilasta vastasi asian jääneen hieman epäselväksi ja yksi oppilas vastasi, että pH-indikaattori *vaihtaa väriä*, mutta happamuuden osuutta asiaan ei oltu vastauksessa mainittu.

Kyselyn osoittavat, että osa oppilaista oppi ainakin hetkellisesti käsitteen pH-indikaattori mikä vastaa materiaalin tavoitetta. Jos haluttaisiin testata syväoppimista, olisi kysely toteutettava myöhemmin esimerkiksi opetusjakson lopussa. Päivitetystä oppimateriaalissa mustikan indikaattoriluonne on tuotu paremmin esille, jotta käsitteen oppimista voitaisiin mahdollisesti lisätä.

5.3 Argumentaatiotaitojen tutkimus

Argumentaatiotaitoja tutkittiin nauhoittamalla opettajien ja oppilaiden keskustelut heidän pohtiessaan kokeellisen työn yhteydessä esitettyjä oikein-väärin-väittämiä. Oppilaita ohjeistettiin pohtimaan perusteluita sille, miksi väittämä on oikein tai väärin. Argumentaatiotaitojen luokitteluun käytettiin Erduran et al. (2004) suunnittelemaa määrittystapaa. Argumentoinnin laadun lisäksi keskusteluista määritettiin tiedon dimensiot

(Krathwohl, 2002). Arvioinnissa käytettiin tutkimusta varten laadittua taulukkoa (taulukko 4.1).

5.3.1 Opettajien argumentaatiotaidot

Opettajaryhmiä oli koulutuksessa viisi kappaletta, keskustelut nauhoitettiin kolmelta ryhmältä. Opettajien väittämiä koskevia keskusteluja käytettiin lähinnä taulukon käytön harjoitteluun sillä tutkimus on rajattu koskemaan oppilaiden argumentaatiotaitoja. Opettajien tulokset on esitetty taulukossa 5.3. Tuloksien perusteella on havaittavissa, että myös tutkimukseen osallistuneilla opettajilla oli hankaluuksia argumentaation käytössä. Kaikki ryhmät löysivät väittämiin oikeat vastaukset, mutta perustelut olivat usein ”koska se on niin”-tyyppisiä. Muutamassa kohdassa osattiin vedota aikaisempaan koettuun tietoon ja muutama ryhmä myös testasi väittämiä pH-paperin avulla.

Taulukko 5.3. Opettajien keskustelujen luokittelut laaditun taulukon (taulukko 4.1) avulla.

Väittämät	Väittävä 1	Väittävä 2	Väittävä 3
Ryhmät			
Ryhmä 1	1b	1b	2c
Ryhmä 2	2b	1b	1b
Ryhmä 3	2c	2c	3b

Ensimmäisestä väittämästä kaksi ryhmää argumentoi tason 2 ja yksi ryhmä tason 1 mukaisesti. Kaikki ryhmät käyttivät keskusteluissaan käsitetietoa. Toisesta väittämästä kaksi ryhmää argumentoi tason 1 ja yksi ryhmä tason 2 mukaisesti. Perusteluissa käytettiin käsitetietoa. Kolmannesta väittämästä yksi ryhmä argumentoi tason 1, toinen ryhmä tason 2 ja kolmas ryhmä tason 3 mukaisesti. Perusteluissa käytettiin käsite- ja menetelmätietoa. Opettajien tuloksien luokittelua ei ole käytetty vertaisarvioijalla.

5.3.2 Oppilaiden argumentaatiotaidot

Opettavassa ryhmässä oppilaita oli 13 ja materiaalin testauksen yhteydessä he muodostivat kolme kolmen hengen ja yhden neljän hengen ryhmän. Kahdessa ryhmässä oli pelkkiä tyttöjä ja kahdessa muussa ryhmässä pelkkiä poikia. Kaikkien ryhmien keskustelut

nauhoitettiin ja litteroitiin ja kaikkia väittämiä koskevat keskustelut luokiteltiin erikseen. Ryhmän 2 keskustelusta saatiin tulokset vain ensimmäisen väittämän osalta. Oppilaiden keskustelut luokiteltiin argumentaatiotaitojen luokitteluun tarkoitettua taulukkoa käyttämällä (taulukko 4.1). Tulokset on esitetty taulukossa 5.4.

Taulukko 5.4. Oppilaiden keskustelujen luokittelut laaditun taulukon (taulukko 4.1) avulla.

Väittämät	Väittäjä 1	Väittäjä 2	Väittäjä 3
Ryhmä 1	4b	1b	2b
Ryhmä 2	1b	-	-
Ryhmä 3	3c	2b	3b
Ryhmä 4	4c	1b	3b

Oppilaiden väittämissä käytettiin sekä käsite- että menetelmätietoa. Käsitetiedoksi määriteltiin esimerkiksi käsitteiden happamuus ja emäksisyys käyttäminen. Käsite neutraali muuntui kahden ryhmän keskustelussa *naturaaliksi*. Käsitettä indikaattori ei mainittu missään keskustelussa. Argumentaatio luokiteltiin menetelmätietoa käyttäväksi, kun sen aikana oli selkeästi tuotu esiin esimerkiksi indikaattoripaperin käyttäminen.

Oppilaat argumentoivat tasoilla 1 ja 3 kolmesti. Tason 1 argumentaatiossa väittämille oli esitetty vähäisiä tai ei lainkaan perusteluita. Tasolla 3 argumenttien tueksi oli tarjottu dataa ja selityksiä ja argumentaatiossa esiintyi heikko vastatodistus. Tasolla 2 ja 4 argumentointiin kahdesti. Tasolla 2 argumenttien tueksi oli jo annettu dataa ja selityksiä. Tasolla 4 argumentaatiossa oli esiintynyt vahva vastatodistus, jonka tueksi oli annettu dataa tai selityksiä. Keskimäärin korkeatasoisinta argumentaatiota käytettiin väittämässä 1.

Tulosten perusteella tutkimukseen osallistuneilla oppilailla oli kohtalaiset argumentaatiotaidot, jos luokitteluperusteena käytetään Erduran et al. (2004) käyttämää menetelmää. Toisin sanoen oppilaat osaavat käyttää argumentaatiossaan monia Toulminin argumentaatiokaavion (1958) osia. Jotta argumentaatiotaitojen oppimista voitaisiin todella mitata, tarvittaisiin pitempi interventiotutkimus. Tutkimuksessa oppilaat pääsivät kuitenkin ainakin lyhyesti tutustumaan luonnontieteellisen tiedon muodostumiseen sekä hyvän argumentin elementteihin. Tämän tiedon oppimista ei oppilailta testattu.

5.3.2.1 Esimerkkejä oppilaiden argumentaatiosta

Seuraavassa on esitetty neljä esimerkkiä oppilaiden keskusteluista. Esimerkeissä esitellään argumentaatiota tasolta 1 tasolle 4. Esimerkkeihin on merkitty argumentaation elementtejä.

Esimerkissä 1 oppilaat pohtivat, aiheuttaako mustikka rahkan happamuuden. Esimerkissä todetaan mustikan olevan hapan, eikä tiedolle ilmaista mitään selkeätä perustelua.

Esimerkki 1. Tason 1 argumentaatiota, käytetty käsitetietoa.

Onks mustikka hapan? (väite)

On.

On, siel on sitä nestettä ni. Kakkonen on [oikein]. (data)

Esimerkissä 2 opettaja eli tässä tapauksessa tutkimuksen tekijä on esittänyt ryhmälle johdattelevia lisäkysymyksiä. Kysyttäessä oppilas osasi perustella vastauksiaan.

Esimerkki 2. Tason 2 argumentaatiota, käytetty käsitetietoa. Lihavoidut kohdat ovat opettajan kommentteja.

Sitten tää kakkoskohta, niin mietitte mitä siin rahkassa on mikä on hapanta.

Kaikki [rahkassa oleva aiheuttaa happamuutta]. (väite)

Mikä sen aiheuttaa? Tuol on pöydäl myös mustikkaa jos.

No se sitruuna aiheuttaa. (data)

Ei me laitettu. (vastaväite)

Eikö? No miks se on sit punasta?(vastaväite)

No mitäs maidossa oli?

No maito on hapan. (väite)

Mm, joo, maidos on maitohappoo ja rahkahan on hapatetuote.

Eiks maito oo neutraali? (vastaväite)

No siis suhteellisen neutraali.

Mut siinä on maitohappoa. (selitys)

Niin. Ja jos oisitte laittaneet sitä sitruunamehuu niin se ois myös tuonut sitä happamuutta.

Mut mistä mä saan tietää muuttuks toi rahka happamaks?

Mittaa siitä pH.

Ai niinku nyt tästä rahkasta?

Vaikka, noi on ihan puhtaita pH-papereita.

Eli mä mittaan tän ja normirahkan pH:n. Eiku normirahka oli neutraalia.

(data)

No miten mä saan ton, vedä se siihen reunaan silleen.

Noin, tosta näkee sen värin jo.

Ei se paljoo muuttunut.

Vähän tummentu.

Eiku se maitohappo aiheuttaa ja se sitruuna. (väite)

Mut se mustikkamehu.. (vastaväite)

Eiku mustikkamehu aiheuttaa rahkan happamuuden koska me laitettiin sinne mustikkaa ja siit tuli [vähän happamempaa]. Kyllä, koska rahka oli muuten neutraalia. (väite, data, selitys)

Esimerkissä 3 on käytetty tason 3 argumentaatiota. Perusteluina on käytetty sekä tietoa arkikokemuksesta että testattu väitettä empiirisesti pH-paperin avulla.

Esimerkki 3. Tason 3 argumentaatiota, käytetty käsitetietoa.

Mut sit toi vika, toi kolmas, sitruunamehu on happamempaa kuin maitorahka, ei oo totta. Koska maitorahka on emäksistä. (väite, data)

Nii eli onhan sitruunamehu sit happamempaa. (vastaväite)

Eiku nii joo kyllä kyllä. Joo niin mä luin ton väärin.

Sitruunamehu on 2 ja maitorahka se on tyliin jotain naturellia. (data)

Mut mä kyl rupesin mieltii että maitorahkahan maistuu aika happamalta. (vastaväite)

Niin siis siinä on kyllä sellasta kitkeryyttä. Ekoil kerroil ku syö pelkkää sitä. (data)

Ni mä mietin et onks se sitten hapanta vai emäksistä.

Must tuntuu että se on emäksistä mut onks se hapattuu? (vastaväite)

Voi olla pitäis siit purkista vois kattoo.

Mut kyl sitruunamehu on happamempaa. (väite)

Niin koska se sitruuna on 2. (data)

Niin.

Tää ei oo korkeintaan ku ehkä joku kutonen tai vitonen. (selitys)

Niin sellasta naturaalia. (data)

Esimerkissä 4 väitettä ajatellaan ensin oikeaksi ja sille esitetään perustelut. Toinen oppilas haastaa väitteen vastatodistuksella, eli hän esittää oman väitteensä ja antaa sen tueksi dataa osoittaen, että rahkassa on sitruunamehua joten se ei ole emäksistä. Lisäksi oppilaat testasivat keskustelun jälkeen kananmunan pH:n ja havaitsivat sen emäksiseksi, joka myös osaltaan tukee vastatodistusta.

Esimerkki 4. Tason 4 argumentaatiota, käytetty käsitetietoa.

No mikäs tää nyt on, emäksisessä ympäristössä mustikan mehu on punaista.

Onks tää nyt oikeen vai väärin?

Joo on se totta kun jos löytää metsästä tuoreen mustikan ja puristaa niin se on punasta.

Niin ja tässä rahkasysteemissä se on kans punasta.

Mut onks tää rahka tää rahka?

Nii en kyl tiä.

Kun eiks ton pitäis olla happamassa ympäristössä mustikan mehu on punaista.

Mm.

Hei mut tääl on sitruunaa.

Nii on.

Ja se on hapan.

Joo.

Eli happamassa.

Eli se on väärin.

6. Johtopäätökset ja pohdinta

Tämän tapaustutkimuksen tavoitteena oli kehittää happamuuden kemiaan liittyvä oppimateriaali, jonka yhteydessä opittaisiin myös argumentaatiotaitoja. Tutkimuksen aikana havaittiin, että oppilailla on jonkinlainen käsitys argumentaatiosta, mutta he eivät välttämättä osaa esimerkiksi perustella vastauksiaan. Yksi syy tähän voi olla se, että luonnontieteiden opetuksessa ei aina välttämättä vaadita perusteluja vaan riittää, että esimerkiksi kokeellisessa työssä saavuttaa jonkin tietyn lopputuloksen. Osa oppilaista selvästi osoitti osaavansa muodostaa argumentteja, jos niitä heiltä nimenomaan pyydettiin.

Kuten edellä jo mainittiin, on argumentaatio olennainen osa luonnontieteitä. Ainoatakaan teoriaa tai luonnonlakia ei voida hyväksyä, ellei sen takana ole riittäviä perusteita. Uusi tieto julkaistaan usein arvioituissa artikkeleissa ja tuloksista käydään keskustelua esimerkiksi konferensseissa (mm. Driver et al., 2000). Argumentaatio on myös osa arkipäivää; joka päivä oppilas, kuten muutkin ihmiset, kohtaa erilaisia väitteitä mediassa ja kanssaihmisten kanssa keskustellessaan. Väitteet voivat koskea esimerkiksi ruoan terveellisyyttä tai eri energiamuotojen hyötyjä ja haittoja. Jotta oppilas osaisi tehdä päätöksiä tällaisista hänen elämäänsä vaikuttavista asioista, on hänellä oltava tietoa ensinnäkin argumentaation peruseriaatteista että siitä, millaisia ovat hyvät argumentit esimerkiksi juuri luonnontieteiden kontekstissa.

Oppilaiden nauhoitetuista keskusteluista voidaan päätellä, että tuloksien perustelu ei ole heille kovin tuttua. Väittämiin löydettiin jokaisessa ryhmässä oikeat vastaukset, mutta niiden itsenäisessä perustelemisessa ei aina onnistuttu. Toisaalta opettajan apukysymysten avulla oppilaat pääsivät päättelyissään eteenpäin (esimerkki 2). Kyse voi siis olla tottumuksesta: jos oppilaalta ei ole aiemmin vaadittu esimerkiksi hänen saamiinsa tutkimustuloksiin perusteita, ei oppilas niitä myöskään vapaaehtoisesti tarjoa. Tämä tukee Abi-El-Monan ja Abd-El-Khalickin (2006) tutkimustuloksia siitä, että oppilas kykenee usein tuottamaan vähintään kohtalaisia argumentteja, jos niitä häneltä nimenomaan vaaditaan.

Ongelma argumentaation vähyydessä ei siis ole ainoastaan oppilaista riippuvainen, vaan myös opettajalla on asiassa suuri rooli. Muun muassa Simon (2008) ehdottaa

tutkimuksessaan, että opettajien tulisi antaa opetuksessa enemmän tilaa oppilaiden ajatuksille ja auttaa oppilaita muodostamaan tietorakenteita itse sen sijaan, että tieto annettaisiin heille valmiina. Simonin (2008) mukaan hyviä keinoja lisätä argumentaatiota opetustilanteissa on esimerkiksi esittää vastakysymyksiä tai pyytää perusteluita, kun oppilas vastaa kysymykseen. Tällöin on kuitenkin pidettävä huolta siitä, että vastaustilanteesta ei tule oppilaille ahdistava. Jos luokassa on ilmapiiri, jossa on tilaa myös erehdyksille ja väärille päätelmille, uskaltanee useampi oppilas vastata kysymyksiin ja yrittää perustella omia vastauksiaan.

Tämän materiaalin alussa käytetty pohjustus hyvään argumentaatioon ei ole riittävä, jos oppilaat haluttaisiin todella saada argumentoimaan laadukkaasti. Sen sijaan argumentaation opetusta tulisi integroida tasaisesti opetuksen lomaan, sillä hyvän argumentaation opettaminen viidessä minuutissa on käytännössä mahdotonta. Lisäksi tällaisen jatkuvan argumentoinnin opettamisen myötä oppilaat oppisivat argumentointia paremmin. Kun materiaalia oli testattu oppilaiden kanssa, lisättiin väittämien yhteyteen alkuun auttavia lauseita. Näiden lauseiden avulla oppilas saattaa ymmärtää paremmin, millaisia perusteluita hänen tulisi esittää jotta hänen argumentaationsa olisi laadukkaampaa.

Jos oppilaiden argumentointitaitojen kehittymistä haluttaisiin todella seurata, olisi kehitettävä pidempikestoinen interventiotutkimus. Osborne et al. (2004) havaitsivat tutkimuksessaan, että yhdeksän kuukauden pituisen intervention aikana oppilaiden argumentointitaidossa havaittiin vain lievää kehitystä. Argumentaatiota oli kyseisessä tutkimuksessa lisätty ainoastaan luonnontieteiden opetuksessa.

Kiinnostava lähtökohta jatkotutkimukselle voisi olla kolmivuotinen interventio, jossa seurattaisiin yhtä luokkaa kolme vuotta koko peruskoulun yläasteen ajan. Tällaisessa tutkimuksessa argumentaatiota voitaisiin lisätä vähitellen ja argumentaatio tehdä tutuksi oppilaille jo seitsemännellä vuosiluokalla. Lisäksi opettaja ehtisi kolmen vuoden aikana tutustua ryhmään ja voisi tällöin käyttää sellaisia menetelmiä, jotka kyseiselle ryhmälle nimenomaan sopisivat. Jotta tällainen interventio onnistuisi tarvittaisiin siihen mukaan opettaja, joka olisi motivoitunut opettamaan oppilailleen myös argumentaatiota ja jonka omat taidot riittäisivät argumentaation pätevään opettamiseen.

Oppilaiden keskusteluista väittämien yhteydessä sekä tutkijan pitämien, materiaalin testausta edeltävien oppituntien perusteella on myös pääteltävissä, että happamuuteen liittyvät käsitteet aiheuttavat joitakin hankaluuksia. Emäksien kemia on oppilaille hankalampaa kuin happojen ja oppilaiden on hankalampi tunnistaa emäksisiä aineita kuin happamia. Oppilaat muun muassa tekivät johtopäätöksiä makroskooppiselta tasolta mikroskooppiselle; koska esimerkiksi maitorahka ei maistunut oppilaista ensin happamalta he ajattelivat sen olevan emäksistä. Emäs-käsitteen epäselvyyttä oppilaille ovat tutkineet muun muassa Dumon et al. (2007).

Toinen oppilaille epäselvä käsite on indikaattori. Käsite oli opeteltu tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden kanssa edellisillä tunneilla ja siitä oli ollut esillä useampia esimerkkejä. Sanana se kuitenkin vaikutti menevän helposti sekaisin sanan katalyytti kanssa tai indikaattorin ajateltiin tarkoittavan jotain pH:ta mittaavaa laitetta tai pelkkää indikaattoripaperia. Koska käsite osoittautui hankalaksi, lisättiin materiaalin toisessa kehitysvaiheessa väittämäosioon oppilaille vihjeeksi toteama, että mustikka on luonnon pH-indikaattori.

Edellisen perusteella voidaan päätellä, että indikaattorikäsitteen oppimiseen tarkoitettu materiaali voisi olla opetuksessa tarpeellinen. Indikaattorikäsitteen oppimista voisi helpottaa, jos tässä tutkimuksessa käytetyn työn lisäksi oppilaat valmistaisivat jollakin toisella tunnilla itse indikaattoria esimerkiksi punakaalista tai mustaherukkamehusta. Jos oppilaat pääsisivät konkreettisesti valmistamaan oman indikaattorin ja testaamaan sitä, voisivat he samalla haastaa omat käsityksensä ja saavuttaa paremman ymmärryksen indikaattorin toiminnasta (mm. Driver et al., 2000). Punakaali-indikaattorin valmistaminen on yksinkertaista ja se onnistuu myös rajallisilla välineillä.

Yleisesti ottaen tässä tutkimuksessa kehitetty oppimateriaali onnistui suhteellisen hyvin: yleistunnelma oppitunnilla oli positiivinen ja jokainen ryhmä sai työn tehtyä valmiiksi. Paikalla olleen harjoitteluohjaajan, ryhmän luokanvalvojan ja kahden auskultantin mukaan oppilaat olivat vaikuttaneet tyytyväisiltä ja kiinnostuneilta tehdystä työstä. Lisäksi yksi oppilasryhmä oli kommentoinut nauhalle, että kotitalouden luokassa pidetty kemian tunti oli kiinnostava ja että sellaisia tunteja voisi pitää myös useammin. Kolme oppilasta myös antoi vapaaehtoista kirjallista palautetta ja kertoi tunnin olleen mukava. Tästä voinee päätellä, että ruoan kemia on ainakin jossain määrin oppilaita kiinnostava konteksti.

Palautetta ei kuitenkaan kerätty systemaattisesti, joten kommenttien perusteella ei voida tehdä suoria johtopäätöksiä.

Tämän kehittämistutkimuksen päätavoitteena oli kehittää uudenlainen molekyyliastronomiiaa soveltava oppimateriaali happamuuden kemian opetukseen. Materiaalin kehittämisessä onnistuttiin ja siitä laadittiin kolme erilaista versiota, joista viimeisin on liitetty liitteisiin 3, 4 ja 5. Oppimateriaali toiminee parhaiten, kun sitä käytetään happojen ja emästen sekä happamuuden mittaamisen oppimisen jälkeen. Materiaalin avulla voidaan kerrata jo opittuja käsitteitä ja myös oppia uutta indikaattoreista.

Toisaalta tutkimus tarjoaa myös pienen katsauksen oppilaiden argumentointitaitoihin. Tulokset vastaavat melko hyvin aikaisemmin oppilaiden argumentaatiotaidoista julkaistujen tutkimusten tuloksia: oppilaiden argumentaatio on kohtalaista, mutta oppilailla ei välttämättä ole kokemusta argumentaation käytössä luonnontieteiden kontekstissa ja argumenttien ja sitä tukevien todisteiden luominen voi olla haastavaa. Oppilaat osasivat kuitenkin tarjota hyviä argumentteja, jos heitä autettiin alkuun johdattelvilla kysymyksillä. Havainto johdattelee lopputulokseen, että opettajan panostuksella ja ohjauksella on suurtakin merkitystä argumentaation lisäyksessä opetukseen.

Esimerkiksi Erduran et al. (2004) olivat saavuttaneet varsin positiivisia tuloksia interventiolla, jossa keskityttiin ensisijaisesti opettajien kouluttamiseen. Myös Suomen oloissa voisi olla sekä tarvetta että kysyntää täydennyskoulutukselle, jossa sekä opiskeltaisiin luonnontieteellisen tiedon muodostumista että argumentaation käyttöä opetuksessa. Opettajien argumentaatiotaitojen tutkiminen ei kuulunut tämän tutkimuksen rajauksen sisälle, mutta opettajilta kerätty data antaa viitteitä siitä, että argumentaation käyttöön keskittyvästä täydennyskoulutuksesta voisi olla hyötyä.

Loppupäätelmänä voidaan todeta, että kemian opetuksessa on tarvetta argumentaatiota tukeville materiaaleille sekä opettajien täydennyskoulutukselle argumentaation käyttöön. Integroimalla argumentaatiota opetukseen on mahdollista luoda luokkaan keskusteleva, jopa tiedeyhteisöä muistuttava ilmapiiri. Tässä tutkimuksessa kehitetty oppimateriaali vastaa omalta pieneltä osaltaan tähän haasteeseen, mutta se ei yksinään riitä, vaan tarvitaan sekä uutta materiaalia että systemaattista koulutusta opettajille.

Lähteet

Abi-El-Mona, I. & Abd-El-Khalick, F. (2006) Argumentative Discourse in a High School Chemistry Classroom. *School Science and Mathematics*, 106(8), 349-361.

Afaq, F., Syed, D.N., Hadi, N., Sarfaraz, S., Kweon, M., Khan, N., Zaid, M.A. & Mukhtar, H. (2006) Delphinidin, an Anthocyanin in Pigmented Fruits and Vegetables, Protects Human HaCaT Keratinocytes and Mouse Skin Against UVB-Mediated Oxidative Stress and Apoptosis. *Journal of Investigative Dermatology*, 127(1), 222-232.

Ahvenniemi, R. *Molekyyligastronomia opetuksessa: Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen kokeellisuuden avulla*, pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto, Helsinki, 2009. _<_ <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/ahvenniemi-r-2009.pdf>>, 5.5.2012.

Boss, P.K., Davies, C. & Robinson, S.P. (1996) Analysis of the expression of anthocyanin pathway genes in developing *Vitis Vinifera* L. Cv Shiraz grape berries and the implications for pathway regulation. *Plant Physiology*, 111(4), 1059-1066.

Chigurupati, N., Saiki, L., Gayser, C. & Dash, A.K. (2002) Evaluation of red cabbage dye as a potential natural color for pharmaceutical use. *International Journal of Pharmaceutics*, 241(2), 293-299.

Cohen, L., Lawrence, M. & Morrison, K. (2007) *Research Methods in Education*. London: Taylor & Francis.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994) Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(1), 5-12.

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000) Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.

Dumon, A., Ouertatani, L., Trabelsi, M.A. & Soudani, M. (2007) Acids and Bases: The Appropriation of the Arrhenius model by Tunisian Grade 10 Students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 483-506.

Edelson, D. (2002) Design Research: What We Learn When We Engage in Design.

Journal of the Learning Sciences, 11(1), 105-121.

Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004) TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.

Flyvbjerg, B. (2011) Case Study. Teoksessa Denzin, N.K. & Lincoln, Y.S. (2011) *The Sage Handbook of Qualitative Research* (s. 301-316) Thousand Oaks: Sage.

Food-Info. (2012) E-136 Anthocyan(in)s. <http://www.food-info.net/uk/e/e163.htm>, luettu 5.5.2012

Fooladi, Erik. (2011) Food culture centre for children opened in Oslo. <http://www.fooducation.org/2011/09/food-culture-centre-for-children-opened.html>, luettu 30.4.2012

Gupte, S. M., & Francis, F. J. (1964). Effect of pH adjustment hightemperature short-time processing on color and pigment retention inspinach puree. *Food Technology*, 18, 1645–1658.; *Food Chemistry*, 2007, 100(2), 609-615

Hopia, A. (2012) Molekyyligastronomia-blogi. <http://molekyyligastronomia.fi>, luettu 23.4.2012

Hudson, J. (2002) *Suurin tiede – Kemian historia (alk. The History of Chemistry)*. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino OY.

Jackson, A.H. (1976) Structure, Properties and Distribution of Chlorophylls. Teoksessa Goodwin, T.W. (Toim.) *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments* (s. 1-57). London: Academic Press Inc.

Jasien, P.G. (2010) You Said "Neutral", but What Do You Mean? *Journal of Chemical Education*, 87(1), 33-34.

Kalt, W., McDonald, J.E., Ricker, R.D. & Lu, X. (1999) Anthocyanin content and profile within and among blueberry species. *Canadian Journal of Plant Science*, 79, 617-623.

Karlsen, Anna Maria. (2012) Lag din egen margarin (Kunskap av fett). [http://www.geitmyra.no/portal/uf_kunnskap_om_fett_lag_din_egen_margarin/](http://www.geitmyra.no/portal/uf_kunnskap_om_fett_lag_din egen_margarin/), luettu 30.4.2012

Keeley, P. (2008) *Science Formative Assessment. 75 Practical Strategies for Linking Assessment, Instruction, and Learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Krathwohl, D.R. (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-128.

Kähkönen, M.P., Heinämäki, J., Ollilainen, V. & Heinonen, M. (2003) Berry anthocyanins. Isolation, identification and antioxidant activities. *Journal of the science of food and agriculture*, 83(14), 1403-1411.

Kärnä, P., Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012) Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011. Koulutuksen seurantaraportti 2012:2. Opetushallitus. Tampere: Juvenes Print.

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

LUMA-keskus. (2012a) International Symposium in Science Education (ISSE): Molecular Gastronomy on Science Education. <http://www.helsinki.fi/luma/isse/>, luettu 2.5.2012

LUMA-keskus. (2012b) Tietoa LUMA-keskuksesta. <http://www.helsinki.fi/luma/esittely>, luettu 8.5.2012

LUMA-sanomat. (2012) Molekyyligastronomia-täydennyskoulutuksessa kokattiin molekyylikananmunia. <http://www.luma.fi/artikkelit/molekyyligastronomia-taydennyskoulutuksessa-kokattiin-molekyylikananmunia>, luettu 27.3.2012

Lätti, A.K., Riihinen, K.R. & Kainulainen, P.S. (2008) Analysis of anthocyanin variation in wild populations of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 190-196.

McDougall, G.J., Fyffe, S., Dobson, P. & Stewart, D. (2007) Anthocyanins from red cabbage – stability to simulated gastrointestinal digestion. *Phytochemistry*, 68(9), 1285-1294.

Nakhleh, M.B. & Krajcik, J.S. (1991) The Effect of Level of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base and pH Concepts. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, April 7-10, 1991, Lake Geneva, Wisconsin.

Newton, P. (1999) The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.

Nørby, J.G. (2000) The origin and the meaning of the little p in pH. *Trends in Biochemical Sciences*, 25(1), 36-37

Opetushallitus. (2004) Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Vammala: Vammalan kirjapaino.

Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004) Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.

The Oxford Dictionary. (2012) Anthocyanin. <http://oxforddictionaries.com/definition/anthocyanin?region=us>, luettu 27.3.2012

Paiva, S.R.M. & Russell, R.M. (1999) b-Carotene and Other Carotenoids as Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 18(5), 426-433.

Ross, B. & Munby, H. (1991) Concept mapping and misconceptions: A study of high school students understanding of acids and bases. *International Journal of Science*

Education, 13(1), 11-23; *International Journal of Science and Mathematic Education*, 2007, 5(3), 483-506

Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J. (2006) Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2), 235-260.

Simon, S. (2008) Using Toulmin's Argument Pattern in the evaluation of argumentation in school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 31(3), 277-289.

Sjöberg, S. & Schreiner, C. (2010) The ROSE project. An overview and key findings. University of Oslo.

Slimestad, R. & Solheim, H. (2002) Anthocyanins from Black Currants (*Ribes nigrum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 3228-3231.

Swain, T. (1976) Nature and Properties of Flavonoids. Teoksessa Goodwin, T.W. (Toim.) *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments* (s. 425-461). London: Academic Press Inc.

Tanaka, Y., Sasaki, N. & Ohmiya, A. (2008) Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal*, 54(4), 733-749.

This, H. (2006) Food for tomorrow? How the scientific discipline of molecular gastronomy could change the way we eat. *European Molecular Biology Organization Reports*, 7(11), 1062-1066.

This, H. (2002) Molecular Gastronomy. *Angewandte Chemie International Edition*, 41(1), 83-88.

This, H. (2005) Molecular Gastronomy. *Nature Materials*, 4(1), 5-7.

Tikkanen, G. *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*, väitöskirja, Helsingin yliopisto, Helsinki, 2010.

Tippett, C. (2009) Argumentation: The Language of Science. *Journal of Elementary Science Education*, 21(1), 17-25.

Toulmin, S. (1958) *The Uses of Argument*. Cambridge: University Printing House.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009) *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Watson, D.J., Bushway, A.A. & Bushway, R.J. (2004) Separation of Peonidin and Cyanidin, Two Anthocyanidins, in Cranberries by Capillary Electrophoresis. *Journal of Liquid Chromatography and Related Techniques*, 27(1), 113-121.

Kuvat

Kuva 2.8. McDougall, G.J., Fyffe, S., Dobson, P. & Stewart, T. (2007) Anthocyanins from red cabbage – stability to simulated gastrointestinal digestion. *Phytochemistry*, 68(9), 1285-1294

Kuva 5.1. Linnea Töyrylä.

Liitteet

Liite 1. Tutkitut oppikirjat

A. Aspholm, S., Hirvonen, H., Hongisto, J., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H. ja Viiri, J. 2004. *Aine ja energia. Kemian tietokirja*. Porvoo: WSOY.

B1. Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. Ja Nyrhinen K. 2008. *AVAIN Kemia 1*. Keuruu: Otava.

B2. Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. Ja Nyrhinen K. 2005. *AVAIN Kemia 2*. Keuruu: Otava.

C. Ikonen, M., Tuomisto, M., Termonen, M. ja Perkkalainen, P. 2009. *Ilmiö Kemian oppikirja 7-9*. Korotan-Ljublana: Tammi.

D. Kangaskorte, A., Lavonen, J., Penttilä, A., Pikkarainen, O., Saari, H., Sirviö, J., Vakkilainen, K. ja Viiri, J. 2010. *Fyke 7-9. Kemia*. Helsinki: WsoyPro.

Liite 2. Tarveanalyysin aineisto.

Taulukko 1. Molekyyligastronomiaan ja ruoan kemiaan liittyvät asiat happamuuden käsittelyn yhteydessä.

Lähde	Mitä sanotaan	Visualisointi	Asiayhteys
A.	Sitruunan happaman maun saa aikaan sitruunahappo. Monet muutkin hedelmät ja marjat ovat happamia. Omenat sisältävät omenahappoa, puolukat bentsoehappoa. Hedelmät ja marjat säilyvät hyvin, koska mikrobien toiminta vaikeutuu happamissa oloissa. Moniin elintarviketeollisuudessa käytettäviin tuotteisiin lisätäänkin happoja, jotta tuote säilyisi paremmin. (s. 118)	Kuva vadillisesta sitruunoita. (s.118)	Hapan ja emäksinen.
A.	Luonnossa esiintyy happoja muuallakin kuin marjoissa ja hedelmissä. Raparperi ja ketunleipä sisältävät oksaalihappoa. (s.118)	-	Happamia aineita on paljon.
A.	Myös virvoitusjuomissa on hiilihappoa. (s.118)	-	Happamia aineita on paljon.
A.	Emäksiset aineet tuntuvat sormissa liukkailta, saippuamaisilta. Ruokasoodakin on emäksinen aine. Jouluruokana tuttu lipeäkala on emäksisessä	-	Pesuaineet ovat emäksisiä.

	liuoksessa liotettua turskaa. Lipeäkala onkin liotettava huolellisesti vedessä ennen ruoaksi valmistamista. (s.118)		
A.	Kasveista saatavan mehun väri muuttuu liuoksen happamuuden muuttuessa. Kasvimehuilla, kuten mustikalla ja punakaalilla, voidaan määrittää, onko liuos hapanta, neutraalia vai emäksistä. Mustikan väri on punainen happamassa ja sinertävä emäksisessä liuoksessa. Koska ihon pinta on lievästi hapan, mustikan väri on iholla punertava. Emäksisellä saippualla pestäessä väri muuttuu selvästi siniseksi. (s.120)	-	Värit kertovat happamuuden.
A.	Taulukko: pH-arvoja Hedelmiä: banaani 4,6; kirsikka 3,6; appelsiini 3,1; sitruuna 2,3 Muita aineita: kolajuoma 2,6; peruna 5,8; piimä 4,4; maito 6,5 (s.121)	-	pH-arvoja.
A.	Kokeile kotona: Saat opettajalta palan indikaattoripaperia kotiin. Määritä oppikirjan värikartan avulla eri aineiden pH-arvoja (esim. maito, ruokasooda, tomaatti, mandariini, limonadi, saippualiuos, yleispesuaine). Taulukoi tuloksesi vihkoon.	-	Tehtäviä kappaleeseen Hapan ja emäksinen.

	(s.123)		
B1.	Miksi sitruuna maistuu happamalta? Miksi mustikan tahraamat sormet muuttuvat pestessä sinisiksi? (s. 84)	Kuva mustikoita sisältävistä kahdesta korista. (s.84)	Happamat ja emäksiset aineet.
B1.	T2. Kemian väriaineita. Tutki erilaisia kemiassa käytettäviä indikaattoreita. Taulukossa yksi indikaattoreista punakaalimehu. (s.85)	-	Happamat ja emäksiset aineet: Tutkimuksia
B1.	Virvoitusjuomat maistuvat kirpeiltä, koska ne ovat lievästi <i>happamia</i> . Ne sisältävät hiilihappoa, joka on veteen liuennutta hiilidioksidia. Se tekee virvoitusjuoman happamaksi. Myös monet marjat ja hedelmät, kuten puolukka ja sitruuna, maistuvat happamilta. Hapan maku johtuu niiden sisältämistä hapoista. (s.86)	-	Monet ruoka-aineet ovat selvästi happamia.
B1.	Säilöntäaineena käytettävien etikka- ja oksaalihapon vesiliuokset ovat happamia. (s.86)	Kuva etikkakurkuista purkeissa. Kuvateksti: Etikkaa eli etikkahapon vesiliuosta käytetään ruuanlaitossa ja säilöntäaineena. (s.86)	Monet ruoka-aineet ovat selvästi happamia.
B1.	Liusten pH-arvoja: Maito 6; Banaani 5; piimä 4; etikka 3; sitruuna 2 (s.88)	-	Happamuusaste ilmaistaan pH-arvolla.
B1.	Luonnonindikaattoreita ovat esimerkiksi tee sekä punakaali-	-	Indikaattorit ilmaisevat

	ja mustikkamehut. (s.89)		liuoksen happamuuden tai emäksisyyden.
B2.	Miksi piimä ja sitruuna maistuvat happamilta? (s. 44)	Kuva sitruunoista. (s.44)	Hapot.
B2.	Kasveissa on monenlaisia happoja, esimerkiksi sitruunahappoa, joka tekee sitruunan ja monet muut hedelmät happamaksi. (s.46)	Kuva pihlajanmarjoista. Kuvateksti: Monet marjat ovat happamia niiden sisältämien happojen vuoksi. (s.46)	Luonnossa on monenlaisia happoja.
B2.	Raparperin happamuus taas on peräisin raparperissa olevasta oksaalihaposta. (s.46)	-	Luonnossa on monenlaisia happoja.
B2.	-	Kuva etikkakurkuista. Kuvateksti: Etikka on ruuanlaitossa ja säilönnässä käytettävä heikko happo. (s.47)	Hapot sisältävät vetyä.
B2.	Myös virvoitusjuomien sisältämä hiilihappo on heikko happo, joka saa juoman maistumaan kirpeältä. (s.47)	-	Hapot hajoavat vedessä ioneiksi.
C.	1. Mikä merkitys hapoilla on kuvan tilanteessa? (s. 151)	Kuva sitruunaviipaleesta juomalasissa, jossa kuplivaa nestettä. (s. 151)	Hapot.
C.	Ihmiset ovat jo tuhansia vuosia osanneet sanoa, että etikka, sitruunamehu ja monet muut ruoat maistuvat happamilta.	Kuva säilötyistä sipuleista ja kuva sitruunamehusta lasissa ja kannussa. (s.152)	Hapot.
C.	Heikkoja happoja ovat hiilihappo (H_2CO_3), etikkahappo (CH_3COOH) ja sitruunahappo ($C_6H_8O_7$). (s.	-	Vahvat ja heikot hapot.

	153)		
C.	Taulukko: Eräitä pH-arvoja. Sitruunamehu (2,4), kolajuoma (2,5), Etikka (2,9), Omenamehu (3,5), Kahvi (5,0), Tee (5,5), Maito (6,5). (s. 154)	-	Väkevät ja laimeat happoliuokset.
C.	Suolahappoa käytetään - - liivattteen valmistukseen - -. (s. 155)	-	Suolahappo, HCl
C.	Hiilihappo H_2CO_3 virvoitusjuomat, Etikkahappo CH_3COOH säilöntä (s. 158)	-	Hapot - kappaleen tiivistävä käsitekartta.
C.	5. Mitä happamia aineita olet syönyt tai juonut tänään? (s. 159)	-	Hapot – kappaleen tehtävä.
C.	9. Ota selvää a) mihin käytetään sitruunahappoa. (s. 159)	-	Hapot – kappaleen tehtävä.
C.	Lähes kaikki punaiset, siniset ja violetit kukat, hedelmät ja kasvinosat sisältävät kemiallisia yhdisteitä, antosyaaneja, joiden väri vaihtuu pH:n mukaan. Esimerkiksi mustikkamehun väri on voimakkaasti happamassa (pH < 3) liuoksessa punainen ja neutraalissa ja emäksisessä liuoksessa sininen. (s. 160)	Lähikuva mustikasta metsässä. (s. 160)	Happo-emäsindikaattorit.
C.	Punakaali sisältää useita eri antosyaaniyhdisteitä ja väriaineita, joten punakaalin väri vaihtelee happamassa	Kuva punakaalista, kuvateksti: Punakaalia voidaan käyttää pH-indikaattorina. (s. 160)	Happo-emäsindikaattorit.

	liuoksessa voimakkaan punaisesta violettiin ja edelleen emäksisessä liuoksessa vihreästä keltaiseen. (s. 160)		
C.	Emäksiset liuokset ovat syövyttäviä, maistuvat karvailta ja tuntuvat liukkailta. (s.162)	Kuva Fazerin tumman suklaan paloista, kuvateksti: Makeuttamattomassa tummassa suklaassa on karvas maku, mutta se ei ole emäs. (s. 162)	Emäkset.
C.	Ammoniakin ja suolahapon reaktiossa syntyy ammoniumkloridia eli salmiakkia: NH_3 (ammoniakki) + HCl (suolahappo) \rightarrow NH_4Cl (ammoniumkloridi) Kaupassa myytävä salmiakki sisältää ammoniumkloridin lisäksi sokeria, hiiltä väriaineena ja lakritsiuutetta. (s. 165)	Kuva salmiakkikarkeista (s. 165)	Ammoniakki, NH_3 .
C.	8. Ota selvää, mitä aineita tarvitaan, kun valmistetaan a) lipeäkalaa b) saippuaa. (s. 166)	-	Emäkset – kappaleen tehtävä.
C.	9. Täytä lasi kylmällä vedellä. Lisää veteen hyvin pieni määrä elintarvikeväriä. Lisää kaksi ruokalusikallista sokeria ja kolme teelusikallista ruokasoodaa. Purista sitruunanpuolikasta mehu ja lisää kuusi teelusikallista sitruunamehua lasiin. Sekoita.	-	Emäkset – kappaleen tehtävä.

	Mitä havaitset? Lisää halutessasi muutama jääpala. Juoma on valmista nautittavaksi. (s. 166)		
C.	Kotoa löytyy usein ruokasoodaa, joka on myös suola. (s. 168)	Kuva ruokasooda-purkista. (s. 168)	Suolat.
D.	Tulet koulusta kotiin ja syöt hieman välipalaa. Kun haukkaat ruisleipää, suussasi maistuu suolainen ja hapan. Juot päälle vettä, joka on oikeastaan lähes mautonta. Jälkiruuaksi on rahkaa, joten aistit jälleen happaman maun suussasi. Voit maistaa ruuassa suolaisen, makean ja karvaan maun. Mikä aiheuttaa aineiden happaman maun? (s. 124)	Kuva mansikkarahkasta. (s. 124)	Liuos voi olla hapan, neutraali tai emäksinen.
D.	Marjat, hedelmät ja piimät maistuvat happamilta. Niiden happamuus aiheutuu veteen liuenneesta haposta. (s. 124)	-	Aineita luokitellaan happamuuden mukaan.
D.	Happamia aineita, neutraaleja aineita, emäksisiä aineita. (s. 124)	Kuva piimästä, viilistä, leivästä, omenasta ja sitruunasta (hapan), suolasta ja vedestä (neutraali) ja ruokasoodasta ja kananmunasta (emäksinen). (s. 124)	Aineita luokitellaan happamuuden mukaan.
D.	Tee sekä jotkin marja- ja kasvimehut vaihtavat väriään	-	Liuoksen happamuuden voi

	<p>happamuuden mukaan, ja ovat siten indikaattoreita. Indikaattoreita voidaan valmistaa esimerkiksi punakaalista tai orvokista. (s. 125)</p>		<p>todeta indikaattorin avulla.</p>
D.	<p>Taulukko: Indikaattorin värit happamassa, neutraalissa ja emäksisessä liuoksessa. Puolukka: punainen → vaalean punainen → vihreä. Punakaali: punainen → violetti → sininen/vihreä/keltainen. (s. 125)</p>	<p>Taulukon ruudut väritetty kerrotuilla väreillä.</p>	<p>Liuoksen happamuuden voi todeta indikaattorin avulla.</p>
D.	<p>Esimerkki 1. Onko tutkittava liuos hapan, neutraali vai emäksinen? Päättele happamuus indikaattoritaulukon avulla. C) Liuoksen väri muuttui punaiseksi, kun liuokseen lisättiin punakaalimehua indikaattoriksi. Ratkaisu C) Koska punakaalimehun väri on liuoksessa punainen, liuos on hapan.</p>	<p>Kuva punakaalista, jota ympäröi viisi lasia. Laseissa liuoksia, joihin on laitettu punakaalimehua. Värimuutos voidaan havaita. (s. 125)</p>	<p>Liuoksen happamuuden voi todeta indikaattorin avulla.</p>
D.	<p>Esimerkki 2. Tutki sivun alareunan kuvasarjaa tuttujen aineiden vesiliuosten pH-arvoista ja vastaa kysymyksiin. a) Mitkä ovat happamia aineita?</p>	<p>Kuvat sitruunasta, etikasta, piimästä, banaanista, maidosta, vedestä ja soodasta. (s. 126-127)</p>	<p>pH-arvo ilmaisee liuoksen happamuuden.</p>

	<p>b) Minkä aineen pH-arvo on noin 2?</p> <p>Vastaus:</p> <p>A) Banaani, piimä, etikka, sitruuna - - ovat heikosti happamia aineita.</p> <p>B) Sitruunan pH-arvo on noin 2. (s. 126)</p>		
D.	Sitruhedelmät sisältävät sitruunahappoa ja maitotuotteet maitohappoa. (s. 127)	-	Vesiliuoksen happamuuden aiheuttaa oksoniumioni.
D.	184. Yhdistä oikea pH-arvo oikeaan tuotteeseen: pH = 10,5, pH = 6,5, pH = 2,3 ja pH = 8. (s. 129)	a) kuva leivinjauhepurkista ja lasista, jossa oletettavasti leivinjauheliuosta b) kaksi maitopurkkia d) sitruunoita lautasella (s. 129)	Tehtäviä kappaleeseen Liuos voi olla hapan, neutraali tai emäksinen.
D.	190. Tutki kotona: Valmista kolmeen eri lasiin erilaiset liuokset: 1. lasi: hapan etikkaliuos 2. lasi: neutraali vesi 3. lasi: emäksinen ruokasoodaliuos Tutki, miten indikaattorit vaihtavat väriä happamuuden mukaan. (s. 129)	-	Tehtäviä kappaleeseen Liuos voi olla hapan, neutraali tai emäksinen.
D.	Neutraloitumisreaktioiden tuotteita (s. 136)	Kuva suolasirottimisesta. Kuvateksti: ruokasuola NaCl (s. 136)	Neutraloituminen on hapon ja emäksen välinen reaktio.

D.	Useimmat ruoka-aineet ovat happamia. Esimerkiksi sitrushedelmät ja virvoitusjuomat ovat niin happamia, että ne pehmentävät ja liuottavat hampaan kiillettä. - - - Usein on kuitenkin hyvä juoda lasi maitoa tai syödä pala juustoa sen jälkeen, kun on syönyt hyvin happamia elintarvikkeita. Maito ja maitotuotteet neutraloivat suun happamuutta. Sylki ja maito ovat aineita, jotka pystyvät vastustamaan happamuuden muutosta tiettyyn rajaan saakka. Tällaisia aineita kutsutaan puskuriliuoksiksi. (s. 140)	Kuva lasista, johon kaadetaan maitoa. Ote kuvatekstistä: Maitotuotteet ovat myös puskuriliuoksia, ja ne neutraloivat happohyökkäystä. Siksi maitotuotteita on hyvä syödä happamien marjojen, hedelmien ja juomien nauttimisen jälkeen. (s. 140)	Puskuriliuokset vastustavat pH-arvon muutosta.
D.	208. Ota selvää, a) mitä eroa on leivinjauheella ja ruokasoodalla b) voiko leipomisessa käyttää leivinjauheen tilalla ruokasoodaa tai toisinpäin. (s. 141)	-	Tehtäviä Emäkset ja hapot ovat tärkeitä raaka-aineita – kappaleeseen.
D.	209. Tutki kotona. Ota pieni määrä marjahilloa ja laimenna sitä vedellä. Lisää seokseen puoli teelusikallista ruokasoodaa. Sekoita. Mitä huomaat? (s. 141)	-	Tehtäviä Emäkset ja hapot ovat tärkeitä raaka-aineita – kappaleeseen.

D.	-	<p>Kuva pullosta, josta kaadetaan kuplivaa nestettä lasiin. Kuvateksti: Kuvassa hiilidioksidia on liennut veteen. Hiilihapollisissa juomissa hiilidioksidia CO_2 on liuotettu veteen, jolloin veteen muodostuu hiilihappoa H_2CO_3. Hiilihappo reagoi veden kanssa vetykarbonaatti-ioniksi HCO_3^- ja oksoniumioneiksi H_3O^+. Oksoniumionit tekevät juomasta happaman ja raikkaan makuisen. (s. 144)</p>	<p>Epämetallioksidit voivat muodostaa happaman liuoksen.</p>
----	---	---	--

Liite 3. Mustikkatrion-ohje.

Mustikkatrio (neljälle)

Kolmikerroksinen mustikkajälkiruoka.

Raaka-aineet

Vahto (päälle)

1 valkuainen
noin 1 rkl sokeria
0,5 dl mustikoita (kokonaisina)

Rahka (keskelle)

250 g maitorahkaa
1 dl vispikermaa
noin 0,5 dl sokeria
1 rkl sitruunamehua
1 dl mustikoita (kokonaisina)

Pohjalle

0,5 dl mustikoita (kokonaisina)

Valmistus

1. Erottele kananmunan valkuainen ja vatkaa valkuainen kovaksi vaahdoksi. Lisää varovasti sokeri ja vatkaa hieman. Kääntelee mustikat vaahdon joukkoon.
2. Vatkaa vispikerma kuohkeaksi vaahdoksi ja lisää joukkoon rahka hyvin sekoittaen. Lisää sokeri, sitruunamehu ja mustikat. Sekoita hyvin.

Kokoa annos seuraavasti:

Laita lasin pohjalle hieman mustikoita. Nosta mustikoiden päälle rahka ja rahkan päälle vahto.

Nauti!

Liite 4. Materiaaliin liittyvät väittämät.

Mustikka on luonnon pH-indikaattori. Tutki tämän tiedon valossa seuraavia väittämiä ja päättele, ovatko ne oikein vai väärin. Esitä ratkaisuillesi perustelut. Apuna voit käyttää oppikirjaa ja indikaattoripaperia pH:n mittaamiseen.

Emäksisessä ympäristössä mustikan mehu on punaista.

Mustikkamehu aiheuttaa rahkan happamuuden.

Sitruunamehu on happamampaa kuin maitorahka.

Avuksi:

Mielestäni väittämä on väärin, koska...

Perusteluni tälle ovat...

Joku voisi väittää vastaan sanomalla...

Näin perustelisin oman kantani vastaväittäjälle...

Liite 5. Materiaalin diat.

MITEN TIETEELLINEN TIETO SYNTYY?

- o Tieteellinen tieto on alustavaa tietoa
 - "kunnes toisin todistetaan"
- o Tieteellinen tieto arvioidaan ja siitä **keskustellaan**, se on siis julkista
- o Sosiaalinen tapahtuma

TUTKITAAN PH:TA

- o Mustikkatrio-jälkiruoka
- o 3-4 hlön ryhmät

VÄITTÄMÄT

- o **Emäksisessä ympäristössä mustikan mehu on punaista.**
- o **Mustikkamehu aiheuttaa rahkan happamuuden.**
- o **Sitruunamehu on happamampaa kuin maitorahka.**



MUITA ESIMERKKEJÄ

- o Myös muissa marjoissa pH-indikaattoriominaisuutta, mutta mustikka yksi parhaista
- o Punakaali ja mustaherukka

MIKÄ TEKEE VÄITTÄMÄSTÄ HYVÄN?

- o Puolukkamehu on hapanta.
- o Mistä tiedät?
- o No se maistuu happamalta..
- o No mut jos siinä on sokeria niin se on makeaa.
- o Joo, mutta mun äiti on kemisti ja se on sanonut että se on hapanta.
- o No mistä se sen muka tietää?
- o No voin pyytää sitä tuomaan töistä pH-paperia ja sitten me voidaan mitata sen pH. Ja voidaan vaikka netistä tarkistaa, että mitä happoja siinä on.

OHJE

- o Oikeat määrät ohjepaperista
- o Erottele valkuainen, vatkaa se vaahdoksi, lisää sokeri ja mustikka.
- o Vatkaa erillisessä kulhossa vispikerma vaahdoksi, lisää rahka, sokeri, sitruunamehu ja mustikat. Sekoita tasaiseksi.
- o Annoksen kokoaminen: pohjalle mustikat, keskelle rahka, päälle valkuaisvahto.

MIKSI?

- o Mustikassa on antosyaaneiksi kutsuttuja aineita, joiden rakenne muuttuu pH:n mukaan
- o Antosyaanien väri riippuu niiden rakenteesta, joka heijastaa valoa eri tavoin
 - Esim. mustikassa oleva syanidiini luovuttaa emäksisessä ympäristössä vetyionin, väri sininen -> punainen

