

# **Kehittämistutkimus: Aquafaba eheyttävän opetuksen kontekstina yläkoulun kemian opetuksessa**

Tekijä: Henri Tunturi

Pro gradu-tutkielma

Kemian opettajankoulutusyksikkö

Kemian osasto

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

25.10.2018

Ohjaajat:

Maija Aksela

Johannes Pernaa

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET – UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty/Section Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Kemian laitos	
Tekijä – Författare – Author Henri Tunturi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Kehittämistutkimus: Aquafaba eheyttävän opetuksen kontekstina yläkoulun kemian opetuksessa			
Oppiaine – Läroämne – Subject Kemia (kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto)			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year 25.10.2018	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 67 + 21
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Eheyttävässä opetuksessa aihesisällöt pyritään liittämään toimivalla tavalla arkielämän konteksteihin. Vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan eheyttävässä opetuksessa tulee tarkastella todellisen maailman ilmiöitä ja teemoja siten, että opetuksen sisältö ja työtavat mahdollistavat näiden käsittelyn mielekkäinä kokonaisuuksina. Kemian opetuksen osalta korostetaan myös tutkimisen taitojen tärkeyttä osana opetukselle määritettyjä tavoitteita. Opetuksen tulee sen mukaan ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa sekä mahdollistamaan turvallinen ja johdonmukainen työskentely. Määritellyissä keskeisissä sisällöissä korostetaan turvallisen työskentelyn periaatteita ja perustyötaitoja, jotka antavat pohjan kokeelliselle työskentelylle. Samalla tutkimuksellisuus tukee käsitteiden rakentumista ja tutkimisen taitojen oppimista.</p> <p>Tämä opinnäytetyö on kehittämistutkimus, jossa kehitettiin eheyttäviä aquafaba -aiheisia kokeellisia töitä yläkoulun kemian opetukseen. Kehittämistutkimukseen kuului kaksi sykliä. Ensimmäisessä syklissä perehdyttiin tutkimuskirjallisuuteen ja opetussuunnitelmiin (teoreettinen ongelma-analyysi), tehtiin sisällönanalyysi tarkastelemalla neljää eri yläkoulun kemian oppikirjaa ja yhtä kolmiosaista yläkoulun kemian oppikirjasarjaa (empiirinen ongelma-analyysi I) ja luotiin ensimmäinen versio aquafaba -aiheisista kokeellisista töistä (kehittämistuotos I).</p> <p>Toisessa syklissä kehitettyjä töitä testattiin Helsingin yliopiston Kemianluokka Gadolinissa yhdellä vierailuryhmällä, minkä jälkeen oppilailta kerättiin palautetta e-lomakkeella ja vierailuryhmän opettajaa haastateltiin. Lisäksi ohjaajana tein omia havaintoja testauskerran aikana (empiirinen ongelma-analyysi II). Seuraavaksi tulokset raportoitiin ja tehtiin muutoksia työohjeisiin niiden perusteella (kehittämistuotos II). Tutkimuskysymykset olivat ”Millaisia asioita pitää ottaa huomioon aquafaba -aiheisia kemian oppimateriaaleja tai töitä kehitettäessä?”, ”Millaiset kokeelliset työt mahdollistavat aquafaban integroimisen yläkoulun kemian opetukseen?” ja ”Miten aquafaba soveltuu eheyttävän kemian opetuksen kontekstiksi?”.</p> <p>Kehitettyjen kokeellisten töiden todettiin soveltuvan hyvin käytettäväksi osana proteiinien opetusta yläkoulun kemiassa sekä luovan mahdollisuuden myös laajemmille oppiainerajat ylittävälle opetuskokonaisuuksille, joissa yhdistyisi esimerkiksi kemian ja kotitalouden opetus. Kokeelliset työt on saatavilla Helsingin yliopiston Kemianluokka Gadolinin työohjepankissa.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords kehittämistutkimus, eheyttävä opetus, ongelmalähtöinen oppiminen, kokeellinen työskentely, kemian opetus, aquafaba			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Ohjaajat: prof. Maija Aksela ja FT, ins. (AMK) Johannes Pernaa			

## Sisällys

1 Johdanto .....	5
2 Kehittämistutkimus .....	7
2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä .....	7
2.2 Tutkimuskysymykset .....	10
2.3 Kehittämistutkimuksen toteutus .....	10
2.4 Kehittämistutkimuksen luotettavuus .....	11
3 Teoreettinen ongelma-analyysi .....	13
3.1 Palkokasvit ja niiden kemiallinen koostumus .....	13
3.1.1 Proteiinit .....	15
3.1.2 Hiilihydraatit .....	18
3.2 Aquafaba .....	20
3.2.1 Vaahtoutuminen ja emulsio .....	20
3.3 Aquafaba opetuksessa .....	23
3.3.1 Kestävä kehitys opetussuunnitelmassa ja kemian opetuksessa .....	24
3.4 Eheyttävä opetus .....	28
3.4.1 Kemian eheyttäminen .....	30
3.5 Ongelmalähtöinen oppiminen (PBL) .....	32
3.5.1 Oppimistulokset .....	34
3.6 Kokeellinen työskentely .....	36
3.7 Yhteenveto teoreettisista näkökulmista .....	38
4 Empiirinen ongelma-analyysi I .....	40
4.1 Oppikirja-analyysi .....	40
4.2 Oppikirja-analyysin tulokset .....	40
4.3 Oppikirja-analyysin yhteenveto .....	42
5 Kehittämisprosessi: Oppimateriaalin kehittäminen ja tavoitteet .....	43
5.1 Kokeellisten töiden tallennus ja jakelu .....	44

6 Kehittämistuotos I .....	45
6.1 Aquafaban valmistus .....	45
6.2 Aquafaban ja kananmunan valkuaisen ominaisuuksien vertailu.....	45
6.3 Tuotosten arvioiminen tapaustutkimuksella.....	46
7 Empiirinen ongelma-analyysi II.....	47
7.1 Tapaustutkimus .....	47
7.2 Kyselylomake .....	47
7.3 Haastattelu .....	48
7.4 Havainnointi .....	49
7.5 Tulokset .....	50
7.6 Yhteenveto ja jatkokehitys .....	56
8 Johtopäätökset ja pohdinta .....	57
8.1 Aquafaba -aiheisia materiaaleja kehitettäessä huomioitavat asiat .....	57
8.2 Aquafaban integroiminen yläkoulun kemian opetukseen .....	58
8.3 Aquafaba eheyttävän kemian opetuksen kontekstina .....	60
8.4 Jatkotutkimus .....	62
Lähteet.....	64
LIITTEET .....	68

# 1 Johdanto

Yhdistyneiden kansakuntien (YK) 68. yleiskokouksessa julistettiin vuosi 2016 palkokasvien vuodeksi. Tavoitteena oli lisätä yleistä tietoisuutta palkokasvien ravitsemuksellisista hyödyistä osana kestäväää elintarviketuotantoa. Elintarviketuottajia pyrittiin kannustamaan tekemään yhteistyötä, jotta ihmiset saataisiin hyödyntämään enemmän palkokasvipohjaisia proteiineja ruokavaliossa ja että globaali palkokasvien tuotanto lisääntyisi. Tarkoituksena oli myös voida vastata haasteisiin, joita palkokasvien kaupankäynnissä kohdataan.

Erilaisten papujen ja palkokasvien tärkeys on noteerattu myös Suomessa. Vuonna 2018 Puutarhaliitto ry ja Kotimaiset Kasvikset ry nimesivät pavut vuoden vihanneksiksi. Perusteena oli erityisesti se, että tämän monipuolisen kasvisryhmän käytön ja viljelyn toivotaan lisääntyvän ammattiviljelmillä ja kotipuutarhoissa, sillä suomalaiset syövät papuja selvästi vähemmän moniin muihin maihin verrattuna.

Erilaisten palkokasvien ja papujen keitinliemestä on mahdollista valmistaa aquafabaa, jota käytetään erityisesti vegaaniruokavaliossa korvaamaan kananmunan valkuainen.

Aquafabaa voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten kakkujen, juustojen ja majoneesien valmistukseen (Twine, 2017). Tässä opinnäytetyössä esitellään kehittämistutkimus, jossa tarkastellaan aquafabaa eheyttävän opetuksen kontekstina yläkoulun kemian opetuksessa.

Eheyttävällä opetuksella tarkoitetaan aiheisältöjen kytkemistä erilaisiin arkielämän konteksteihin, joiden avulla opetettavat asiat voidaan käsitellä mielekkäämpinä kokonaisuuksina. Tällöin erilaiset abstraktit aiheisällöt esimerkiksi matemaattisten aineiden opetuksessa voidaan tuoda osaksi oppilaiden arkielämää, minkä vuoksi eheyttävän opetuksen vaikutuksen on tutkittu olevan suuri näiden oppiaineiden kohdalla. (Becker & Park, 2011) Tämän kehittämistutkimuksen tarkoituksena olikin selvittää, mitä kemian aiheisältöjä voidaan eheyttää aquafabakontekstin kautta yläkoulun kemian opetuksessa. Aquafaban käyttöä eheyttävänä kontekstina kemian opetuksessa ei ole aikaisemmin tutkittu, joten oli mielekästä selvittää, voiko kyseisen kontekstin kautta kehittää toimivia kokeellisia töitä jonkin kemian aihealueen opetuksen tueksi. Kehittämistutkimuksessa pyrittiin selvittämään, mitä asioita pitää ottaa huomioon aquafaba -aiheisia kemian oppimateriaaleja tai töitä kehitettäessä, millaiset kokeelliset työt mahdollistavat aquafaban integroimisen

yläkoulun kemian opetukseen sekä miten hyvin aquafaba soveltuu eheyttävän kemian opetuksen kontekstiksi.

Tutkielma koostuu yhteensä 8 luvusta. Luvussa 2 käsitellään kehittämistutkimuksen teoriaa, sen toteutusta ja luotettavuutta. Luku 3 pitää sisällään teoreettisen ongelma-analyysin, jossa käsitellään aluksi palkokasvien ja aquafaban kemiallisia ominaisuuksia. Tämän jälkeen tarkastellaan aquafabaa opetuksessa. Lopuksi kartoitetaan eheyttävän opetuksen taustateoriaa ja siihen liittyviä erilaisia opetusmetodeja. Luvussa 4 esitellään empiirinen ongelma-analyysi I ja sen tulokset. Tämä pitää sisällään oppikirja-analyysin, joka tehtiin tarkastelemalla neljää eri yläkoulun kemian oppikirjaa ja yhtä kolmiosaista yläkoulun kemian oppikirjasarjaa. Luvussa 5 esitellään kehitettyjen oppimateriaalien taustalla oleva kehittämisprosessi ja luvussa 6 ensimmäinen kehittämistuotos.

Luvussa 7 esitellään empiirinen ongelma-analyysi II, jossa kehitettyjä töitä testattiin Helsingin yliopiston Kemianluokka Gadolinissa yhdellä yläkoulun vierailuryhmällä. Testauksen jälkeen oppilailta kerättiin palautetta e-lomakkeella ja vierailuryhmän opettajaa haastateltiin. Lisäksi ohjaajana tein omia havaintoja testauskerran aikana. Tulosten pohjalta tehtyjä muutoksia työohjeisiin esitellään luvun yhteenvedossa. Luku 8 sisältää johtopäätökset ja pohdinnat. Aluksi vastataan tutkimuskysymyksiin, minkä jälkeen esitellään mahdollisuudet jatkotutkimukselle.

## 2 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus on suhteellisen nuori tutkimusmenetelmä opetusalailla. Vuoteen 2003 mennessä kehittämistutkimusartikkelien lukumäärä oli vain noin 50, kun taas vuoteen 2008 mennessä artikkeleiden lukumäärä oli jo yli 300. Kehittämistutkimus onkin vakiinnuttanut asemansa osana opetuksen tutkimusta 2000-luvun alusta ja sen käytön oletetaan tulevan lisääntymään entisestään. Kehittämistutkimus tunnetaan englanniksi nimillä *design research*, *design-based research* tai lyhenteellä DBR. (Anderson & Shattuck, 2012; McKenney & Reeves, 2013) Kehittämistutkimusten yleistymisen taustalla on Yhdysvalloissa ja muualla maailmassa tapahtuneet rahoituspoliittiset muutokset, joiden myötä kehittämistutkimuksille on nykyisin helpompi saada rahoitusta. Erityisesti peruskoulu- ja lukiotasolla on enenemissä määrin hyödynnetty kehittämistutkimuksia, mikä on joissain tapauksissa johtanut oppimistulosten ja oppilaiden asenteiden parantumiseen. Yleisellä tasolla kehittämistutkimusten lisääntyminen on myös lisännyt opetuksen tutkimisen merkityksellisyyttä. (McKenney & Reeves, 2013)

### 2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä

Kehittämistutkimuksen tarkoituksena on kehittää opetusta autenttisissa opetustilanteissa ja -ympäristöissä erilaisten opetusmenetelmien ja teorioiden kautta. Tutkimusmenetelmänä se on kuitenkin hyvin moniulotteinen, minkä vuoksi kehittämistutkimuksen metodille ei ole olemassa täysin yksiselitteistä määritelmää. Wang ja Hannafin (2005) kuvailevat kehittämistutkimusta systemaattisena, mutta joustavana metodologiana, jonka tarkoituksena on opetuksen kehittäminen iteratiivisen analyysin, suunnittelun, kehittämistuotosten ja niiden täytäntöönpanojen kautta. Tämä tehdään yhteistyössä tutkijoiden ja muiden sidosryhmien kanssa, minkä myötä saadaan tutkimuksen ja käytännön opetuksen kannalta hyödyllistä tietoa. Toisaalta taas Edelsonin (2002) mukaan kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmänä kehittämistä ja tutkimista yhdistävä syklinen prosessi, joka pitää sisällään teoreettisia ja kokeellisia vaiheita.

Alla olevassa taulukossa 1 on Barabin ja Squiren (2004) esittämä psykologisen kokeen ja kehittämistutkimuksen välinen metodologinen vertailu:

**Taulukko 1: Psykologisen kokeen ja kehittämistutkimuksen metodologinen vertailu.**  
(Barab & Squire, 2004)

Kategoria	Psykologinen koe	Kehittämistutkimus
<b>Tutkimuksen teon sijainti</b>	Suoritetaan laboratoriossa	Tosielämän tilanteissa, joissa suurin osa oppimisesta todellisuudessa tapahtuu
<b>Muuttujien määrä</b>	Usein yksi tai muutama toisistaan riippuva muuttuja	Useita toisistaan riippuvia muuttujia: esim. oppilaiden yhteistyö, käytössä olevat resurssit, sisältöjen oppiminen, opitun tiedon pysyvyys
<b>Tutkimuksen painopiste</b>	Keskittyy tunnistamaan muutaman muuttujan, jotka pidetään vakiona	Keskittyy karakterisoimaan tilanteen kaikessa kompleksisuudessaan
<b>Menetelmien käyttö</b>	Vain ennalta sovittujen menetelmien käyttö	Menetelmien toimivuuden arviointi ja joustava käyttö tarpeiden mukaan
<b>Sosiaalisten kanssakäymisten määrä</b>	Oppijoiden eristäminen toisistaan vuorovaikutusten hallitsemiseksi	Usein monitahoisia sosiaalisia vuorovaikutuksia, joissa osallistujat jakavat ideoita, häiritsevät toisiaan, jne.
<b>Tulosten tulkinta</b>	Keskitytään hypoteesien testaamiseen	Tulosten tarkastelu useasta näkökohdasta ja kokonaisvaltaisesti
<b>Osallistujien rooli</b>	Osallistujat ovat subjekteja	Osallistujat tuovat toisistaan eroavat asiantuntemuksensa osaksi suunnittelua ja analysointia



Kehittämisen prosessin alussa tulee tehdä erilaisia rakenteellisia päätöksiä, jotka määrittävät tutkimuksen tavoitteet ja rajoitteet. Kehittämistutkimuksella pyritään löytämään vastauksia seuraaviin kysymyksiin: 1) millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on, 2) miten kehittämisprosessissa edetään ja 3) millainen tuotos kehittämisellä voidaan saada. Näihin kysymyksiin vastaaminen kuuluu jokaiseen kehittämisprosessiin, vaikka vastaukset eivät olisikaan täysin yksiselitteisiä, tietoisia tai formaaleja. Lopulta kysymykset ja niihin vastaaminen muodostavat kehittämistutkimuksen kolme pääkategoriaa: ongelma-analyysin, kehittämisprosessin ja kehittämistuotoksen. (Edelson, 2002)

Ongelma-analyysissä (englanniksi *problem analysis*) pyritään selvittämään kehittämistutkimuksen haasteet ja tarpeet sekä määrittämään tavoitteet. Ongelma-analyysi voi olla teoreettinen tai empiirinen ja rakentuu usein tarveanalyysistä, testaamisesta tai arvioinnista. Tämän pohjalta tuotetaan kontekstisidonnaisia teorioita, jotka antavat tietoa oppimisesta ja opetuksesta jossain tietyssä opetuskontekstissa. Ongelma-analyysi on kaiken kaikkiaan sarja haasteiden, rajoitteiden, mahdollisuuksien ja tavoitteiden määritelmiä, jotka muodostavat linjaukset lopulliselle kehittämistuotokselle. (Edelson, 2002)

Kehittämisprosessissa (englanniksi *design procedure*) määritetään henkilöt ja prosessit, joita tarvitaan koko tutkimuksen suunnittelussa, valmisteluissa ja toteuttamisessa. Samalla määritetään, kuinka kehittämistuotosta tullaan testaamaan, arvioimaan ja jatkokehittämään. Kehittämisprosessi voi vaatia usein laajaa asiantuntemusta ja systemaattista prosessointia, jotta tavoitteet voidaan saavuttaa ja samalla tulee noudattaa kehittämitutkimukselle asetettuja rajoitteita. Kehittämisprosessissa tarkastellaan yleisesti koko kehittämitutkimusta, minkä avulla saadaan selville tutkimuksen eri vaiheet sekä miten yksilöt toimivat osana kokonaisuutta tai millaista asiantuntemusta kehittämiskontekstissa tarvitaan. (Edelson, 2002)

Kehittämistuotos (englanniksi *design solution*) on ongelma-analyysin haasteiden ja kehittämisprosessin mahdollisuuksien kautta muodostunut tuotos, joka on kehittynyt tutkimusprosessin edetessä ja tutkijoiden tietojen syventyessä. Kehittämistuotoksen arviointi perustuu tutkimusongelman jakamiseen useaan eri komponenttiin, sillä tutkimusongelmat ovat usein hyvin monitahoisia. Kehittämistuotos voi olla esimerkiksi jonkin tietyn ilmiön tai aihealueen opettamiseen soveltuva konkreettinen opetusmateriaali tai tietylle opiskelijaryhmälle suunniteltu kurssi. (Edelson, 2002)

## 2.2 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää eheyttäviä aquafaba -aiheisia kokeellisia töitä Kemianluokka Gadolinin työohjepankkiin. Tutkimuskysymykset olivat:

1. Millaisia asioita pitää ottaa huomioon aquafaba -aiheisia kemian oppimateriaaleja tai töitä kehitettäessä?
2. Millaiset kokeelliset työt mahdollistavat aquafaban integroimisen yläkoulun kemian opetukseen?
3. Miten aquafaba soveltuu eheyttävän kemian opetuksen kontekstiksi?

## 2.3 Kehittämistutkimuksen toteutus

Kehittämistutkimus pohjautuu tarpeeseen kehittää ja luoda uusia toimintatapoja opetukseen. Kehittämistutkimus alkaa teoreettisella ongelma-analyysillä, jolloin pyritään kartoittamaan aiheesta tehtyä aiempaa tutkimusta ja mikä alue vaatisi enemmän tutkimusta aiheen tiimoilta. Seuraavaksi suoritetaan tarveanalyysi, jolloin tutkimustarpeita analysoidaan tarkemmin ja pyritään löytämään niiden tuomat mahdollisuudet ja haasteet. Tarveanalyysi perustuu usein rajattuihin kyselyihin tietyille kohderyhmille tai kirjalliseen sisällönanalyysiin, jota tässä tutkimuksessa käytettiin. Tässä vaiheessa saadaan vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Toiseen kysymykseen saadaan vastaus kehittämisvaiheessa I, jolloin luodaan alustavalla tasolla kehittämisuotos aiemman analyysin pohjalta löydettyyn tarpeeseen. Empiirisessä ongelma-analyysissä II:ssä kehittämisuotos testataan tietyllä kohderyhmällä, kuten tässä tutkimuksessa oppilasryhmällä, minkä jälkeen seuraa Kehittämisvaihe II. Tämä pitää sisällään tuotoksen kehittämisen saadun palautteen pohjalta ja saadaan myös vastaus viimeiseen tutkimuskysymykseen.

Aksela ja Pernaa (2013) esittelevät kaksisyklisen kehitysprosessin, jota on käytetty myös tässä kehittämistutkimuksessa. Kehittämistutkimuksen laatijana vastasin kaikkien näiden vaiheiden toteutuksesta. Prosessin kuusi eri vaihetta on esitetty alla:

- 1) Teoreettinen ongelma-analyysi: Perehtyminen aiheeseen liittyvään aiempaan tutkimukseen ja kirjallisuuteen. Tehdään usein kirjallisuusanalyysillä, jolloin selvitetään tutkimuksen tila.
- 2) Empiirinen ongelma-analyysi I (Tarveanalyysi): Toteutettiin tässä kehittämistutkimuksessa yläkoulun kemian oppikirjojen sisällönanalyysinä.
- 3) Kehittämisvaihe I: Luotiin ensimmäinen kehittämistuotos aiemmista vaiheista saadun tarpeen ja tiedon pohjalta.
- 4) Empiirinen ongelma-analyysi II: Kehittämistuotos testattiin yläkoulun oppilailla ja heille osoitetun kyselyn, opettajan haastattelun sekä oman havainnoinnin perusteella voitiin selvittää tuotoksen soveltuvuus osaksi kemian opetusta käytännössä.
- 5) Kehittämisvaihe II: Kehittämistuotosta pyrittiin kehittämään tulosten analysoinnin pohjalta.
- 6) Raportointi: pro gradu -tutkielma.

## 2.4 Kehittämistutkimuksen luotettavuus

Kehittämistutkimus on parhaimmillaan hyvin käytännönläheinen, jolloin se on yleistettävissä ja sen tavoitteet ovat selkeät. Kehittämistutkimus saa osakseen myös kritiikkiä erityisesti suuren datamäärän aiheuttaman haastavan rajauksen vuoksi. Lisäksi muodostuu luotettavuusongelma liittyen kehittämistutkimuksen objektiivisuuteen, sillä tutkijoiden henkilökohtaiset näkökulmat ohjaavat raportointia. Kehittämistutkimuksessa kerätyn datan otoskoot nähdään myös usein kvantitatiivisesti hyvin pieninä. Tästä huolimatta kehittämistutkimuksen koetaan luovan teorioita, joita ei olisi välttämättä mahdollista saavuttaa eristetyn analyysin tai perinteisten empiiristen lähestymistapojen avulla. (Edelson, 2002) Kehittämistutkimus on ensisijaisesti laadullista tutkimusta, minkä vuoksi sen luotettavuutta ei ole mielekästä arvioida määrällisen tutkimuksen välinein, kuten validiteetin ja reliabiliteetin avulla. Sen sijaan paremmin kehittämistutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida tarkastelemalla tutkimuksen tai tuotoksen uskottavuutta, siirrettävyyttä, luotettavuutta ja vahvistettavuutta. (Tuomi & Sarajarvi, 2009)

Tässä tutkimuksessa luotettavuutta on pyritty parantamaan käyttämällä hyväksi jo aiemmin esitettyä Akselan ja Pernaan (2013) kaksisyklistä prosessia, jolloin kaksi empiiristä

ongelma-analyysiä ja kehittämisvaihetta mahdollistavat tiedon ja tulosten syvällisemmän tarkastelun ja niiden pohjalta tehdyn hiotun lopputuloksen. Näissä vaiheissa korostuu myös kehittämistutkimuksen monimenetelmäisyys, kun laadulliselle tutkimukselle ominaista havainnointia ja haastattelua tuetaan määrällisten mittausten eli kyselyn kautta.

Kehittämistutkimuksen luotettavuutta voidaan vahvistaa käyttämällä apuna triangulaatiota (Pernaa, 2013). Triangulaatiossa voidaan keskittyä metodeihin tai aineistoon ja tässä tutkimuksessa kehittämistuotosta pyrittiin kehittämään sisällönanalyysin, kyselyn, haastattelun ja havainnoinnin kautta laadullisin ja määrällisin keinoin saadun tiedon pohjalta. Laajemman kokonaiskuvan muodostuminen lisää luotettavuutta yhdessä tulosten konvergoitumisen kanssa, mikäli eri tutkimusmetodein saadut tulokset tukevat toisiaan.

Kehittämistutkimuksen todellinen käytännön arvo määrittelee sen luotettavuuden hyvin merkittäviltä osin. Kehittämistuotoksen on sisällettävä toimia ratkaisuja käytännön opetukseen ja mahdollisesti myöhemmin oltava sovellettavissa suurempiin käyttökohteisiin opetuksessa. (Barab & Squire, 2004) (Edelson, 2002) Tämän tutkimuksen pohjalta tehtyä kehittämistuotosta arvioitiin yläkoulun kemian oppilailta ja opettajalta saatuun palautteeseen ja arviointeihin sekä omaan havainnointiin pohjautuen. Tuotos testattiin varsinaisessa opetuskäytännössä, mikä korostaa sen toimivuuteen liittyvää luotettavuutta.

### 3 Teorettinen ongelma-analyysi

Tässä luvussa tarkastellaan aquafaban valmistuksessa käytettävien palkokasvien kemiaa sekä aquafaban ominaisuuksien kannalta tärkeimpiä ravintoaineita. Lisäksi käsitellään tarkemmin aquafaban kemialliseen sisältöön ja ominaisuuksiin liittyvää tutkimustietoa sekä tarkastellaan, miten aquafabaa on tutkittu kemian opetuksessa ja miten siihen liittyvää kemiaa käsitellään opetussuunnitelmassa. Tämän jälkeen käsitellään eheyttävän opetuksen taustateoriaa erityisesti kemian opetuksen näkökulmasta sekä eheyttävän opetuksen taustalla olevia erilaisia työtapoja. Lopuksi tarkastellaan teoreettisen näkökulmien pohjalta, millaisia eheyttäviä kokeellisia töitä olisi mahdollista kehittää aquafabakontekstissa.

#### 3.1 Palkokasvit ja niiden kemiallinen koostumus

Palkokasvit, kuten herneet, pavut, linssit ja maapähkinät, ovat olleet merkittävä osa monien alueiden ruokavaliota läpi historian. Nykyisinkin moniin keittiöihin Aasiassa ja Etelä-Amerikassa kuuluu erilaisten palkokasvien laajamittainen käyttö. Toisaalta taas länsimaaisissa kulttuureissa on havaittu palkokasvien käytön vähentyneen viimeisen sadan vuoden aikana. Erityisesti pavuilla on hieman huono imago siinä mielessä, että ne on saatettu nähdä ”köyhän miehen lihana” viitaten elintasoeroihin. Kasvisruokavaliota noudattavien keskuudessa palkokasvien käyttö on sen sijaan merkittävästi suurempaa, mikä näkyy usein erilaisten lihatuotteiden korvaamisena palkokasveilla. (Messina, 1999) Palkokasveja käytetään erilaisissa elintarvikevalmisteissa yksinään tai yhdessä viljan kanssa, koska viljaproteiineista puuttuu yleensä erilaisia välttämättömiä aminohappoja. Palkokasvit ovatkin merkittävä ravinnonlähde köyhimmillä alueilla, koska se on edullista ja hyvä proteiininlähde. Tämän lisäksi eläinperäisten proteiinien tuottamisella on korkeat kustannukset. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Palkokasvit ovat hyviä hitaasti vapautuvien hiilihydraattien lähteitä (Tharanathan & Mahadevamma, 2003) ja ne soveltuvat hyvin ihmisen ruokavalioon, sillä ne sisältävät hiilihydraattien lisäksi paljon proteiineja, kaloreita sekä tiettyjä mineraaleja ja vitamiineja. Eri palkokasvilajit eroavat toisistaan ravintosisällöltään, mihin vaikuttavat myös viljelymaaperän laatu ja ilmasto-olosuhteet. (Iqbal, Khalil, Ateeq & Khan, 2006)

Ruuanlaitossa palkokasvit prosessoidaan usein jollakin tavalla ennen syömistä, kuten esimerkiksi kypsennetään. Tämä lisää ensisijassa niiden maittavuutta, mutta parantaa myös erilaisten ravinteiden biosaatavuutta. Tärkkelys on palkokasvien pääasiallinen biopolymeerinen ainesosa ja osa siitä muokkautuu kypsennyksen myötä kestäväksi tärkkelykseksi (*englanniksi resistant starch (RS)*). Kestävä tärkkelys on ikään kuin ihmisen vahingossa kehittämä toimiva ravinnekuitu, joka mahdollistaa korkealaatuisten elintarvikkeiden valmistamisen ja syötynä edistää ihmisillä paksusuolen terveyttä. Palkokasvien tärkkelyksen hidas hajoaminen johtuu sen sisältämästä amyloosista, joka on molekyylinä hyvin haaroittunut ja sillä on suuri molekyylipaino. Palkokasvit sisältävät myös runsaasti monenlaisten polysakkaridien heterogeenisistä seoksista muodostuvia ravinnekuituja. Niitä on runsaasti palkokasvien kuorissa ja niillä on todettu olevan monia terveysvaikutuksia. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Useat raportit osoittavat, että palkokasvien sisällyttämisellä päivittäiseen ruokavalioon on monia hyödyllisiä fysiologisia vaikutuksia erilaisten metabolisten sairauksien, kuten diabeteksen, sepelvaltimotautien ja paksusuolen syöpien, hallitsemisessa ja ehkäisemisessä. Kiinnostusta on myös herättänyt palkokasvien rooli erityisesti aineenvaihduntasairauksista kärsivien ruokavaliossa. Palkokasvit kuuluvat ryhmään ruoka-aineita, jotka antavat verensokerimittauksissa alhaisimman verensokerin vastauksen. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

On todettu, että itäneet palkokasvit sisältävät runsaasti C-vitamiinia ja joissakin yksilöissä on todettu riboflaviinin ja niasiinipitoisuuksien kasvaneen itämisen jälkeen. Erilaisten entsyymien kuten amylaasin, proteaasin, fytaasin ja lipaasin aktiivisuus lisääntyy palkokasvien itämisen aikana. Monet palkokasveista sisältävät toisaalta myös erilaisia myrkyllisiä yhdisteitä ja entsyymejä, kuten proteaasi-inhibiittoreita, hemagglutiniineja ja kasvun inhibiittoreita, joiden toiminta osittain tai kokonaan eliminoidaan eri käsittelymenetelmillä. Lämpökäsittely yleensä parantaa palkokasvien proteiinien ravintoarvoa inaktivoimalla edellä mainittuja. Palkokasvien käsittely edistää ravintoaineiden hajoamista ruuansulatuksessa sekä parantaa makua ja ulkonäköä. Prosessointi ei siis ainoastaan paranna elintarvikkeiden mauttavuutta vaan kasvattaa myös ravintoaineiden hyötyosuutta. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Palkokasvien siementen, esimerkiksi papujen ja herneiden, kuoriminen ja sirkkalehtien jakaminen saatetaan tehdä usein paremman tuoteprofiilin ja hyväksyttävyyden saamiseksi.

Kuoriminen vähentää kypsennysaikaa ja sillä on hyvin vähäinen vaikutus kokonaisproteiinipitoisuuteen ja aminohappokoostumukseen. Kuoriminen poistaa myös tanniinit, jotka hidastavat proteiinien sulamista. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Liotus on alkuvaihe, joka on yhteinen lähes kaikille palkokasvien valmistusmenetelmille ruuanlaitossa. Liotus auttaa irrottamaan siemenen kalvon, mikä lyhentää kypsennysaikaa. Tämän lisäksi se inaktivoi lektiiniä, joka on monien palkokasvien sisältämä myrkyllinen yhdiste. Lektini myös vähentää erilaisten ravintoaineiden bioSaatavuutta, koska se vaikuttaa suoraan elimistön ruuansulatussyömyien toimintaan. (Jain, Kumar & Panwar, 2009)

Kokonaisten palkokasvien siementen paahtaminen ja paistaminen ovat kuivan lämmön prosessointimenetelmiä, joita käytetään esimerkiksi erilaisten välipalojen valmistamisessa, kuten paahtetut maapähkinät ja kikherneet. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

### **3.1.1 Proteiinit**

Palkokasvit pystyvät kasvamaan ilman typpilannoitusta, sillä ne muodostavat symbiooseja maaperän *rhizobia* -suvun bakteerien kanssa. Nämä bakteerit pelkistävät ilmakehän typpeä ammoniakiksi nitrogenaasi -nimisen entsyymin avulla. Palkokasvin ja nitrogenaasientsyymiä tuottavien *rhizobium* -bakteerin välisessä symbiosissa bakteerit sijaitsevat palkokasvin juurinyströiden infektoituneissa soluissa (Kuva 1). Näitä nystyröitä ympäröi kasvin kalvorakenne ja tätä kokonaisuutta kutsutaan symbiosomiksi. Kasvi tuottaa bakteereille pelkistettyä hiiltä vaihdossa bakteerien talteenottamalle typelle, jota kasvi kuljettaa edelleen muihin kasvinosiin. Tätä ravinteiden vaihtoa kontrolloi kasvin syntetisoimat kuljettajaproteiinit symbiosomin kalvoilla. (Day, Poole, Tyerman & Rosendahl, 2001)



**Kuva 1: Soijapavun juurinyströitä, joihin on injektoitu *B. japonicum* -bakteeria.** (Day et al., 2001)

Palkokasvi-*rhizobium* -symbioosi on hyvin merkittävä maaperän biologisen typpilannoituksen työkalu maailmalla, koska sillä on korkea typensidontapotentiaali ja symbioosi kykenee sopeutumaan vaikeimpiinkin olosuhteisiin. Hamdi Hussein Zahran (1999) viittaa artikkelissaan tutkimuksiin, joissa todettiin useiden palkokasvien symbioosien sietävän erilaisia ääriolosuhteita. Tutkimuksissa tarkkailtiin suolapitoisuuden, emäksisyyden, happamuuden, kuivuuden, lannoituksen ja metallien aiheuttamien myrkyllisyyksien vaikutusta symbioosin toimintaan.

Kasvit tarvitsevat typpeä erilaisten proteiinien valmistukseen ja palkokasvit ovatkin yleisesti ottaen hyviä proteiininlähteitä. Ne sisältävät keskimäärin 18–25% erilaisia proteiineja. Soijapavut sen sijaan sisältävät erilaisia proteiineja jopa 35–43%. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003) Erilaisten proteiinien väliset määrasuhteet ja kokonaismäärä vaihtelevat eri palkokasvien välillä. Taulukossa 2 on eritelty kikherneen, lehmänpavun, linssin ja herneen sisältämät erilaiset proteiinit ja niiden suhteelliset osuudet. Taulukosta on huomattavissa, että tutkittujen palkokasvien välillä on vain pientä vaihtelua yhteenlaskettujen välttämättömien ja ei-välttämättömien proteiinien kokonaismäärissä. Merkittävää vaihtelua ilmeni kuitenkin yksittäisten proteiinien määrissä palkokasvien välillä, kuten erityisesti arginiinin, histidiinin ja metioniinin määrissä.

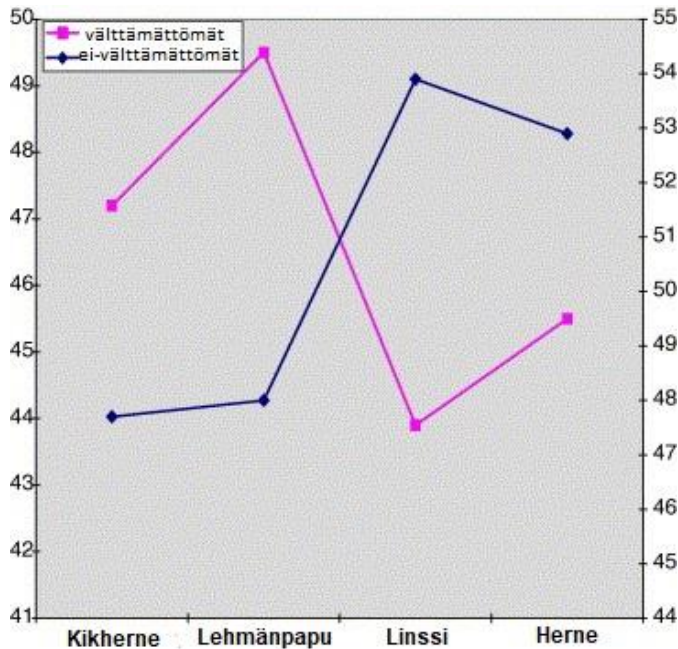


**Taulukko 2: Kikherneen, lehmänpavun, linssin ja herneen suhteellisen proteiiniosuudet. Saman kirjaimen sisältävät palkokasvien arvot samalla sarakkeella eivät eroa paljon toisistaan suhteessa. Kukin sarake sisältää keskiarvon ja keskihajonnan.** (Iqbal et al., 2006)

Proteiinit (%osuudet)	Kikherne	Lehmänpapu	Linssi	Herne
Arginiini	8.3a ± 0.21	7.5c ± 0.04	7.8b ± 0.03	7.2d ± 0.04
Histidiini	3.0a ± 0.03	3.1a ± 0.03	2.2c ± 0.05	2.4b ± 0.05
Isoleusiini	4.8a ± 0.03	4.5b ± 0.03	4.1b ± 0.05	4.5a ± 0.06
Leusiini	8.7a ± 0.03	7.7b ± 0.08	7.8b ± 0.05	7.4b ± 0.05
Lysiini	7.2b ± 0.03	7.5b ± 0.04	7.0b ± 0.03	8.1a ± 0.07
Metioniini	1.1b ± 0.04	2.2a ± 0.04	0.8c ± 0.02	1.1b ± 0.03
Fenyylialaniini	5.5b ± 0.04	7.5a ± 0.06	5.0b ± 0.12	5.2b ± 0.04
Treoniini	3.1b ± 0.04	3.8a ± 0.05	3.5a ± 0.04	3.8a ± 0.05
Tryptofaani	0.9a ± 0.02	0.7a ± 0.02	0.7a ± 0.03	0.8a ± 0.02
Valiini	4.6a ± 0.03	5.0a ± 0.06	5.0a ± 0.05	5.0a ± 0.09
Yhteensä	47.2	49.5	43.9	45.5
Alaniini	4.97a ± 0.03	4.2b ± 0.03	4.2b ± 0.04	5.2a ± 0.04
Asparagiinihappo	11.0b ± 0.04	10.8b ± 0.08	11.8a ± 0.08	11.0b ± 0.06
Kysteiini	0.6c ± 0.06	0.5c ± 0.03	0.9b ± 0.04	1.8a ± 0.03
Glutamiinihappo	17.3bb ± 0.08	17.2b ± 0.06	21.5a ± 0.07	17.5b ± 0.06
Glysiini	3.7b ± 0.03	3.8b ± 0.01	3.6b ± 0.05	4.5a ± 0.01
Prolini	3.8a ± 0.05	4.0a ± 0.13	3.5b ± 0.03	3.8a ± 0.03
Seriini	3.7c ± 0.02	4.5b ± 0.06	5.2a ± 0.05	5.1a ± 0.54
Tyrosiini	2.8c ± 0.06	3.0bc ± 0.05	3.2a ± 0.06	3.7a ± 0.03
Yhteensä	47.7	48.0	53.9	52.9
Ei-välttämättömien proteiinien suhde	0.99	1.03	0.81	0.86

Arginiinipitoisuudet vaihtelivat erityisesti herneen ja kikherneen välillä, sillä herneen tutkittiin sisältävän 7,2 prosenttia arginiinia ja kikherneen jopa 8,3 prosenttia. Näistä neljästä palkokasvista herneen tutkittiin sisältävän paljon lysiniä, alaniinia, kystiiniä ja tyrosiiniä, kun taas linssissä runsaiten fenyylialaniinia ja seriiniä. Lehmänpapujen sen sijaan taas tutkittiin sisältävän runsaasti metioniinia ja treoniinia. Kaikkien tutkittujen palkokasvien todettiin sisältävän ei-välttämättömistä proteiineista runsaiten glutamiinihappoa ja asparagiinihappoa. Erilaisia välttämättömiä proteiineja todettiin olevan eniten lehmänpavussa ja eniten ei-välttämättömiä proteiineja linssissä.

Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty kikherneen, lehmänpavun, linssin ja herneen välisiä vaihteluja välttämättömien ja ei-välttämättömien proteiinien suhteellisissa osuuksissa. (Iqbal et al., 2006)



**Kuva 2: Kikherneen, lehmänpavun, linssin ja herneen sisältämien välttämättömien ja ei-välttämättömien proteiinien väliset prosentuaaliset suhteet. (Iqbal et al., 2006)**

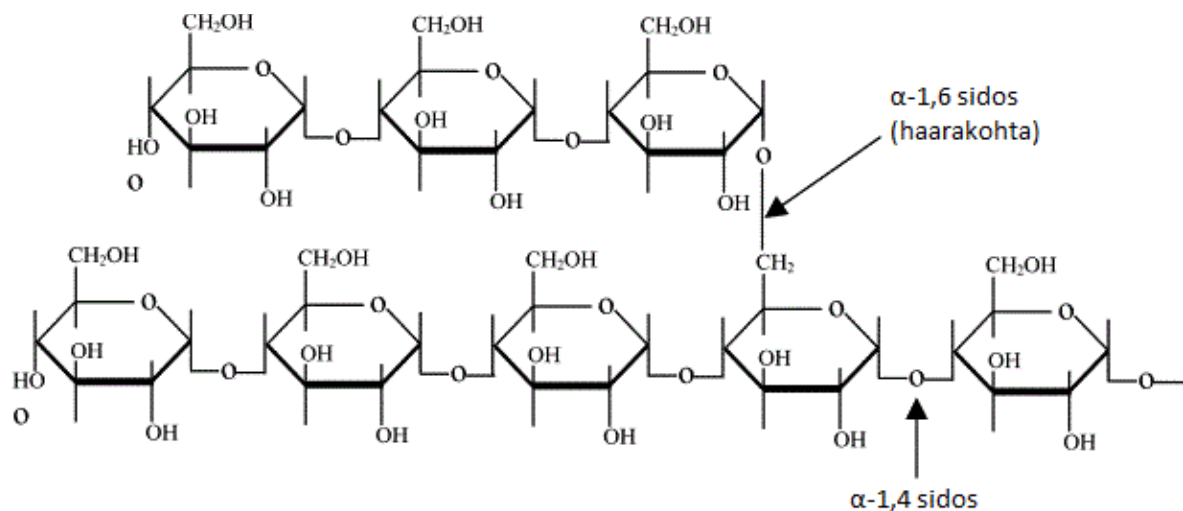
### 3.1.2 Hiilihydraatit

Tärkkelys on kasvien tärkein biopolymeerinen yhdiste esiintyen erilaisissa muodoissa ja kokoluokissa kasvin eri osissa. Tärkkelys on tärkein fysiologisen energian lähde ihmisen ruokavaliossa ja myös toiminnallisesti erittäin tärkeä polysakkaridi, mikä on herättänyt erityisesti ravitsemusasiantuntijoiden ja elintarvikealan asiantuntijoiden huomion.

Tärkkelyksellä on monia sovelluksia sekä elintarviketeollisuudessa että sen ulkopuolella. Sen lisäksi, että sen energiaosuus on suuri, tärkkelyksen tärkeä rooli monissa elintarvikkeissa on parantaa koostumusta ja sitä myöten elintarvikkeiden aistinvaraisia ominaisuuksia. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Kemiallisesti tärkkelys koostuu kahdesta pääkomponentista, amyloosista (Am) ja amylopektiinistä (Ap), joiden lisäksi vähemmissä määrin kolmannesta välituotteena (*englanniksi intermediate fraction*) tunnetusta komponentista. Välituote ei kuitenkaan ole rakenteeltaan Am:n tai Ap:n kaltainen perusmuodossaan. Näiden komponenttien

ominaisuuksiin vaikuttaa tärkkelyksen tyyppi, kasvin kypsyys, viljelyolosuhteet ja viljeltävä kasvilajike itsessään. Am:n ja Ap:n molekyylipaino, polymeroitumisaste ja lineaarisuus vaikuttavat niiden kapasiteettiin sitoutua jodiin sekä alitiuteen entsyymien hyökkäyksille. Ap on erittäin haarautunut molekyyli, joka koostuu (1-4)- $\alpha$ -D-glukoosi - pääketjusta, jossa on lyhytketjuisia (1-6)- $\alpha$ -D-glukoosi -haaroja. Am:n on tutkittu myös sisältävän jonkin verran haarautuvuutta, mutta pienemmissä määrin. Am:n molekyylipaino vaihtelee välillä 70 000 ja 200 000 daltonia (Da), kun taas Ap:n arvo on yli  $2 \times 10^7$  Da, minkä vuoksi Ap on yksi suurimmista luonnossa esiintyvistä makromolekyyleistä. Ap:n ja Am:n välinen suhde vaihtelee kasvilajikkeiden välillä, mutta on tyypillisesti noin 20:80. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)



**Kuva 3: amyloosin ja amylopektiinin  $\alpha$ -(1,4) ja  $\alpha$ -(1,6) sidokset glykosyyli -ketjujen välillä.** (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Erilaiset entsyymit, kuten  $\alpha$ - ja  $\beta$ -amylaasi, glukoamylaasi, pullulanaasi, hajottavat tärkkelystä oligodekstriineiksi ja glukoosiksi. Bioteknisesti tärkkelyksen hajottaminen entsymaattisesti ja erilaisin prosessein on tärkeää erityisesti glukoosin, fruktoosin sekä muiden kemikaalien tuotannossa. Tärkkelyksen osa, joka ei hydrolysoitu entsymaattisesti esimerkiksi ihmisen ohutsuolessa, kutsutaan kestäväksi tärkkelykseksi (RS). Minimi ketjun pituus kestäville tärkkelysmolekyyleille on 30–40 glukoosimolekyyliä. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

## 3.2 Aquafaba

Aquafaba on yleinen nimitys erilaisten papujen ja palkokasvien keittoliemelle tai niistä valmistettujen säilykkeiden nesteelle. Aquafabaa käsittelevässä tieteellisessä tutkimuksessa käytetään myös nimitystä *pulses cooking water* (PCW). (Stantiall, Dale, Calizo & Serventi, 2018) Aquafabaa voidaan käyttää korvaamaan kananmuna erilaisissa makeissa ja suolaisissa ruuissa. (The Official Aquafaba Website, 2018) (Stantiall et al., 2018) Aquafaba toimii ruuanlaitossa kananmunan tapaan emulgaattorina, minkä lisäksi siitä voidaan valmistaa erilaisia vaahtoja, kuten marenkia. Aquafabaa käytetään maailmalla muun muassa erilaisten kakkujen, keksien, juustojen, jäätelöiden, majoneesien ja voin valmistukseen. (Twine, 2017)

Aquafaban ominaisuuksien taustalla ovat keittoprosessissa pavuista vapautuvat tärkkelys- ja proteiinimolekyylit sekä muut kasvin liukoiset kiintoaineet. (The Official Aquafaba Website, 2018) Tästä huolimatta tieteellisellä tutkimuksella ei ole vielä saatu tarkkaa selvyyttä aquafaban kemiallisesta koostumuksesta. Lisäksi kaikkia aquafaban fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia ei vielä tarkalleen ymmärretä eikä myöskään ruuanlaittoon ja elintarvikkeiden laatuun liittyviä tekijöitä. (Stantiall et al., 2018)

### 3.2.1 Vaahtoutuminen ja emulsio

Vahto on kaksifaasinen systeemi, jossa kaasu on dispergoitunut vesifaasin sisälle. (Walstra, 1989) Vatkaamisella tai jollakin muulla sekoitusmenetelmällä saadaan kaasu suljettua kahden erillisen kalvon sisään vaahton muodostamiseksi. Liuoksen vaahtoutumiskykyyn vaikuttaa pinta-aktiivisuus, veden ja ilman rajapinnan pintajännitys, vaahtotettavan aineen kalvonmuodostusominaisuudet sekä kyky absorboitua nopeasti ilman ja nesteen rajapinnassa. Proteiinit ovat hyviä vaahtoutumisen komponentteja niiden amfifiilisyyden ansiosta. Tämä liittyy proteiinien molekyylirakenteeseen, jossa on vesifaasiin suuntautuva hydrofiilinen pää ja ilmafaasiin suuntautuva hydrofobinen pää. Kananmunassa on suuri albumiini -proteiinipitoisuus, minkä vuoksi sitä käytetään yleisesti vaahtojen valmistukseen ruuanlaitossa. Monilla aquafaboilla on myös hyvä vaahtoutumiskyky, johtuen palkokasveista liuenneista ravintoaineista ja niiden määräsuhteista. (Stantiall et al., 2018)



**Kuva 4: Lähikuva vaahdosta.** Kuvanottaja: DoubleMcK (Pixabay, 2018)

Emulsioiden muodostamiseen käytetään ruuanlaitossa pääosin hydrokolloidisia aineita. Tällaiset aineet muodostavat geelin liukenemalla nestefaasiin kolloidisina seoksina saaden aikaan heikkoja yhtenäisiä rakenteita. Erilaiset liukenevat kuidut, kuten selluloosa ja pektiini, ovat yleisesti käytettyjä hydrokolloideja, joilla on kyky hajota pieniksi partikkeleiksi nesteissä mahdollistaen geelin muodostumisen. Monet palkokasvit sisältävät saponiineja, jotka molekyyli­rakenteensa ansiosta kykenevät myös muodostamaan emulsioita. (Stantiall et al., 2018)

Aquafaban ominaisuuksista kyky muodostaa vaahtoja ja emulsioita/geelejä avaa paljon mahdollisuuksia erityisesti ruuanlaitossa, sillä niiden avulla on mahdollista saada erilaisia tekstuureja ruokiin. Stantiall et al. (2018) tutkivat vihreästä pavusta, kikherneestä, vihreistä linsseistä ja halkaistuista keltaisista herneistä valmistettuja aquafabojia. Tarkoituksena oli selvittää näiden kemiallinen koostumus ja vaikutukset marenkivaahdon laatuun. Aquafabat sisälsivät vaihtelevat määrät sokereita, liukoisia ja liukenemattomia kuituja, proteiineja, tuhkaa ja saponiineja. Tarkempi kemiallinen koostumus on kuvattu alla olevassa Taulukossa 4 ja vaahtoutumiseen vaikuttavat fysikaalis-kemialliset ominaisuuden tutkituilla aineilla on esitetty Taulukossa 5. Kaikkien tutkittavien aquafabojen vaahtoutumiskyky oli 39–93 % ja tulokset olivat suoraan verrannollisia tutkittujen aquafabojen proteiinipitoisuuksiin. Vertailukohtena kananmunan vaahtoutumiskyky oli 400 %. Tämän lisäksi aquafabojen huomattiin muodostavan geelejä, mikä mahdollistaa marenkivaahtojen valmistamisen samaan tapaan kuin kananmunan valkuaisesta.

Marenkivaahtojen kovuuteen vaikutti käänteisesti liukenemattomien kuitujen pitoisuudet. Vihreiden linssien aquafaba vaahdotui tutkituista parhaiten kun taas kikherneistä valmistetulla aquafaballa tutkittiin olevan paras geeliytymiskyky. Maultaan vähiten pidettiin vihreistä linseistä valmistetuista aquafaboista niiden kitkerän maun vuoksi, sillä ne sisälsivät paljon saponiineja ja muita fenolisia yhdisteitä. Päinvastoin taas erityistä ylistystä makunsa puolesta saivat kikherneistä ja halkaistuista keltaisista herneistä valmistetut aquafabat, minkä lisäksi niistä valmistetuista vaahdoissa ei huomattu olevan suurta eroa kananmunan valkuaisesta valmistetun vaahdon kanssa.

**Taulukko 4: Aquafabojen kemialliset koostumukset ja saponiinipitoisuudet.** (Stantiall et al., 2018)

Ravintoaineet	Vihreät pavut	Kikherneet	Vihreät linssit	Halkaistut keltaiset herneet
Kuva-aines (g/100 g)	3.28 ± 0.5 <sup>d</sup>	5.13 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.69 ± 0.02 <sup>d</sup>	4.41 ± 0.18 <sup>c</sup>
LMW* (g/100 g)	0.73 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.20 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.03 <sup>d</sup>	1.02 ± 0.03 <sup>d</sup>
HMW* (g/100 g)	0.16 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.09 ± 0.00 <sup>d</sup>
Liukenematon kuitu (g/100 g)	0.93 ± 0.05 <sup>u</sup>	2.37 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.02 <sup>u</sup>	1.63 ± 0.18 <sup>c</sup>
Proteiinit (g/100 g)	0.70 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.95 ± 0.01 <sup>c</sup>	1.51 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.27 ± 0.02 <sup>d</sup>
Rasva (g/100 g)	ei voitu havaita	ei voitu havaita	ei voitu havaita	ei voitu havaita
Tuhka (g/100 g)	0.75 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.48 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.40 ± 0.00 <sup>d</sup>
Saponiinit (mg/g)	5.9 ± 0.5 <sup>d</sup>	4.5 ± 0.6 <sup>d</sup>	12 ± 1 <sup>a</sup>	4.7 ± 0.4 <sup>d</sup>

\**Low Molecular Weight (LMW)* ja *High Molecular Weight (HMW)* viittaavat vesiliukoisiin hiilihydraatteihin. Eri kirjaimet lukujen yläindekseissä viittaavat suhteelliseen eroon ( $p < 0,05$ ).

**Taulukko 5: Vaahoutumiseen vaikuttavat fysikaalis-kemialliset ominaisuudet.**  
(Stantiall et al., 2018)

Fysikaalis-kemiallinen ominaisuus	Vihreät pavut	Kikherneet	Vihreät linssit	Halkaistut keltaiset herneet	Kananmunan valkuainen
pH	6.07 ± 0.01 <sup>o</sup>	6.26 ± 0.06 <sup>c</sup>	6.47 ± 0.03 <sup>o</sup>	6.39 ± 0.05 <sup>bc</sup>	9.20 ± 0.09 <sup>a</sup>
Tiheys (g/ml)	1.017 ± 0.002 <sup>o</sup>	1.020 ± 0.002 <sup>o</sup>	1.025 ± 0.003 <sup>o</sup>	1.021 ± 0.005 <sup>o</sup>	1.040 ± 0.004 <sup>a</sup>
Viskositeetti (mPa*s)	4.5 ± 2.0 <sup>o</sup>	47 ± 1 <sup>a</sup>	25 ± 2 <sup>o</sup>	8.7 ± 1.2 <sup>o</sup>	15 ± 2 <sup>c</sup>
Vaahoutumiskyky (%)	39 ± 2 <sup>o</sup>	58 ± 7 <sup>o</sup>	97 ± 6 <sup>o</sup>	93 ± 12 <sup>o</sup>	400 ± 49 <sup>a</sup>

Eri kirjaimet lukujen yläindekseissä viittaavat suhteelliseen eroon ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Aquafaba opetuksessa

Tarkastelemalla aquafabaan liittyvää tutkimustietoa, ei löydy aiempaa empiiristä tutkimusdataa sen käytöstä osana opetusta. Vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa ei myöskään ole varsinaisia mainintoja aquafabasta, mutta asiaa voidaan tarkastella aquafaban ominaisuuksien kannalta oleellisten ravintoaineiden näkökulmasta. Näin ollen on syytä tarkastella, miten proteiineja käsitellään opetussuunnitelmassa.

Vuoden 2014 peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) on vuosiluokille 7-9 määritelty erilaisia kemian sisältöalueita, jotka asettavat pohjan opetuksen tarkemmalle sisältötiedolle. Sisältöalueen ”S5 Aineiden ominaisuudet ja rakenne” mukaan opetuksessa tulee tutustua erilaisiin hiileen yhdisteisiin ja ravintoaineisiin, jotka pitävät sisällään proteiinit. Aquafaba ja sen valmistukseen käytettävät palkokasvit sen sijaan liittyvät vahvasti ruokakontekstiin. Näin ollen niitä voidaan tarkastella opetuksessa myös kestäväen kehityksen näkökulmasta.

### 3.3.1 Kestävä kehitys opetussuunnitelmassa ja kemian opetuksessa

Aquafaban yhteiskunnallinen merkitys on vahvasti kytköksissä kestävään kehitykseen erityisesti ravitsemuksen kautta. Jos esimerkiksi tarkastellaan palkokasveja proteiinin lähteinä ihmisen ruokavaliossa, on kasvipärisen proteiinin valinnalla suuri ekologinen ja taloudellinen merkitys. Tämän vuoksi on syytä tarkastella, miten kestävä kehitys on mainittu viimeisimmässä perusopetuksen opetussuunnitelmassa ja erityisesti osana kemian opetusta.

Vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan perusopetuksessa pyritään ohjaamaan oppilaita kestävä elämäntavan omaksumiseen ja tunnistamaan kestävä kehityksen välttämättömyys. Koulujärjestelmän eri osien uudistuksilla pyritään vahvistamaan koulun tehtävää kestävä tulevaisuuden rakentamisessa. Tämä pitää sisällään myös kulttuurisen moninaisuuden kunnioittamisen. POPS 2014:ssa jaotellaan kestävä kehitys ja -elämäntapa neljään osa-alueeseen: ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen. Näitä osa-alueita on tarkasteltava opetuksessa yli oppiainerajojen, minkä vuoksi eheyttävä opetus toimii hyvin opetusmetodina kestävä kehityksen opetuksessa.

Yläkoulun kemian opetuksen osalta POPS 2014:ssa korostetaan, että opetuksessa tulee välittää kuvaa kemian merkityksestä kestävä tulevaisuuden rakentamisessa. Kemia on tärkeässä roolissa uusien ratkaisujen kehittämisessä sekä sen avulla voidaan turvata ympäristön ja ihmisten hyvinvointi. Samalla opetuksen tulee ohjata oppilaita ottamaan vastuuta ympäristöstään. Vuosiluokille 7-9 asetetuissa kemian opetuksen tavoitteissa mainitaan, että opetuksen tulee ”ohjata oppilasta käyttämään kemian osaamistaan kestävä tulevaisuuden rakentamisessa sekä arvioimaan omia valintojaan luonnonvarojen kestävä käytön ja tuotteen elinkaaren kannalta”. Lisäksi sisältöalueista ”S3 Kemia yhteiskunnassa” pitää sisällään painotuksen kestävä luonnonvarojen käytöstä sekä tuotteiden elinkaariajattelusta. Kestävä kehityksen tietojen ja taitojen oppiminen on myös yksi POPS 2014:n asettama arvioinnin kohde yläkoulun kemian opetuksessa.

Kestävä kehityksen myötä on kemiaan vakiintunut käsite ”vihreä kemia”, joka on merkittävänä osana kestävä kehityksen opetusta. Erilaiset kansalliset opetussuunnitelmat ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusta käsittelevät artikkelit osoittavat, että enemmän

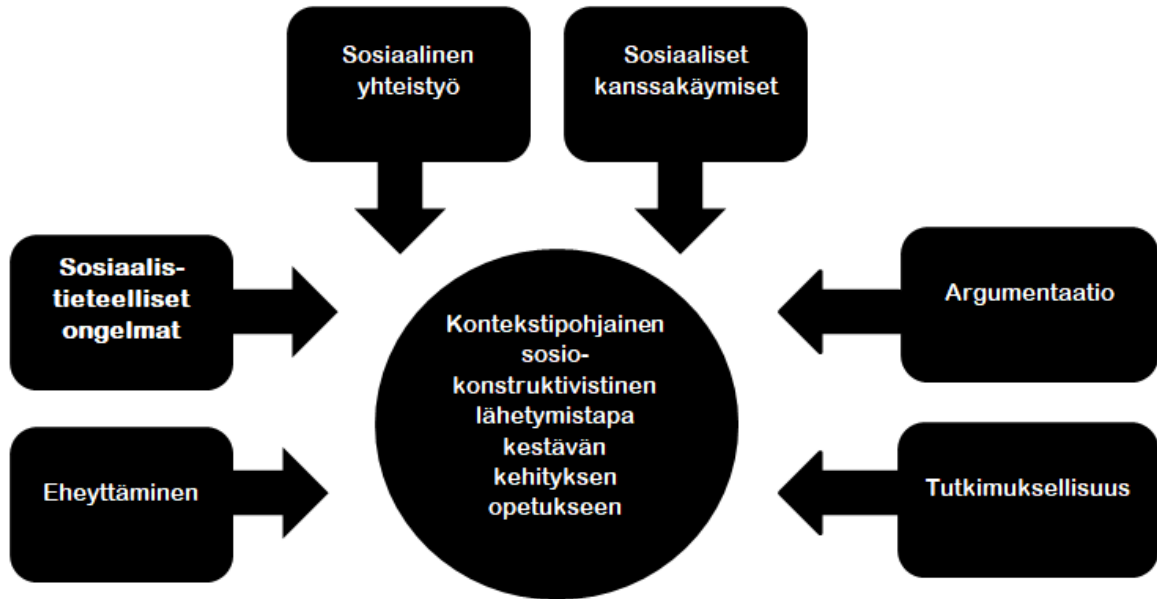


työtä vaaditaan edistämään kestävän kehityksen opettamisen kehittymistä. (Juntunen & Aksela, 2014)

Suuria edistysaskelia on tapahtunut kestävän kehityksen opetuksen vakiinnuttamisessa osaksi kemian opetusta peruskoulussa ja lukiossa. Tästä huolimatta kestävän kehityksen opetus ESD (*engl. Education for Sustainable Development*) on vielä aivan alkutekijöissään. Tätä mieltä ovat myös monet kemian opettajat eri kouluasteilla kokien, että heidän tarvitsemansa kestävän kehityksen opetuksen teoreettiset ja käytännön työn kannalta tärkeät tiedot ja taidot ovat puutteellisia. Erityisen tärkeä osa kestävän kehityksen opetusta on yhdistää yhteiskunnan kannalta merkittävät ongelmat ja kysymykset toimivalla tavalla osaksi kemian opetusta ja oppisisältöjä. Tämä koetaan kovin hankalaksi monesta syystä. Se koetaan muun muassa kovin raskaaksi, sillä ei ole helppoa löytää sopivaa yhteiskunnan kannalta tärkeää ongelmaa, joka soveltuisi toimivalla tavalla opetuksessa meneillään olevaan kemian sisältöön. Tästä seuraa myös se, että tuntien valmisteleminen tarvitaan enemmän aikaa. Näin ollen on vaikeaa löytää opetuksessa tarpeeksi aikaa kyseisten aiheiden käsittelyyn, sillä opetussuunnitelman asettamien tavoitteiden toteuttaminenkin koetaan jo olevan tarpeeksi haastavaa. Lisäksi työyhteisöissä ei välttämättä ole tarpeeksi tukea opetuksen toteuttamiseen, mikäli se esimerkiksi pitää sisällään eheyttäviä oppiaineiden välisiä opetuskokonaisuuksia. (Juntunen & Aksela, 2014)

Yhteiskunnallisten ongelmien ja ilmiöiden käyttäminen eri aineiden opetuksessa luo uusia mahdollisuuksia. Tämän kautta on mahdollista oppia yhdistämään tieteelliset aihesisällöt osaksi arkielämän konteksteja ja samalla ymmärtää tieteen merkitys yhteiskunnan ja arkielämän kannalta. Samalla kehittyy oppilaan moraalikäsitteet ja eettiset ajattelutavat. On myös tutkittu, että tämä parantaa oppilaiden motivaatiota opiskella kemiaa sekä opettajien opetusmotivaatiota uusien pedagogisten mallien käytön kautta. (Juntunen & Aksela, 2014)

Kestävän kehityksen liittämiseen osaksi kemian opetusta on olemassa erilaisia pedagogisia malleja. Kontekstipohjainen sosio-konstruktivistinen, tai pikemminkin holistinen, lähestymistapa kestävään kehitykseen pitää sisällään usein opetuksen eheyttämistä ja tutkimuksellisuus on myös merkittävässä osassa. Opetuksessa korostetaan sosiaalisten interaktioiden tärkeyttä ja yhteiskunnallisia ongelmia tarkastellaan kemian näkökulmasta, jolloin oppilaiden argumentaatiotaitoja myös pyritään kehittämään. Alla olevassa kuvassa 5 on esitetty tämän opetustavan pedagogiset piirteet kemian opetuksessa.



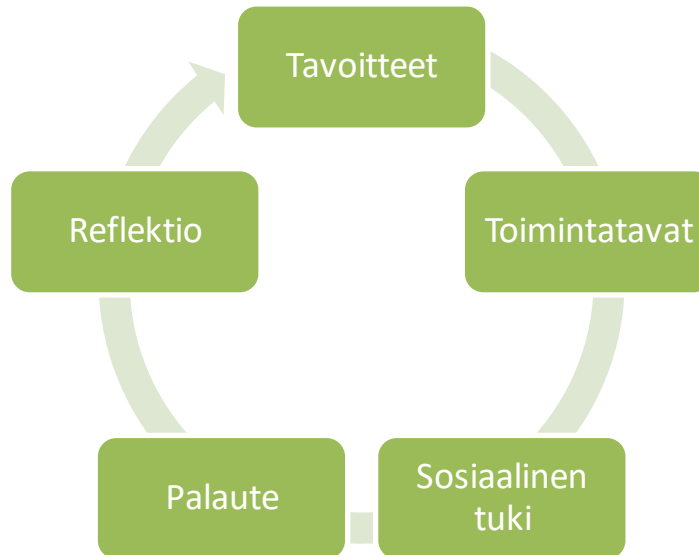
**Kuva 5. Kontekstipohjaisen sosio-konstruktivistisen kestävän kehityksen opetuksen pedagogiset piirteet kemian opetuksessa.** (Juntunen & Aksela, 2014)

Kestävän kehitys integroidaan kemian opetukseen usein käyttäen opetuksessa sosiaalis-tieteellisiä ongelmia (engl. *Socio-scientific issues, SSI*) opetuksen kontekstina. Tämä motivoi oppilaita ja tiedon sisäistäminen voi saada oppilaat toimimaan asian puolesta arkielämässä. Opetus on usein sosiaalista ja tutkimuksellista, mikä myös motivoi oppilaita ja auttaa heitä ymmärtämään kemian sisältötiedon monitasoisen merkityksen. Sosiaalis-tieteellisten ongelmien valitsemien ei toisaalta ole välttämättä kovin helppoa. Aihevalintaa tehdessä on opettajan syytä pohtia muutamia kysymyksiä liittyen aiheen soveltuvuuteen osaksi opetusta. On syytä kysyä, onko aihe todellinen ja merkityksellinen oppilaiden näkökulmasta. Lisäksi voiko aiheesta käydä väittelyä ja onko se käsiteltävissä tieteen ja teknologian näkökulmasta. Alla on listattuna muutamia muita kysymyksiä, jotka voivat auttaa opettajaa aiheen valinnassa:

- Voinko tehdä yhteistyötä eheyttävän opetuksen kautta tämän aiheen pohjalta?
- Mitä resursseja minulla on käytettävissäni?
- Mitä oppimistavoitteita asetan kestävän kehityksen näkökulmasta?
- Käytänkö holistisia, oppilaskeskeisiä lähtökohtia?
- Kuinka saan houkuteltua oppilaat keskittymään opetuksen alussa?
- Kuinka parhaiten motivoin heitä opiskelemaan?

- Miten ja kuka arvioi oppilaiden suoriutumista?
- Mitä lähestymistavan osaa voin parantaa tai kehittää?

Opettajalle, joka haluaa opettaa kestävästä kehitystä sosiaalis-tieteellisten ongelmien kautta, on alla olevassa kuvassa 6 esitetty syklinen strategia.



**Kuva 6. Oppilaskeskeisen strategian pääpiirteet sosiaalis-tieteellisten ongelmien käyttöön kestävästä kehityksen opetuksessa opettajan näkökulmasta.** (Juntunen & Aksela, 2014)

Aluksi tulee asettaa tavoitteet valitulle aiheelle ja tehdä valinnat opetusmetodien suhteen. Nämä muodostuvat vahvasti sen perusteella, mitä opetuksessa aiotaan arvioida. Oppilaiden suoriutumista voidaan arvioida esimerkiksi tarkkailemalla heidän suhtautumistaan kestävästä kehitykseen sekä heidän tiedon tasoaan. Oppilaiden tiedonhaku-, reflektio- ja argumentaatiotaitoja voidaan myös arvioida sekä sitä, kuinka hyvin oppilaat ymmärtävät tieteen luonnetta. (Juntunen & Aksela, 2014)

Kestävästä kehityksen opetukseen kemiassa voidaan liittää hyvin monenlaisia sosiaalis-tieteellisiä ongelmia erityisesti ympäristön näkökulmasta. Alla on esitetty listaus kemian aihekokonaisuuksista, joihin on liitetty esimerkkejä erilaisista sosiaalis-tieteellisistä ongelmista:

- Vaikutukset hydro-, geo-, atmo-, ja biosfääreihin: raskasmetallit, radioaktiiviset aineet, asbesti, halogenoidut hiilivedyt (PCB, CFC, PFC), hyönteismyrkyt, öljyonnettomuudet, lääkkeet, hajut, maut, värit, ääni jne.
- Saastumistyyppit: pistekuormitus, levittäytynyt kuormitus, laskeumat, luonnolliset huuhtoumat.
- Vaikutukset ekosysteemeihin: rehevöityminen, pH:n muutokset, monimuotoisuuden häviäminen, happikato, biokertyvät aineet ruokaketjuissa.
- Terveysvaikutukset: suorat tai krooniset vaikutukset yksilöön, lajiin tai populaatioon.
- Vaikutukset liittyvät seuraaviin asioihin: kuolema, kasvu, lisääntyminen, hormonit, genomit, metabolia, kasvaimet, sairaudet, muutokset biodiversiteetissä tai käyttäytymisessä.

Opetuksessa on tärkeää luoda keskusteleva ilmapiiri, jossa sosiaalis-tieteellisiä ongelmia käsitellessä voidaan esittää kysymyksiä liittyen nykytilanteeseen ja miten toimintaa voidaan kehittää ja muuttaa kestäväen kehityksen näkökulmasta. Samalla opetus antaa oppilaille työkaluja tämän muutoksen toteuttamiseen opetuksen antamien tietojen ja taitojen avulla. (Juntunen & Aksela, 2014)

### 3.4 Eheyttävä opetus

Lahdes (1997) määrittelee eheyttävän opetuksen ainerajat ylittäväksi, usein ilmiöpohjaiseksi opetuksiksi, jossa pyritään jäsentämään aihesisällöt ja opetustilanteet mielekkäiksi kokonaisuuksiksi. Tällaisen opetuksen on tutkittu voivan parantaa oppilaiden opiskelumotivaatiota ja ongelmanratkaisutaitoja. Opetuksen taustalle on kehitettävä oikeat materiaalit, metodit sekä toimivan arviointi, jotta tähän päästään. (Meier, Nicol & Cobbs, 1998) Eheyttävän opetuksen hyöty on siinä, että sillä voidaan kytkeä abstraktit aihesisällöt osaksi oppilaiden arkielämää. Tämä on ollut haasteena erityisesti matemaattis-luonnontieteellisten aineiden opetuksessa, minkä vuoksi eheyttävällä opetuksella on tutkittu olevan suuri vaikutus juuri näiden oppiaineiden kohdalla. (Becker & Park, 2011)

Vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (POPS 2014) korostetaan eheyttävän opetuksen tärkeyttä välineenä opetuksessa eri oppiaineiden välillä. Näin pyritään mahdollistamaan se, että oppilaat kykenisivät ymmärtämään erilaisten ilmiöiden ja asioiden väliset riippuvuudet ja yhtäläisyydet oppiaineiden välillä. Siten oppilaat pystyvät paremmin jäsentämään tietoa mielekkäämmiksi kokonaisuuksiksi ja samalla kehittämään omaa kykyään soveltaa tietoa. Opetuksen tarkoituksena on kasvattaa oppilaat toiminnalliseksi osaksi yhteisöä ja ihmiskuntaa, mikä on mahdollista jos oppilaat kykenevät hahmottamaan koulussa opiskeltavien asioiden kytkökset arkielämän ilmiöihin ja laajentamaan myös sitä kautta heidän käsityksiään maailmasta. (Opetushallitus, 2014)

Eheyttävä opetus voidaan jakaa toteutustavaltaan neljään eri kategoriaan. Ensimmäisessä (engl. *informed disciplinarity*) keskitytään vain yhden oppiaineen opetukseen, mutta saatetaan viitata toisiin tieteenaloihin tai oppiaineisiin kurssin sisällön selkeyttämiseksi. Esimerkiksi psykologi voi oppimista käsittelevällä kurssilla tarkastella miten sosiaaliset vuorovaikutukset ja ympäristö vaikuttavat oppimiseen. Keskustelu sosiaalisista vuorovaikutuksista toimii lisätietona kurssilla, mikäli opettaja uskoo, että oppiminen määräytyy ensisijaisesti ihmisen kehityksen rakenteiden kautta. Tämä ei kuitenkaan olennaisesti muuta hallitsevaa näkemystä oppimisesta. Sen sijaan jos oppimista käsittelevää kurssia pitää sekä kognitiivinen psykologi että kulttuuriantropologi, voi tapahtua teorioiden, käsitteiden ja tutkimusmenetelmien yhdistymistä eri tieteenaloilta (engl. *synthetic interdisciplinarity*). Kumpikin opettaja tuo oman perspektiivinsä opetukseen, jolloin psykologi näkee oppimisen ensisijaisesti yksilöllisenä toimintana kun taas antropologin mukaan oppimiseen vaikuttaa vahvasti sosiaaliset ja kulttuuriset järjestelmät. Tästä huolimatta nämä kaksi tieteenalaa pysyvät selvästi tunnistettavissa toisistaan opetuksessa tuoden esille suhteellisen rajatut sisältöalueet ja toisistaan erottuvat tutkimusmenetelmät. (Lattuca, Voigt & Fath, 2004)

Edellä mainittuihin eroten kolmannessa eheyttämisen muodossa tietyt oppiaineen tai tieteenalalan teoriat ja metodit hälvenevät ja näitä sovelletaan yli tieteenalarajojen, jolloin ne eivät edusta enää tiettyä yhtä tieteenalaa tai -kenttää (engl. *transdisciplinarity*). Tässä tapauksessa eri oppiaineiden käsitteitä, teorioita ja menetelmiä voidaan soveltaa muihin oppiaineisiin. Aiemmin kuvailtu oppimista käsittelevä kurssi myötäilisi tätä eheyttämisen muotoa jos opettaja väittäisi, että kaikki oppiminen voitaisiin selittää yhden yleisen teorian avulla. Oppimista voidaan myös tarkastella eheyttävässä opetuksessa monesta eri näkökulmasta ilman yhtä tiettyä tieteenalosta sulautettua teoriaa (engl. *conceptual*

*interdisciplinary*). Näin voidaan muodostaa kattava näkemys ihmisen oppimisesta samalla kun korostetaan kriittistä suhtautumista eri tutkimusmenetelmiin ja teorioihin auttaen oppilaita huomaamaan niiden rajoittuvuudet. (Lattuca et al., 2004)

Eheyttävä opetus on hyvä väline kestävän kehityksen opetuksessa. Opetuksessa voidaan keskittyä tällöin kestävän kehityksen tarkasteluun monien oppiaineiden näkökulmasta käyttäen samalla erilaisia tutkimuksen menetelmiä. Tällöin yhdistetään eri oppiaineiden ja tietealojen näkökulmia kohti yhtä yhteiskunnan kannalta merkittävää kysymystä. Käytännössä se siis voi tarkoittaa kemian, biologian ja fysiikan opetuksen sisältöjen tarkastelua taloustieteiden, yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden näkökulmista. (Eilks, 2015)

### **3.4.1 Kemian eheyttäminen**

Eheyttävää opetusta käsiteltäessä puhutaan usein myös integroivasta opetuksesta (*engl. Integrated Education*). Tämä on yleistä erityisesti kemian ja muiden luonnontieteiden opetusta käsittelevissä tieteellisissä artikkeleissa. Thibaut et al. (2018) tarkastelevat erilaisia tieteitä, teknologiaa, tekniikkaa ja matematiikkaa (*engl. Science, Technology, Engineering and Mathematics, STEM*) integroivia opetusmenetelmiä toisen asteen opetuksessa. Nämä opetusmenetelmät on jaoteltu viiteen pääluokkaan:

- STEM -sisältöjen integroiminen
- Ongelmalähtöinen oppiminen
- Tutkiva oppiminen
- Tutkimuksellinen oppiminen
- Yhteistoiminnallinen oppiminen

STEM -sisältöjen integroimisella tarkoitetaan oppiainerajat ylittävää opetusta, jossa eri oppiaineiden tieto pyritään yhdistämään jonkin yhteisen kontekstin kautta. (Thibaut et al., 2018) Kontekstit toimivat myös hyvänä keinona vastaamaan kemian opetuksen haasteisiin. Kemian opetukseen liittyy paljon teoreettista sisältötietoa, joka on usein hyvin hajanaista. Oppilaille on usein haastavaa luoda yhteyksiä opittujen faktojen välille sekä soveltaa tietoa. Tällöin oppilaiden on vaikea kokea oppimansa merkitykselliseksi, mikä vaikuttaa negatiivisesti osallistumisaktiivisuuteen oppitunneilla sekä tiedon pitkäkestoiseen

muistamiseen. Irrallinen sisältötieto on mahdollista yhdistää selkeämmäksi kokonaisuudeksi toimivan kontekstin kautta. Hyvä konteksti tai ilmiö on sellainen, joka sitoo kemian sisältötietoja laajasti ja selkeästi. Käyttämällä useita konteksteja opetuksessa on oppilaiden mahdollista luoda yhteyksiä erilaisten ilmiöiden välille ja sitä kautta muodostaa miellekarttoja asiayhteyksistä. Näiden taitojen oppiminen edistää elinikäistä oppimista ja oppilaat voivat olla myös halukkaampia ja kyvykkäämpiä osallistumaan opetukseen, mikä voi mahdollisesti edistää heidän halukkuuttaan jatkaa kemian opiskelua. (Gilbert, 2006)

Kontekstien käytön vaikutusta oppimistuloksiin verraten perinteiseen opetukseen on tutkittu myös yleisesti luonnontieteellisten oppiaineiden osalta. Kontekstuaalisen opetuksen on todettu parantavan oppilaiden asenteita luonnontieteitä kohtaan, mutta sisältötiedon oppimisen on tutkittu olevan perinteisten opetusmetodien kanssa samalla tasolla. Tähän liittyen on toisaalta tieteellisessä tutkimuksessa saatu hyvin vaihtelevia tuloksia. Joissakin tapauksissa parannusta verrattuna perinteiseen tieteiden opetukseen on todettu, kun taas osassa tutkimuksista merkittävää parannusta asioiden oppimiseen ei ole havaittu. Kontekstuaalisen opetuksen on kuitenkin yleisesti todettu vähentävän oppilaiden virhekäsityksiä. (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007)

Ongelmalähtöistä oppimista voidaan myös hyödyntää osana integroivaa tai eheyttävää kemian opetusta. Tätä metodia ja sen käytöstä saatuja oppimistuloksia käsitellään tarkemmin kappaleissa 3.5 ja 3.5.1.

Tutkiva tai kokeellinen oppiminen on integroivan opetuksen metodi, jossa oppilaat ovat aktiivisessa roolissa. Työskentely mahdollistaa sen, että oppilaat voivat löytää uusia yhteyksiä tieteen ja konkretian välillä samalla syventäen ymmärrystään tieteestä. (Thibaut et al., 2018) Tällaista on esimerkiksi kemian kokeellinen työskentely erilaisissa ympäristöissä, kuten laboratorioissa. Kokeellisen työskentelyn teoriaa käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.6.

Tutkimuksellinen opetusmetodi pitää sisällään avointa ja autenttista työskentelyä, joka on usein ainerajat ylittävää. Tutkimuksellisessa työskentelyssä oppilaat voivat tutkia ja kehittää uusia teknologioita samalla velvoittaen heitä työskentelemään usein hyvin vajavaisin teoreettisin tiedoin. Oppilaiden tulee myös suunnitella työskentelyä enemmän itse, jolloin heidän tulee ottaa huomioon turvallinen työskentely sekä suhtautua kriittisesti saamiinsa tuloksiin. (Thibaut et al., 2018) Kemian opetuksessa tämä voi tarkoittaa

esimerkiksi erilaisten oppilaslähtöisten avointen tutkimusten toteuttaminen yhdessä muiden luonnontieteiden oppiaineiden kanssa. Tällaiseen työskentelyyn liittyy usein myös yhteistoiminnallinen oppiminen, jossa oppilaat ovat ryhmässä vastuussa työn tai tutkimuksen toteuttamisesta. Opettaja ei aktiivisesti valvo ryhmiä vaan kiertelee luokkatilassa välillä tarkkailleen ryhmien sisäistä työskentelyä. Ryhmissä nousseet kysymykset opettaja pyrkii ohjaamaan ryhmille itselleen ratkaistavaksi. (Thibaut et al., 2018)

Kaikki edellä mainitut integroivan opetuksen menetelmät perustuvat sosiaaliseen konstruktivistiseen näkemykseen oppimisesta, jolloin tiedon rakentuminen on seurausta oppilaiden aktiivisesta toiminnasta. Integroivat opetusmenetelmät ovat toisiaan täydentäviä ja sisältävät myös hieman päällekkäisiä piirteitä. (Thibaut et al., 2018) Näin ollen kemian integroivassa tai eheyttävässä opetuksessa voidaan käyttää hyvin erilaisia opetusmenetelmiä riippuen siitä, millaiset työskentelytavat parhaiten soveltuvat käsillä olevan aiheen opetukseen.

### **3.5 Ongelmalähtöinen oppiminen (PBL)**

Ongelmalähtöinen oppiminen (engl. *Problem-based learning, PBL*) on alun perin tarkoitettu opetusmenetelmäksi lääketieteen opetuksessa. Opetusta oli paljon kritisoitu siitä, että se ei antanut opiskelijoille valmiuksia suoriutua kliinisessä ympäristössä kohtaamistaan ongelmista. Ongelmalähtöisessä oppimisessä pyritään yhdistämään asiantieto kontekstiin, mikä toteutuu parhaiten kun kontekstit liittyvät tosielämän ongelmiin. (Hung, Jonassen & Liu, 2008) (Wood, 2008) (Kilroy, 2004)

Ongelmalähtöisessä oppimisessä luodaan oppilaille tarve ratkaista aitoja ongelmia soveltamalla oppimaansa asiantietoa, mikä kehittää myös oppilaiden oma-aloitteisuutta. (Kilroy, 2004) Ongelmalähtöinen oppiminen perustuu konstruktivistiseen uskomukseen oppimisesta. Tämän mukaan tieto rakentuu yksilötasolla ja pohjautuu sosiaaliseen vuorovaikutukseen ympäristön kanssa. (Wood, 2008) Opetus pyrkii auttamaan ymmärtämään, että jokaisen ongelman ratkaisemiseksi on olemassa monia näkökulmia ja keinoja. Opetuksessa tieto pyritään liittämään johonkin merkitykselliseen arkielämän kontekstiin. Merkityksellistä oppimista tapahtuu harvoin, jos oppilaat eivät näe tiedolla selkeää tarkoitusta omasta tai yhteiskunnan kannalta. Tällöin oppilaat eivät välttämättä



kykene tarkastelemaan asioita monista näkökulmista tai luomaan täyttä ymmärrystä asiasta. Ongelmalähtöinen asioiden tarkastelu auttaa oppilaat kokemaan opittavan asian sekä itse oppimisen merkityksellisenä. Tämä mahdollistaa paremman tiedonsiirron opetuksen ja oppijan välillä, jolloin sisäistetyt tiedot ja taidot auttavat oppilaita selviytymään jokapäiväisistä pienistä ongelmistaan. (Hung et al., 2008)

Ongelmalähtöinen oppiminen on neuvova opetusmetodi, jonka päätarkoitus on edistää oppimista asettamalla oppilaita ratkaisemaan ongelmia. Opetettava sisältötieto kytketään aitoihin ongelmiin, joiden kautta oppilaat rakentavat tietoaan samalla soveltaen oppimaansa ongelman ratkaisemiseksi. Opetus on oppilaskeskeistä, jolloin oppilaat ovat itse ja ryhmässä vastuussa ratkaisun löytämisen lisäksi myös oppimisestaan. Reflektion merkitys on suuri, sillä oppilaat arvioivat omaa ymmärrystään ongelmien ympärillä olevasta asi tiedosta ja kykenevät siten luomaan strategiat oppimiselle. Opettajat toimivat ohjaajien roolissa, jolloin oppilaita voidaan avustaa pohdinnoissa sekä antaa yleistä ohjeistusta työskentelystä. Opettaja ei kuitenkaan koskaan voi antaa suoria vastauksia ongelmiin. (Hung et al., 2008)

Hung et al. (2008) jaottelee ongelmalähtöisen oppimisen prosessin seuraaviin vaiheisiin:

- 5-8 oppilaan ryhmille annetaan ongelma, jota he yrittävät ratkaista ja asettavat tämän pohjalta oppimistavoitteet. Ryhmä pyrkii selvittämään, mitä he yhdessä jo tietävät aiheesta, mitä hypoteeseja ongelman pohjalta voidaan tehdä sekä mitä heidän täytyy oppia, jotta ymmärtävät ongelman eri ulottuvuudet. Samalla ryhmässä päätetään, mitä toimia ongelman ratkaisemiseksi tulee tehdä ja mikä on jokaisen ryhmäläisen vastuu.
- Ryhmän jäsenet itseohjatusti keräävät ja tutkivat eri lähteitä tuottaen tietoa muille ryhmän jäsenille.
- Oppilaat jakavat tietonsa ryhmissä ja palaavat yhdessä tarkastelemaan ongelmaa. Tällöin tuotetaan uusia hypoteeseja ja hylätään aiempia perustuen oppimaansa.
- Usein viikon kestävän oppimisjakson jälkeen oppilaat tekevät yhteenvedon oppimastaan.

Opettajan tehtävä on valita sopivia ongelmia käsiteltäväksi opetuksessa. Tämän on tutkittu olevan yksi haastavimmista asioista ongelmalähtöisen oppimisen toteutuksessa opettajan

näkökulmasta. Sillä, miten hyvin ongelmat soveltuvat käytettäväksi opetuksessa, on merkittävä vaikutus oppilaiden motivaatioon ja sitä myötä oppimistuloksiin. (Hung et al., 2008) Ongelma voi olla esimerkiksi skenaario, tapaus tai lähtökohta. Skenaario voi sisältää useamman kuin yhden ongelmanratkaisuprosessisyklin, jolloin asiasta saadaan laajempi perspektiivi. Toisiaan seuraavat syklit sisältävät tehtäviä, joiden ongelma-alueet eroavat aikaisemmista sykleistä. Tapaus on yksittäinen ratkaistava ongelma, jolle on asetettu tietyt reunaehdot. Lähtökohdan eli ”triggerin” tehtävä on herättää oppilaiden kiinnostus ja antaa mielikuva esitettyyn tilanteeseen. Tällainen voi olla esimerkiksi kuva tai lyhyt video. (Poikela & Poikela, 2005)

Ongelmaa valittaessa on opettajan myös hyvä pohtia, millaisia tietoja ja taitoja oppilailta vaaditaan ongelman ratkaisemiseksi ja millaista toimintaa se vaatii. Lisäksi olisi tärkeä tehdä selväksi, mitä oppilaan on tarkoitus oppia prosessin aikana ja millaisiin oppimistuloksiin halutaan pyrkiä. Oppilasryhmän aikaisempi kokemus ongelmalähtöisen oppimisen toteutuksesta on myös otettava huomioon ongelmien asettelussa ja ongelmien testaamiselle on syytä varata hyvin aikaa. (Poikela & Poikela, 2005)

### **3.5.1 Oppimistulokset**

Ongelmalähtöisen oppimisen kautta saatuja oppimistuloksia on tutkittu ja arvioitu.

Opettajat ja myös oppilaat ovat kritisoineet sitä, että opetus keskittyy liikaa korkeimpien ajattelutasojen- ja ongelmanratkaisutaitojen kehittämiseen. Tällöin ei jää tarpeeksi sijaa alemman tason tiedonhankinnalle. (Hung et al., 2008) Lisäksi tällaisen opetuksen on todettu vaativan paljon aikaa opettajalta, minkä vuoksi suunnitteluun ei aina panosteta tarpeeksi paljon. (Kilroy, 2004) Joissain tapauksissa myös oppilaat ovat kokeneet, että sisältö on käsitelty puutteellisesti, vaikkakin asia on ymmärretty laajemmin kuin perinteisessä opetuksessa ja oppimistulokset ovat olleet vähintään samalla tasolla.

Ongelmalähtöisen oppimisen on tutkittu kehittävän oppilaiden tiedon soveltamisen taitoja ja päättelykykyä, mutta se ei pidä sisällään yhtä paljon faktatiedon hankintaa ja -oppimista kuin perinteinen opetus. Merkittävä ero on tutkittu olevan siinä, kuinka hyvin oppilaat muistavat oppimaansa vuosien jälkeen. Ongelmalähtöinen oppiminen ei välttämättä edistä suurien tietomäärien sisäistämistä lyhyessä ajassa, mutta syvällisempi tiedon prosessointi ongelmalähtöisessä oppimisessa auttaa oppilaita muistamaan oppimaansa huomattavasti

pidempään ja paremmin kuin perinteinen opetus, jossa ulkoa opeteltu tieto on usein hajanaista ja irrallaan kontekstista. Ongelmalähtöisen oppimisen on myös näin ollen todettu edistävän vahvasti elinikäistä oppimista. (Hung et al., 2008)

Ongelmalähtöisen oppimisella on tutkittu olevan merkittävä vaikutus oppilaiden ongelmanratkaisutaitojen kehittymiseen. Tähän on kuitenkin tutkimusten mukaan edellytyksenä se, että opetuksessa käytetyt ongelmat ovat sidottu tosielämän konteksteihin. Ongelmien ratkaisemiseksi on oppilaiden käytettävä erityisesti korkeamman tason ajattelutaitoja. (Hung et al., 2008) (Zejnlagić-Hajrić, Šabeta & Nuić, 2015) Heidän on käytettävä analyyttistä ajattelua ongelmien ilmaisussa sekä kriittistä ajattelua arvioidessaan tietoa. Ongelmanratkaisuprosessien reflektoinnissa tulee oppilaiden kehittää omia metakognitiivisia taitojaan. Lisäksi Ongelmalähtöisen oppimisen on todettu edistävän oppilaiden kykyä jäsentää ja hallita tieteellistä tietoa. (Hung et al., 2008) Näiden taitojen tärkeyttä korostetaan myös vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa. Vuosiluokille 7-9 asetetuissa kemian opetuksen tavoitteissa mainitaan, että opetuksen tulee auttaa oppilasta ymmärtämään kemian osaamisen merkitys omassa elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa, mikä toteutuu ongelmalähtöisen oppimisen kohdalla erityisesti silloin kun opetuksessa käytetyt ongelmat muodostuvat oikeista arki-elämän ilmiöistä.

Zejnlagić-Hajrić et al. (2015) käsittelevät artikkelissaan tutkimusta, jossa ongelmalähtöistä oppimista testattiin yläkoulun 8. luokan kemian ryhmillä. Ryhmät jaoteltiin kontrolliryhmiin (*engl. Control Groups, CG*) ja koeryhmiin (*engl. Experimental Groups, EG*). Kemiallisten yhdisteiden kemiaa opetettiin kontrolliryhmille perinteiseen opettajalähtöiseen opetustapaan ja koeryhmillä käytettiin ongelmalähtöistä oppimista. Tutkimuksessa kerättiin tietoa oppilaille osoitetuilla kyselylomakkeilla sekä lähtö- ja lopputesteillä. Lähtötestin tarkoituksena oli selvittää oppilaiden tiedon taso ja lopputestillä oppimistulokset. Testit olivat samat kaikille ryhmille ja ne koostuivat peruskoulun oppikirjojen pohjalta tehdyistä tehtävistä ja kysymyksistä. Kysymyksillä pyrittiin selvittämään yleisimmät kemian oppimiseen liittyvät ongelmat ja edelleen kuinka ongelmalähtöinen oppiminen voi vastata niihin.

Tulokset osoittivat, että koeryhmissä tapahtui merkittävää oppimistulosten parantumista. Kyselylomakkeiden vastausten perusteella voitiin todeta, että oppilaat olivat kiinnostuneita ongelmalähtöisen oppimisen metodista, mutta kohtaisivat joitakin hankaluuksia

yrittäessään etsiä ratkaisua ongelmiin. koeryhmien oppilaat kokivat myös, että ongelmalähtöistä oppimista tulisi käyttää enemmän kemian opetuksessa kun taas kontrolliryhmillä ei ollut aiempaa kokemusta ongelmalähtöisestä oppimisesta, mutta eivät olleet kuitenkaan tyytyväisiä nykyiseen tapaan opettaa kemiaa. Koeryhmissä yleinen kiinnostus kemiaa kohtaan lisääntyi ja myös aktiivisuus oppitunnilla. Tutkimuksen tärkein hypoteesi oli, että ongelmalähtöinen oppiminen on tehokkaampi opetustapa oppimistulosten kannalta kuin perinteinen opetustapa. Tämä hypoteesi koettiin vahvistetuksi, vaikkakin opetusmetodin vähäisestä käytöstä johtuen sen toteuttamisessa yläkoulun kemian opetuksessa kohdattiin pieniä vaikeuksia. Tutkijoiden mukaan tähän olisi kuitenkin ratkaisuna kyseisen opetusmetodin laajempi käyttö.

### **3.6 Kokeellinen työskentely**

Kokeellisuus on merkittävässä roolissa yläkoulun kemian opetuksessa. Tämä käy ilmi POPS 2014:sta, jossa tutkimisen taidot on määritelty kemian opetuksen tavoitteisiin vuosiluokille 7-9. Tavoitteen T5 mukaan opetuksen tulee ”ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa sekä työskentelemään turvallisesti ja johdonmukaisesti”. Kemian tavoitteisiin liittyvistä keskeisistä sisältöalueista ”S1 Luonnontieteellinen tutkimus” korostaa turvallisen työskentelyn periaatteita ja perustyötaitoja, jotka antavat pohjan kokeelliselle työskentelylle. Samalla tutkimuksellisuus tukee käsitteiden rakentumista ja tutkimisen taitojen oppimista. Opetuksessa tulee myös ottaa huomioon tutkimusprosessien eri vaiheet. Näitä ovat esimerkiksi ongelman tai ilmiön pohtiminen, suunnittelu, koejärjestelyjen toteuttaminen, havainnointi, tulosten koonti ja käsittely sekä tilastojen arviointi ja esittäminen. Kokeellisessa työskentelyssä tulee noudattaa kemikaali- ja jätelainsäädäntöjä sekä erityisesti nuoria työskentelijöitä koskevia rajoituksia ja työturvallisuuslainsäädäntöä.

Kokeellinen työskentely on tärkeä osa kemian opetusta, koska esimerkiksi laboratoriotyöskentely on merkittävässä roolissa kemian tiedon rakentumisessa ja -hankinnassa. Kokeellinen ja käytännön työskentely auttaa oppilaita ymmärtämään erilaisiin kemikaaleihin ja laboratoriotyöskentelyyn liittyvä riskit sekä luomaan yhteyksiä tehtyjen havaintojen ja kemian tiedon välille. Lisäksi kokeellisuus edistää oppilaiden

työskentelyaktiivisuutta kemian tunneilla ja auttaa heitä ymmärtämään tieteellisen tutkimuksen prosesseja sekä oppimaan erilaisia kemian käsitteitä. (Woodley, 2009)

Tieteellisen tieto on luonteeltaan hyvin abstraktia, eikä tiedon siirtymistä opettajalta oppilaalle voi tehokkaasti tapahtua ilman oppilaan aktiivista roolia. Tieteellinen tieto on kuitenkin usein kytköksissä materiaalimaailmaan, joten opetukselle onkin luontevaa, että oppilaat voivat tutkia ja käsitellä erilaisia materiaaleja. Kokeellisen työskentelyn tavoitteena on edistää oppilaiden tieteellisen tiedon oppimista, sekä ymmärrystä tieteen luonteesta. On kuitenkin tärkeä ymmärtää ero kouluissa tehtävän kokeellisen laboratoriotyöskentelyn ja tutkimuslaboratorioiden välillä. Kouluissa keskitytään usein hiomaan kokeellisen työskentelyn taitoja aiemman tiedon pohjalta, kun taas tutkimuslaboratorioissa pyritään löytämään uutta tietoa samalla kehittäen uusia tutkimusmenetelmiä. (Millar, 2004)

Millar (2004) luettelee kriteerit toimivalle kokeellisen työskentelyn toteutukselle seuraavalla tavalla:

- Tehtävälle asetetut oppimistavoitteet ovat selkeät ja suhteellisen vähäiset.
- Tehtävässä korostetaan päätavoitteita, kiinnittämättä liikaa huomiota mihinkään ylimääräiseen.
- Stimuloidaan oppilaiden ajattelua etukäteen niin, että kokeelliset tehtävät vastaavat jo heidän ajatuksissaan oleviin kysymyksiin.
- Tehtävä tukee oppilaita muodostamaan yhteyden tehtyjen havaintojen ja tieteellisen tiedon välille.

Avoin ja tutkiva kokeellinen työskentely kehittää oppilaiden ymmärrystä tieteellisestä tutkimuksesta. Ongelmallista on kuitenkin se, että täysin avointa ja tutkivaa kokeellista työskentelyä on haasteellista toteuttaa kouluissa, kun oppilaiden tuotokset ovat osana kurssin arviointia. (Millar, 2004) Näin ollen kokeellisen työskentely on usein tavalla tai toisella ohjattua ja ennalta määritettyä. Tiedon ja havaintojen ymmärtämisen helpottamiseksi tulisi tavoitteita käsitellä ennen kokeellisen työskentelyn aloittamista tai sen aikana, jotta oppilaat saisivat paremman ymmärryksen siitä mitä tapahtuu ja mistä syystä. Tämä auttaa heitä myös kohdistamaan havainnointia oleellisiin asioihin ja tekee työskentelystä merkityksellistä oppilaan näkökulmasta. (Abrahams & Millar, 2008)

### 3.7 Yhteenveto teoreettisista näkökulmista

Aquafabaan liittyvän tieteellisen tutkimuksen tarkastelu osoitti, että sen soveltuvuudesta osaksi kemian opetusta ei ole aiempaa tutkimusta. Sen sijaan tarkastellessa aquafaban kemiallisia ominaisuuksia, kuten vaahtoutumista, voidaan todeta proteiinien olevan merkittävässä roolissa. Näin ollen aquafaba on aiheena mahdollista eheyttää kemiassa osaksi proteiinien opetusta. Aquafaba toimisi siten kemian opetuksessa kontekstina, jonka kautta proteiinien sisältötietoa voitaisiin opettaa ja auttaa oppilaita luomaan yhteyksiä oppitujen faktojen välille sekä soveltamaan tietoa myös arkielämässä.

Tämän lisäksi palkokasvien merkittävä rooli osana maanviljelyä ja ravinnontuotantoa maailmalla sekä aquafaban merkitys vegaaniruokavaliassa luovat mahdollisuuden eheyttää kyseiset kontekstit osaksi kestäväen kehityksen opetusta. Kestäväen kehityksen eri osa-alueita on vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteiden mukaan tarkasteltava opetuksessa yli oppiainerajojen. Palkokasvit ovat myös typen kierron kannalta merkittäviä kasveja, joten ruokamaailman ja typen kierron kontekstit mahdollistavat oppiainerajat ylittävän eheyttämisen esimerkiksi biologian ja kotitalouden opetukseen.

Kokeellinen tai tutkivat työskentely ja ongelmalähtöinen oppiminen ovat eheyttävän opetuksen metodeja. Aquafaba -aiheen tiimoilta on mahdollista kehittää ongelmalähtöisiä kokeellisia töitä. Ongelmalähtöisille töille on ominaista se, että töissä on mahdollista saada erilaisia tuloksia riippuen lähtötilanteesta ja työvaiheiden onnistumisesta. Laboratoriossa voitaisiin valmistaa ryhmissä aquafaboja erilaisista palkokasveista, jolloin lähtötilanne asettaisi reunaehdot myös lopputuloksen kannalta. Aquafaban ominaisuuksille ei ole vielä täysin tarkkaa tieteellistä selitystä ja erilaiset aquafabat voivat erota hyvin paljon toisistaan riippuen siitä, mistä palkokasvista sitä on yritetty valmistaa. Samalla laboratoriotyöskentelyllä voitaisiin edistää oppilaiden turvallisen ja suunnitelmallisen työskentelyn taitoja.

Aquafaban valmistamisen lisäksi voitaisiin laboratoriossa tutkia sen erilaisia kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Oppilaiden tulisi aktiivisesti tehdä havaintoja työskentelyn aikana ja pyrkiä siten tekemään johtopäätöksiä aquafaban toimivuuteen ja ominaisuuksiin liittyen havaintojen ja aiemman kemian tietämyksen avulla. Oppilaiden havaintojen pohjalta tekemät johtopäätökset perustuisivat siten heidän ymmärrykseensä aquafaban

sisältävien aineiden, erityisesti proteiinien, ominaisuuksista. Kun työt suoritettaisiin ryhmissä, korostuisi myös yhteistoiminnallisen työskentelyn merkitys. Tällöin ryhmien jäsenet olisivat yhdessä vastuussa työvaiheiden suorituksesta ja havaintojen tekemisestä sekä ryhmän täytyisi myös yhdessä koostaa johtopäätöksensä eheäksi kokonaisuudeksi ja esittää se muille ryhmille.

Seuraavassa luvussa esitellään tarveanalyysin sisältävä empirinen ongelma-analyysi I, jonka tarkoituksena oli selvittää onko yläkoulun kemian opetuksessa tarvetta eheyttävälle aquafaba -aiheisille kokeellisille töille.

## **4 Empiirinen ongelma-analyysi I**

Tarveanalyysi suoritettiin tarkastelemalla yläkoulun kemian oppikirjoja. Opettajat ovat monien tutkimusten mukaan opetuksessaan hyvin oppikirjasidonnaisia, minkä vuoksi oppikirjat soveltuvat hyvin tarkastelun kohteeksi. Oppikirjat ovat myös eräänlaista tietokirjallisuutta, sillä niissä esitetty tieto tulee olla tieteelliseen tutkimukseen perustuvaa ja kirjoissa esitetty tieto tulee olla perusteltua ja todenmukaista. (Ahtineva, 2000) Lisäksi oppikirjojen avulla voidaan välittää oppilaille valtakunnallisten- ja koulukohtaisen opetussuunnitelmien asettamat oppiainekohtaiset tiedot ja taidot (Uusikylä & Atjonen, 2005). Tarkasteltaviksi oppikirjoiksi otettiin yläkoulun kemian oppikirjat sen vuoksi, että kehitettävät kokeelliset työt suunniteltiin osaksi yläkoulun kemian opetusta.

Oppikirjojen tarkastelun lähtökohtana oli selvittää, missä kemian aihealueiden yhteyksissä puhutaan palkokasveista ja sitä kautta pohtia mihin aihe-alueeseen aquafaba -aiheiset työt kytkeytyisivät parhaiten. Näin ollen oppikirja-analyysin tarkoituksena oli löytää vastaus kehittämistutkimukselle asetettuun ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

### **4.1 Oppikirja-analyysi**

Oppikirja-analyysi suoritettiin teoriaohjaavan sisällönanalyysin mukaisesti (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Oppikirjoista etsittiin erilaisia mainintoja liittyen palkokasveihin, kuten herneet, pavut, linssit ja soija. Samalla palkokasveihin liittyvät maininnat jaoteltiin erilaisiin esiintymisluokkiin: leipäteksti, kuva, kuvateksti, inforuutu, kaavio, tehtävät ja laboratoriotehtävät. Jaottelussa on myös mainittu kemian käsite tai aihealue, jonka yhteydessä maininta on tehty.

### **4.2 Oppikirja-analyysin tulokset**

Tarkasteltaessa neljää eri yläkoulun kemian oppikirjaa ja yhtä kolmiosaista yläkoulun kemian oppikirjasarjaa, löytyi palkokasveihin liittyviä mainintoja yhteensä 33 kappaletta. Määrä ei ole suuri, mutta jokaisesta oppikirjasta tai oppikirjasarjasta löytyi mainintoja. Eniten mainintoja löytyi leipätekstistä 9/33, toiseksi eniten löytyi kuvista 8/33 ja



kolmanneksi eniten inforuuduista sekä kuvista/taulukkoista molemmista 6/33. Vähiten mainintoja löytyi tehtävistä ja kuvateksteistä, sillä kaikissa palkokasveihin liittyvissä kuvissa ei ollut tekstiä. Oppikirjojen ja oppikirjasarjojen mainintamäärien välillä ei ollut suurta eroa. Eniten oli 11 kappaletta mainintoja ja vähiten oli 5 kappaletta, kun oppikirjatkirjat E1-E3 käsiteltiin yhtenä. Alla olevassa taulukossa 6 on eritelty tarkastelluissa oppikirjoissa esiintyneet palkokasviaiheiset maininnat esiintymisluokittain.

**Taulukko 6: Palkokasviaiheisten mainintojen esiintyminen oppikirjoissa esiintymisluokittain**

Kirjat	Leipäteksti	Kuva	Kuvateksti	Inforuutu	Kaavio / Taulukko	Tehtävä	Yht.
A	3	1	-	-	1	1	6
B	2	4	1	1	2	1	11
C	1	1	-	2	2	-	6
D	1	1	1	1	1	-	5
E1	-	-	-	1	-	-	1
E2	-	-	-	-	-	-	0
E3	2	1	-	1	-	-	4
<b>Yhteensä</b>	9	8	2	6	6	2	33

Palkokasveihin liittyvät maininnat esiintyivät oppikirjoissa ja oppikirjasarjassa yhteensä kahdeksan eri kemian aihealueen yhteydessä. Joitakin aihealueita esiintyi ainoastaan tietyissä oppikirjoissa, mutta yhteneväisyytenä kaikissa oppikirjoissa ja käsitellyssä oppikirjasarjassa löytyi maininnat proteiinien käsittelyn yhteydessä. Taulukossa 7 on eritelty, minkä kemian aihealueen tai käsitteen yhteydessä maininnat ovat esiintyneet tarkastelluissa oppikirjoissa.

**Taulukko 7: Palkokasveihin liittyvät maininnat oppikirjoissa eri kemian aiheiden yhteydessä**

Kemian aihe	Kirjat							Yhteensä
	A	B	C	D	E1	E2	E3	
Proteiinit	2	6	3	4	-	-	4	19
Puhdas aine ja seos	4	-	-	-	-	-	-	4
Ioniyhdisteet	-	1	-	-	-	-	-	1
Ilmakehän kaasut	-	3	1	-	-	-	-	4
Rasvat	-	1	-	-	-	-	-	1
Vesi	-	-	1	-	-	-	-	1
Happamoituminen	-	-	1	1	-	-	-	2
Kemialliset yhdisteet	-	-	-	-	1	-	-	1

### 4.3 Oppikirja-analyysin yhteenveto

Oppikirjojen tarkastelun jälkeen voitiin todeta, että palkokasveja käsiteltiin yllättävän monipuolisesti eri kemian aiheiden yhteydessä. Toisaalta esimerkiksi puhtaan aineen ja seoksen käsittelyn yhteydessä puhuttiin hernekeitosta vain esimerkkinä heterogeenisestä seoksesta. Tämä ei siis sisällöllisesti käsitellyt varsinaisesti palkokasvien kemiallisia ominaisuuksia. Esiin nousi hyvin selkeästi se, että palkokasveja käsiteltiin oppikirjoissa toistuvasti proteiinien kemian yhteydessä ja tämä kategoria erottui selkeästi kaikista muista kemian aihealueista mainintamäärällään 19/33 kappaletta.

Palkokasveihin liittyvää sanastoa sisältäviä tehtäviä ei juuri löytynyt, mutta erityisesti proteiineja käsittelevien kappaleiden tehtävät olivat sellaisia, että niiden vastauksissa olisi vaadittu mainintoja niistä. Esimerkkinä kysymys: ”Mitkä ruoka-aineet sisältävät paljon valkuaisaineita?”. Kun kirjoissa puhuttiin proteiineja sisältävistä ruoka-aineista, oli esimerkkinä lähes aina palkokasvit ja osassa kirjoista mainittiin vielä, kuinka ne ovat hyvä proteiinin lähde varsinkin vegaaniruokavaliota noudattaville. Lisäksi oppikirjoissa, jotka käsitelivät typen kiertoa, oli mainintoja erilaisten hernekasvien kyvystä voida sitoa ilmakehän typpeä käyttöönsä proteiinien rakentamiseen. Oppikirjojen maininnat

palkokasveista proteiinien käsittelyn yhteydessä osoittavat sen, että eheyttävälle aquafaba - aiheisille kokeellisille töille on tarvetta erityisesti proteiinien opetuksen näkökulmasta.

## **5 Kehittämisprosessi: Oppimateriaalin kehittäminen ja tavoitteet**

Tässä kehittämistutkimuksessa pyrittiin selvittämään, millaiset kokeelliset työt mahdollistavat aquafaban integroimisen yläkoulun kemian opetukseen. Tätä tarkasteltiin opetussuunnitelmien, niiden pohjalta tehdyn oppikirjallisuuden sekä opetuksen tutkimuksen näkökulmista teoreettisella ongelma-analyysillä ja empirisellä ongelma-analyysillä.

Kokeellisten töiden kehittämisessä tarkasteltiin myös erilaisia kokeellisia kemian töitä oppikirjoista ja nettimateriaaleista. Aquafaba -aiheisia videoita ja tekstejä tutkittiin netissä, minkä pohjalta pyrittiin kehittämään toimivia kokeellista työskentelyä vaativia töitä, joiden avulla parhaiten voitaisiin tutkia aquafaban erilaisia ominaisuuksia. Kehitetyissä töissä oppilaat pääsevät ryhmissä tutkimaan erilaisia palkokasveja ja valmistamaan niistä aquafabvoja, jolloin eri ryhmien tekemät havainnot ja töiden lopputulokset voivat erota toisistaan merkittävästi. Lisäksi oppilaat pääsevät tutkimaan ryhmissä aquafaban ja kananmunan valkuaisen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia sekä vertailemaan niitä. Oppilaat joutuvat arvioimaan kriittisesti saamiaan tuloksia ja heidän tulee kootusti esittää tulokset ja omat päätelmänsä muille ryhmille.

Töiden tavoitteena on, että oppilas

- oppii turvallisen laboratoriotyöskentelyn taitoa sekä työskentelemään suunnitelmallisesti.
- kykenee arvioimaan kriittisesti tekemiään havaintoja ja muodostamaan hypoteeseja yhdessä ryhmän kanssa.
- oppii ymmärtämään aquafaba -aiheen taustalla olevan proteiinien kemian sekä kontekstin yhteiskunnallisen merkityksen.

Tavoitteiden toteutettavuutta käsitellään empirisen ongelma-analyysi II:n yhteenvedossa.

## 5.1 Kokeellisten töiden tallennus ja jakelu

Työt kehitettiin käytettäväksi Helsingin yliopiston Kemianluokka Gadolinin ohjauksissa. Tästä johtuen myös työohjeiden ulkoasu ja rakenne myötäilevät Kemianluokka Gadolinin työohjeiden mallia. Myöhemmin esiteltävän empiirisen ongelma-analyysi II:n pohjalta tehtiin vielä tarvittavat lisäykset ja korjaukset työohjeisiin, minkä jälkeen ne tallennettiin Kemianluokka Gadolinin työohjepankkiin. Tällöin ne ovat kaikkien käytettävissä ja toteutettavissa myös kouluissa. Työt on kehitetty ja testattu käyttäen apuna Kemianluokka Gadolinin laboratoriota, joten työt on mahdollista toteuttaa juuri kyseisen laboratorion välineistöllä soveltuen siten hyvin ohjattaviksi töiksi.

Seuraavassa luvussa esitellään tarkemmin kehitettyjen töiden sisältöä sekä töiden arviointia tapaustutkimuksella.

## **6 Kehittämistuotos I**

### **6.1 Aquafaban valmistus**

Tässä työssä johdatellaan oppilaat aquafabaan liittyviin tutkimuksiin käymällä aluksi läpi erilaisten palkokasvien kemiaa ja niiden yhteyttä ruokaan. Teoriaosuus on toimivinta käsitellä siinä vaiheessa, kun ryhmät ovat valinneet tutkittavan palkokasvinsa ja käynnistäneet keittoprosessin. Näin vältetään liiallista ajankäyttöä.

Seuraavaksi siirrytään kokeelliseen osuuteen, jossa valmistetaan erilaisia aquafaboja. Oppilaat jaetaan 2-3 hengen ryhmiin, jotka valitsevat yhden palkokasvin käytettäväksi aquafaban valmistuksessa. Palkokasveja keitetään lämpölevyllä ja oppilaiden tulee tarkkailla palkokasvien rakenteiden sekä nesteiden värin muutoksia prosessin aikana. Palkokasveja keitetään noin 30 minuutin ajan tai kun ne ovat selvästi pehmentyneet. Eri ryhmillä kuluu tähän hieman eri määrä aikaa riippuen palkokasvivalinnasta. Seuraavaksi keittoliemi redusoidaan noin puoleen alkuperäisestä tilavuudesta. Nesteiden määrään vaikuttaa se, kuinka paljon nestettä oli keittämisen alkuvaiheessa, kauanko palkokasveja keitettiin ja se, että osa palkokasveista saattaa absorboida paljon vettä.

Kun redusoidulla liemellä on hieman geelimäinen rakenne, voidaan tehdä vaahdotumistesti ja todeta valmistetun aquafaban toimivuus. Ennen vaahdottamista tulee noin 1/3 nesteestä jäädyttää petrimaljalla ja kaataa vasta sitten kulhoon vaahdottamista varten. Keitinlasiin jätetyn keittonesteen redusoimista on syytä edelleen jatkaa, sillä mikäli vaahdotumistesti ei toimi, voidaan sitä yrittää uudelleen kun suurempi osa vedestä on saatu haihdutettua. Lopuksi käydään läpi yhdessä ryhmien havainnot, pohditaan erilaisten työvaiheiden merkitystä ja todetaan, mitkä palkokasveista soveltuisivat parhaiten aquafaban valmistukseen.

### **6.2 Aquafaban ja kananmunan valkuaisen ominaisuuksien vertailu**

Tämä kokeellinen työ toimii luontevana jatkumona ensimmäiselle työlle, mutta on mahdollista toteuttaa myös ilman sitä pienin muutoksin. Tässä työssä tarkastellaan aquafaban fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia verrattuna kananmunan valkuaiseen.

Tutkimuksissa käytetään kananmunan valkuaisen lisäksi aiemmassa työssä valmistettuja aquafaboja, mikäli ensimmäinen työ on tehty, sekä säilykekikherneiden nestettä, joka toimii kontrolli -aquafabana. Jos ensimmäistä työtä ei tehdä, tutkitaan tässä työssä vain säilykekikherneiden aquafabaa ja kananmunan valkuaista. Tutkittaville aineille tehdään seuraavat testit:

- Vahtoutumistesti
- Vaahtojen tarkastelu (väri, rakenne, haju, kuplakoko mikroskoopilla)
- Reagoiminen lämpöön (kuumennus koeputkessa)
- Reagoiminen happoihin ja emäksiin (6 kennon levyllä)
- Proteiinien osoitusreaktio

Työn tarkoituksena on selvittää, millä tavoin aquafaban ja kananmunan valkuaisen kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet eroavat toisistaan. Tämän pohjalta tehdään päätelmät siitä, millaisissa ruuanlaittoon liittyvissä tilanteissa kananmunan valkuainen voidaan korvata käyttämällä aquafabaa ja millaisissa tilanteissa ei. Yhteenvetona käydään yleinen keskustelu siitä, mitä eettisiä ja terveydellisiä perusteluja olisi korvata kananmunan valkuainen aquafaballa.

Työohjeiden lopussa on osio ”vinkkejä opetukseen”. Tässä annetaan opettajalle ohjeita, miten oppilaiden työskentelyä voidaan arvioida ja miten työt voitaisiin liittää osaksi koko kurssin arviointia. Lisäksi annetaan ohjeita siihen, miten kokeellisia töitä voidaan eheyttää kotitalouden opetukseen.

### **6.3 Tuotosten arviointi tapaustutkimuksella**

Työt testattiin Kemianluokka Gadolinissa yläkoulun vierailuryhmällä, jolloin kyseessä oli tapaustutkimus. Oppilailta kerättiin palautetta kyselylomakkeella. Opettaja pääsi tarkastelemaan myös lomaketta ja antoi avointa palautetta testauskerran jälkeen haastattelun muodossa. Testauskerran ohjaajana tein havainnointia ohjauksen aikana ja kirjasin havainnot. Seuraavassa empirinen ongelma-analyysi II -luvussa käsitellään tarkemmin tapaustutkimuksen toteutusta, tuloksia sekä kokeellisten töiden jatkokehitystä.

## 7 Empiirinen ongelma-analyysi II

### 7.1 Tapaustutkimus

Kokeellisten töiden toimivuutta tutkittiin tapaustutkimuksen metodein. Töitä testattiin yhdellä Kemianluokka Gadolinissa vierailevalla ryhmällä, joka koostui 11 oppilaasta ja yhdestä kemian opettajasta. Aineisto kerättiin käyttämällä laadullisen ja määrällisen tutkimuksen metodeja keskittymällä siihen, että oppilailta ja opettajalta saatu palaute olisi mahdollisimman avointa, olematta liikaa heidän ajatuksiaan ohjaavaa. Tämä on pyritty ottamaan huomioon kyselylomaketta ja haastattelun rakennetta suunniteltaessa.

Havainnoinnin avulla pyrittiin tuomaan lisänäkökulmaa ja parhaimmassa tapauksessa antamaan tukea kyselylomakevastauksissa ja haastattelussa esiin tulleille asioille.

Seuraavissa luvuissa käsitellään kyselylomakkeen, haastattelun ja havainnoinnin käyttöä osana tutkimusta sekä esitellään testauskerralla saatuja tuloksia. Lopuksi tulosten pohjalta kootaan yhteenvetona keinoja, joilla kokeellisia töitä voitaisiin kehittää.

### 7.2 Kyselylomake

Vierailukerralla kokeellisten töiden testaamisen jälkeen oppilaita pyydettiin täyttämään e-lomake, jolla kartoitettiin oppilaiden kokemuksia ja ajatuksia. Pyrittiin tekemään johtopäätöksiä siitä, miten töitä voitaisiin kehittää tämän palautteen pohjalta. Lomakkeen alussa pyydettiin vastaajaa täyttämään taustatiedot, jossa kysyttiin sukupuolta sekä ovatko käyneet yläkoulun kemiassa läpi seuraavia aiheita: proteiinit, hiilihydraatit, rasvat sekä hapot ja emäkset.

Seuraavat kaksi osiota käsittelevät työohjeita ja kemian sisältöä. Kyselylomakkeessa oli väittämiä, joihin oppilaat vastasivat Likert asteikolla. Asteikossa oli seuraavat asenneväittämät:

1. Täysin eri mieltä
2. Jokseenkin eri mieltä
3. Ei samaa eikä eri mieltä
4. Jokseenkin samaa mieltä
5. Täysin samaa mieltä

Työohjeet –osion väittämässä oppilaita pyydettiin arvioimaan työohjeiden visuaalisuutta, rakennetta sekä työohjeiden noudatettavuutta ja tavoitteiden selkeyttä. Osiossa oli myös yksi avoimen vastauksen kenttä, johon oppilaat saivat listata omia muutosehdotuksiaan työohjeisiin. Kemian sisältö -osion väittämät liittyivät kokeellisten töiden kemian sisältötietoon, työskentelyyn liittyviin taitoihin sekä asenteiden kehittymiseen. Tarkoituksena oli selvittää, miten hyvin kokeelliset työt auttoivat oppilaita ymmärtämään proteiinien kemiaa, miten eheyttäminen ja kontekstit toimivat kokeellisissa töissä, tukivatko työt kestävän kehityksen ymmärtämistä ja lisäsivätkö ne kemian kiinnostavuutta. Väittämät on esitetty tarkemmin tulosten yhteydessä.

Viimeisenä lomakkeella oli avointen kysymysten osio, jossa oppilaat saivat omin sanoin kuvata mitä uutta oppivat töistä sekä mikä oli eniten ja vähiten mieluisaa työskentelyssä. Lopussa oli vielä kenttä vapaille kommenteille. Kyselylomakkeen avointen kysymysten haasteena on oletamus siitä, että vastaajat kykenevät, haluavat tai osaavat ilmaista itseään kirjallisesti tarkoittamallaan tavalla. (Tuomi & Sarajärvi, 2009) Tämä otettiin huomioon oppilaiden vastauksia arvioidessa.

Kyselylomakkeen laatimisen taustalla oli se, että oppilaiden palautetta töistä pidettiin hyvin tärkeänä ja olennaisena osana töiden jatkokehittämisessä. Jos työ ei esimerkiksi miellyttäisi oppilaita tai he eivät olisi motivoituneita työskentelemään sen parissa, olisi syytä uskoa että töiden toteuttaminen ei välttämättä johtaisi merkittävään oppimiseen.

### **7.3 Haastattelu**

Haastattelun etuna on sen joustavuus. Haastattelija esittää kysymykset suullisesti ja merkitsee tiedonantajan vastaukset muistiin. Haastattelussa on mahdollista selvittää ilmausten sanamuotoja ja käydä keskustelua tiedonantajan kanssa, mikä tekee haastattelusta tiedonkeruumetodina hyvin joustavan. Haastattelussa joustavaa on myös se, että kysymykset voidaan esittää siinä järjestyksessä kuin katsotaan aiheelliseksi ja haastattelun rakennetta voidaan strukturoida sen mukaisesti. Haastattelussa on tarkoituksena saada mahdollisimman paljon tietoa halutusta asiasta. (Tuomi & Sarajärvi, 2009)



Vierailuryhmän opettajaa haastateltiin töiden testaamisen jälkeen ja haastattelu äänitettiin. Haastattelun alussa opettajalta kysyttiin yleisesti ajatuksia ohjauksesta ilman, että opettajan ajattelua ohjattiin millään tavalla. Tämän jälkeen käytiin läpi oppilaille kohdistettua kyselylomaketta. Opettaja pääsi kuvaamaan näkemyksensä työhajeisiin ja kemian sisältöön liittyviin väittämiin omin sanoin sekä kommentoimaan avoimia kysymyksiä. Lopuksi opettajalta tiedusteltiin, miten hänen mielestään kyseiset kokeelliset työt soveltuisivat osaksi proteiinien opetusta yläkoulun kemiassa. Lisäksi kysyttiin, miten hyvin opettajan mielestä aquafaba soveltuu eheyttävän kemian opetuksen kontekstiksi. Opettajalle annettiin haastattelussa mahdollisuus ilmaista näkemyksensä mahdollisimman avoimesti, jotta hän pystyi kuvaamaan tarkasti niitä asioita ja keinoja, joiden avulla kokeellisia töitä voitaisiin kehittää. Samalla haastattelussa pyrittiin saamaan vastauksia tämän tutkielman tutkimuskysymyksiin.

#### **7.4 Havainnointi**

Havainnoinnin avulla voidaan kytkeä muita aineistonkeruumenetelmiä paremmin saatuun tietoon ja voidaan monipuolistaa tutkittavasta ilmiöstä saatua tietoa. Osallistuvassa havainnoinnissa tutkija toimii aktiivisesti tutkimuksensa tiedonantajien kanssa, jolloin sosiaaliset vuorovaikutustilanteet muodostuvat tärkeäksi osaksi tiedonhankintaa. (Tuomi & Sarajärvi, 2009) Testauskerralla ohjaajana toimin osallistuvana havaintojen tekijänä. Seurasin oppilaiden työskentelyä ja keskustelua ryhmissä sekä heidän vastauksiaan esitettyihin kysymyksiin ohjauksen eri vaiheissa. Havainnot kirjattiin muistiin ja niitä verrattiin kyselylomakevastausten ja haastattelun pohjalta tehtyihin päätelmiin tuloksissa. Havainnointi toimi tässä tarkoituksessa siis ikään kuin tukea antava metodina muille tiedonkeruumenetelmille.

## 7.5 Tulokset

Vierailulla olleista 11 oppilaasta 9 vastasi heille kohdistettuun kyselyyn. Vastaajista 6 oli tyttöjä ja 3 poikaa. Kaikki vastaajista kertoivat käyneensä läpi yläkoulun kemian opetuksessa proteiineja, hiilihydraatteja, rasvoja sekä happoja ja emäksiä käsittelevät aiheet. Alla olevassa taulukossa 8 on esitetty oppilaiden vastauksista saadut tulokset työohjeisiin liittyviin väittämiin. Väittämien arvot on määritelty aiemmin esitetyn Likert asteikon mukaisesti luvuin 1-5. Koska kyseessä on järjestysasteikko, on selkeämmän käsittelyn vuoksi vastausjoukoista määritelty jokaisen väittämän kohdalla keskiarvo, moodi sekä pienin ja suurin arvo.

**Taulukko 8: Työohjeisiin liittyvät väittämät kyselylomakkeella**

Mitä mieltä olet seuraavista työohjeisiin liittyvistä väitteistä?	Keskiarvo	Moodi	Pienin arvo	Suurin arvo
Työohjeet ovat visuaalisesti miellyttäviä.	4,4	4	4	5
Työohjeiden rakenne on selkeä.	4,4	5	2	5
Työohjeita on helppo noudattaa.	4,9	5	4	5
Työohjeiden tavoitteet ovat selkeät.	4,1	4	3	5

Yhtä vastaajaa lukuun ottamatta kaikki olivat joko täysin tai osittain samaa mieltä siitä, että työohjeet olivat visuaalisesti miellyttäviä ja että rakenne oli selkeä. Työohjeita oli oppilaiden mielestä helppo noudattaa (keskiarvo = 4,9) ja kaikki kokivat ainakin jollakin tasolla töiden tavoitteiden olevan selkeät (vaihteluväli 3-5). Työohjeisiin liittyvien väitteiden alla oli avoimen vastauksen laatikko, johon oppilaat saivat kertoa muutosehdotuksistaan työohjeisiin. Vastauksia tuli yhteensä neljä, joista kaksi ei tekisi mitään muutoksia työohjeisiin ja yksi vastaajista kirjoitti, että ”Työohjeet olivat selkeät ja ymmärsin niistä asian”. Yksi vastaajista koki toisaalta, että ”Helpommin voisi selittää, kun jotkut on tosi pihalla asioista”. Tämä kommentti saattoi kuitenkin liittyä enemmänkin ohjauksen toteutukseen kuin varsinaisesti työohjeiden sisältöön.

Taulukossa 9 on esitetty oppilaiden vastauksista saadut tulokset kemian sisältöön liittyviin väittämiin.

**Taulukko 9: Kemian sisältöön liittyvät väittämät kyselylomakkeella**

Mitä mieltä olet seuraavista kemian sisältöön liittyvistä väitteistä?	Keskiarvo	Moodi	Pienin arvo	Suurin arvo
Työt auttoivat ymmärtämään proteiinien kemiaa.	4,0	3/5	3	5
Töissä yhdistyi kemia ja ruoka toimivalla tavalla.	4,4	5	3	5
Työt liittyivät arkielämän ilmiöihin.	4,3	4/5	3	5
Työt kehittivät omia kokeellisen työskentelyn taitoja.	4,4	5	3	5
Töissä tuli suhtautua kriittisesti saatuihin tuloksiin.	3,9	4	3	5
Työt tukivat kestäväen kehityksen ymmärtämistä.	4,4	5	3	5
Ongelmalähtöiset työt lisäsivät kemian kiinnostavuutta.	3,9	5	2	5

Vastaaajien joukossa oli huomattavaa hajontaa siinä, auttoivatko työt heidän mielestään ymmärtämään proteiinien kemiaa (moodi 3/5). Toisaalta yksikään vastaaja ei ollut väitteen kanssa eri mieltä. Kemia ja ruoka oli yhdistetty töissä toimivalla tavalla yhteen (moodi 5) ja koettiin, että työt liittyivät ainakin osittain arkielämän ilmiöihin (moodi 4/5). Koettiin myös laajasti, että työt kehittivät kokeellisen työskentelyn taitoja (moodi 5). Suurimmalta osin vastausjoukossa oltiin ainakin osittain sitä mieltä, että töissä tuli suhtautua kriittisesti saatuihin tuloksiin (moodi 4). Oppilaat kokivat myös, että työt tukivat kestäväen kehityksen ymmärtämistä (moodi 5). Suurin vaihteluväli oli ongelmalähtöisten töiden kiinnostavuuteen liittyvässä väittämässä, jossa yksi vastaajista koki olevansa osittain eri mieltä sen kanssa, että ne olisivat lisänneet kemian kiinnostavuutta. Toisaalta taas suurin osa vastaajista oli väittämän kanssa täysin tai osittain samaa mieltä (moodi 5).

Alla olevassa taulukossa 10 on esitetty avoimet kysymykset ja kaikki niihin saadut vastaukset oppilailta.

## Taulukko 10: Avoimet kysymykset kyselylomakkeella

Mitä uutta opit töistä?	"Aguafabaaa" "en mitään" "Työvälineiden käyttö" "Aguafabasta opin" "Tekemään kokeellisia töitä" "Opin erilaisten kemian töiden vaiheita paremalla tavalla." "Opin tietämään mikä aquababa" "en mitään"
Mikä töissä oli mieluisinta?	"kun sai tehdä paljon itse" "Uusien asioiden oppiminen" "lopetus" "Aineiden reaktioiden testailu" "Tehdä tutkimuksia" "Tutkiminen" "Se kun pääsi itse tekemään omilla käsillä asioita ja oppi eri työvaiheita." "Seb rentois eikä se että olisi hirveä kiire" "lopetus"
Mikä töissä oli vähiten mieluisaa?	"aika pitkä" "Aineiden haistaminen" "Töiden pituus ja pitkä odottaminen" "Sekoittaa" "En tiedä" "Varmaankin kirjoittaminen" "Tippojen laittaminen"
Vapaita kommentteja töistä	"Mielenkiintoinen" "Työt olivat kiinnostavia ja mukavia tehdä."

Uusien asioiden oppimisen osalta vastauksista kävi ilmi, että aquafaba oli monille vastaajista aiemmin tuntematon. Havainnoinnissa huomattiin, että toisaalta kukaan ei ollut aiemmin kuullut aiheesta kun sitä ryhmältä kysyttiin ohjauksen alussa. Vastauksista kävi myös ilmi, että työt ovat kehittäneet kokeellisen työskentelyn taitoja. Mieluisten asioiden keskiössä testauksessa oli tutkiminen ja se että ei tarvinnut kiirehtiä. Mieluisena pidettiin myös sitä, että oppilaat pääsivät omin käsin tekemään asioita. Vähiten mieluisana pidettiin tiettyihin työskentelyn vaiheisiin liittyvää odottelua ja se että työt olivat joidenkin oppilaiden mielestä hyvin pitkiä. Vapaisiin kommentteihin tuli ainoastaan kaksi vastausta, joiden mukaan töiden kokonaisuus oli ”mielenkiintoinen” ja että ”Työt olivat kiinnostavia ja mukavia tehdä”.

Opettaja kuvasi haastattelun alussa töitä mielenkiintoisiksi ja korosti erityisesti ruokakontekstin toimivuutta ajatellen oppilaiden itsenäistymistä ja sitä, että he joutuvat tulevaisuudessa tekemään omia valintoja ruuan suhteen. Opettajan mielestä kokeelliset työt pitäisi ehdottomasti yhdistää jollakin tavalla kotitalouden opetuksen kanssa. Opettaja ehdotti, että ensimmäinen työ eli aquafabojen valmistus voitaisiin tehdä kotitalousluokassa yhdistettynä ruuanlaittoon.

Opettajan mielestä työohjeet olivat visuaalisesti selkeitä ja miellyttäviä. Opettaja koki, että oppilaiden oli helppoa noudattaa niitä, koska ohjeistus oli ryhmän tietotasoa ajatellen tarpeeksi yleisellä tasolla eikä keskitytty liikaa mikrotason tarkasteluun. Kuvat olivat opettajan mielestä hyviä ja ensimmäisen tehtävän ryhmäjaottelu eri tutkittavien papujen mukaan toimi hänen mielestään hyvin. Oppilaat halusivat tehdä omaa tutkimusta ja samalla hieman tarkkailla millaisia tuloksia muut ryhmät saivat. Viisi eri työpistettä omien aquafabojen tutkimiselle toisessa työssä olivat opettajan mielestä erityisen hyviä. Lisäyksenä teorian osalta opettajan mielestä denaturoitumista voitaisiin käsitellä työohjeissa yleisellä tasolla. Puhuttaessa työohjeiden noudatettavuudesta ja tavoitteista, nosti opettaja esiin yleisen ongelman liittyen oppilaiden malttamattomuuteen. Hänen mukaansa oppilaat eivät usein pysähdy miettimään, että miksi opitaan vaan halutaan suorittaa asiat nopeasti. Lisäksi opettaja koki, että työt olivat ehkä hieman raskaita suorittaa peräkkäin ilman taukoa. Opettaja ehdotti, että kokonaisuus pitäisi olla jotenkin tauotettu tai että ensimmäinen osio tehtäisiin ensin kotitalousluokassa ja sitten toinen osuus suoritettaisiin kemianluokassa vaikka seuraavana päivänä.

Töiden kemian sisältöön liittyen opettaja kommentoi, että työt auttoivat ymmärtämään proteiinien kemiaa ja rakennetta juuri sillä tasolla kuin sitä käsitellään peruskoulussa eli proteiinien hajoamista lämmön ja happojen vaikutuksesta sekä vaahtoutumista. Opettajan mielestä töissä yhdistyi hyvin ruokakonteksti, mutta ryhmässä ei hänen mukaansa tainnut olla yhtäkään erityisruokavaliota noudattavaa oppilasta. Opettajan mukaan tällä on suuri merkitys oppilaiden kiinnostuneisuuden kannalta eli esimerkiksi henkilöt, joilla olisi ollut kanamuna allergia, olisivat kyseisen aquafabakontekstin voineet kokea oleellisesti kiinnostavampana ja osana omaa arkielämää. Opettajan mielestä toisen kokeellisen työn viidessä työpisteessä oli sopivalla tasolla olevia erilaisia työtapoja. Opettaja piti hyvänä myös sitä, että työt harjoittivat työskentelytarkkuutta. Kierrellessään laboratoriossa hän huomasi, että moni ryhmä meni sekaisin tutkittavien koeputkien kanssa, koska eivät merkinneet niitä. Virheen tajuaminen auttoi heitä oppimaan. Kestävä kehityksen näkökulmasta kanamunakonseptia voisi opettajan mielestä käyttää jossakin muussakin oppiaineessa ja käsitellä samalla ruuantuotantoa laajemmin. Hänen mukaansa mediassakin puhutaan nykyisin paljon lihatuotteiden korvaamisesta ja oppilaat ovat siitä myös tietoisia. Siinä mielessä työt olivat hänen mielestään loistavia ja tulevat myös toimivalla tavalla osaksi tätä päivää.

Kysyttäessä opettajalta miten kokeelliset työt soveltuisivat osaksi yläkoulun kemian opetusta, oli opettaja sitä mieltä, että työt voitaisiin toteuttaa myös kouluympäristössä. Hänen mukaansa töissä tarvittavat aineet, kemikaalit ja työtavat ovat sellaisia, mitä voidaan käyttää kouluissa. Opettaja kuitenkin korosti, että töiden toteutus on syytä suunnitella hyvin. Opettaja mielestä työt olivat erittäin hyviä myös siinä mielessä, että ne liittyvät arkipäiväiseen asiaan eli ruokaan ja että niissä toimitaan käsin kosketeltavalla tasolla eikä mennä liian tarkasti esimerkiksi aminohappojen sidosten käsittelyyn.

Opettajan mielestä aquafaba soveltuu hyvin eheyttäväksi kontekstiksi proteiinien opetuksessa yläkoulun kemiassa. Erityisesti eettisen tarkastelun osuus toisessa työssä toi hänen mielestään mielenkiintoisen lisän kokonaisuuteen, kun pohdittiin aquafabaa korvaavana vaihtoehtona kanamunan valkuaiselle ruuanlaitossa. Työohjeiden lopussa oleviin opetusvinkkeihin liittyen opettaja kommentoi, että kotitaloudessa voitaisiin esimerkiksi papuruokien valmistuksen yhteydessä ottaa yhtenä osana aquafabojen valmistus ja voitaisiin kokeilla parhaiten vaahtoutuvaa aquafabaa erilaisten ruokien valmistuksessa. Oppilaalle saisi hänen mukaansa näiden töiden pohjalta tehtyä vaikka vuoden pituisen polun tutkimuksen parissa.

Havainnoissa huomattiin paljon samanlaisia töiden suoritukseen liittyviä asioita, kuin mitä oppilaiden vastauksista ja opettajan haastattelusta kävi ilmi. Aquafabojen valmistuksessa osa ryhmistä joutui odottelemaan muiden ryhmien etenemistä, sillä keittoprosessit veivät eri määrän aikaa riippuen ryhmän valitsemasta pavusta. Toisessa työssä sama ilmiö esiintyi työpistevaiheessa, kun jokaisella viidellä työpisteellä meni eri määrä aikaa suorittaa tutkimukset. Mikäli teoriaosuus käydään samaan aikaan, kun keittoprosessi on käynnissä, tulee kiehumista voida seurata. Joillakin ryhmillä keittolevyjen lämpötila oli liian alhainen, jolloin keittymistä ei tapahtunut kunnolla ja osalla ryhmistä vesi meinasi kiehua yli. Toisessa työssä tutkittiin vaahtojen rakennetta mikroskoopilla, mikä tuotti hieman ongelmia monissa ryhmissä. Haasteena oli saada säädettyä mikroskoopin linssiä siten, että vaahtojen rakenne tulisi selkeästi näkyviin. Lisäksi proteiinien osoitusreaktio -työvaiheessa ei välttämättä tarpeeksi korostettu sitä, että tutkittavien aineiden koeputket tulisi merkitä selkeästi, sillä monilla ryhmillä koeputket menivät sekaisin. Tätä opettaja kommentoi myös haastattelussa. Muilta osin töiden eri työvaiheet sujuivat onnistuneesti, sillä kaikki ryhmät saivat valmistettua aquafabaa ensimmäisessä työssä ja toisessa työssä jokainen ryhmä sai kerättyä työpisteillä havaintoja lomakkeelle.

Oppilaat ymmärsivät esitetyt pohdintakysymykset hyvin ja vastasivat niihin aktiivisesti. Oppilaat alkoivat kuitenkin ohjauksen lopuksi olla hyvin malttamattomia ja levottomia, mikä johtui taukojen puuttumisesta. Tämä kävi ilmi myös oppilaiden vastauksista ja opettajan haastattelusta. Töiden kemian teoriaan liittyen moni oppilaista ei osannut kertoa mistä proteiinien denaturoitumisessa on kyse, minkä myös opettaja nosti esille haastattelussa. Oppilaiden vastausten perusteella he olivat käyneet jo proteiinien kemiaa läpi yläkoulun kemian opetuksessa, joten he eivät vain muistaneet sitä.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan molempien töiden kesto olisi noin 1,5 tuntia, kun ensimmäisen työn liotusvaihe oli tehty etukäteen. Ensimmäisen työn suorittamiseen kului aikaa noin 1 tunti ja 15 minuuttia ja toisen työn suorittamiseen meni vain noin 1 tunti, sillä oppilaat työskentelivät hyvin aktiivisesti ja nopeasti.

## 7.6 Yhteenveto ja jatkokehitys

Tuloksia arvioidessa niiden uskottavuuteen vaikuttaa hieman se, että työt testattiin vain yhdellä vierailevalla ryhmällä. Näin ollen erilaisten vastauskategorioiden saturoitumista ei voida todeta tapahtuneen merkittäväällä tavalla. Toisaalta töiden testaamisen tarkoituksena oli todeta töiden toimivuus sekä saada näkemyksiä siihen, miten töitä voitaisiin kehittää. Lisäksi opettajan haastattelulla pyrittiin saamaan käsitys siitä, olisivatko kehitetyt työt otettavissa toimivalla tavalla osaksi yläkoulun kemian opetusta ja onko aquafaba eheyttävänä kontekstina sellainen, että sen kautta voitaisiin opettaa proteiinien kemiaa.

Työohjeille asetettiin myös erilaisia oppimistavoitteita. Tavoitteena oli, että työt kehittäisivät oppilaiden kokeellisen työskentelyn ja kriittisen ajattelun taitoja sekä auttaisivat oppilaita ymmärtämään aquafaban taustalla olevan proteiinien kemian ja yhteiskunnallisen merkityksen. Kyselylomakkeiden asenneväittämätulosten pohjalta voidaan olettaa kyseisten tavoitteiden toteutuneen ainakin jollakin tasolla, mutta tarkempi arviointi tulisi tehdä laajemman kyselyn tai testauksen kautta.

Sekä oppilailta että opettajalta saatu palaute oli kaikin puolin erittäin positiivista, mikä osoittaa että työt olivat toimivia niin toteutuksen kuin kemian sisällön osalta. Saadun palautteen ja tehtyjen havaintojen perusteella voitiin myös kehittää kokeellisia töitä ja luomaan siten keittämistuotos II. Toisen työn pohdintaosuuteen otettiin käsiteltäväksi proteiinien denaturoituminen, jotta töiden yhteys proteiinien kemiaan kävisi paremmin ilmi. Muilta osin töissä käsitelty kemia todettiin olevan sopivalla tasolla yläkoulun kemian opetukseen nähden. Työohjeiden lopussa olevaan ”vinkkejä opetukseen” osioon tuotiin ehdotus siitä, että aquafabojen valmistus voidaan tehdä yhdessä kotitalouden opetuksen kanssa.

Työvaiheisiin tai välineistöön liittyviä suurempia muutoksia ei koettu tarpeelliseksi tehdä, sillä töiden suoritus Kemianluokka Gadolinissa onnistui hyvin ja opettajan mielestä työt voidaan tehdä myös kouluympäristössä.



## 8 Johtopäätökset ja pohdinta

### 8.1 Aquafaba -aiheisia materiaaleja kehitettäessä huomioitavat asiat

Aquafaba -aiheisten materiaalien suunnittelun alkuvaiheessa tuli selvittää, millaista tutkimusta aquafabaan liittyen on tehty ja millainen tutkimustieto olisi olennaista kemian opetuksen näkökulmasta. Lisäksi tuli selvittää, miten aquafabakonteksti voitaisiin liittää osaksi kemian opetusta. Näihin kysymyksiin pyrittiin vastaamaan teoreettisella ongelma-analyysillä ja empiirisellä ongelma-analyysillä.

Teoreettisessa ongelma-analyysissä kartoitettiin aquafaban valmistuksessa käytettävien palkokasvien kemiaa sekä aquafaban ominaisuuksien kannalta tärkeimpiä ravintoaineita. Kemian kartoituksella pyrittiin selvittämään, millaiset kemian sisältöalueet ovat esillä tarkasteltaessa palkokasvien ja aquafaban kemiallista koostumusta sekä aquafaban kemiallis-fysikaalisia ominaisuuksia. Tämän lisäksi tarkasteltiin, miten aquafabaa on tutkittu kemian opetuksessa ja miten siihen liittyvää kemiaa käsitellään opetussuunnitelmassa. Todettiin, että aquafabaa ei ole tutkittu eheyttävänä kontekstina kemian opetuksessa, minkä myötä tällä kehittämistutkimuksella voitiin vastata tarpeeseen tutkia aihetta tarkemmin. Tämän jälkeen oli luontevaa tarkastella eheyttävän opetuksen taustateoriaa erityisesti kemian opetuksen näkökulmasta sekä erilaisia työtapoja, jotka liittyvät eheyttävän opetuksen toteutukseen. Lopuksi esiteltiin teoreettisen näkökulmien pohjalta, millaisia eheyttäviä kokeellisia töitä olisi mahdollista kehittää aquafabakontekstissa.

Empiirisellä ongelma-analyysillä pyrittiin tämän jälkeen selvittämään, onko yläkoulun kemian opetuksessa tarvetta eheyttävälle aquafaba -aiheisille kokeellisille töille. Pyrittiin selvittämään, missä asiayhteyksissä aquafaban valmistuksessa käytettävät palkokasvit mainitaan yläkoulun kemian opetuksessa, sillä aiempaa tutkimustietoa ei tähän liittyen löytynyt. Tehtiin oppikirja-analyysi yläkoulun kemian oppikirjoista ja tutkittiin, mihin kemian aihe-alueeseen aquafaba -aiheiset työt voitaisiin kytkeä parhaiten. Palkokasvien käsittely oli vahvasti esillä proteiinien opetuksen yhteydessä. Näin ollen todettiin eheyttävälle aquafaba -aiheisille töille olevan tarvetta erityisesti proteiinien opetuksen näkökulmasta.

Oppikirja-analyysin kirjat olivat vuoden 2004 Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden ajalta, sillä POPS 2014:n mukaisia oppikirjoja ei ollut vielä saatavilla, kun oppikirja-analyysiä tehtiin. Tästä huolimatta proteiineja opetetaan yhä yläkoulun kemiassa, minkä vuoksi tarve koettiin todelliseksi.

## **8.2 Aquafaban integroiminen yläkoulun kemian opetukseen**

Kemian eheyttävien opetusmenetelmien teoreettisen tarkastelun pohjalta todettiin, että aquafaban ominaisuuksia on mielekästä käsitellä opetuksessa kokeellisen työskentelyn keinoin. Näin ollen tuli selvittää, miten kokeelliset työt tulisi rakentaa, jotta aquafaban integroiminen opetukseen onnistuisi toimivalla tavalla. Kehittämisvaiheessa I luotiin uudenlaisia kokeellisia töitä, joissa aquafabakonteksti eheytettiin osaksi kemian opetusta siten, että töissä korostui ongelmalähtöinen kokeellinen työskentely. Työtapojen toimivuutta arvioitiin empiirisen ongelma-analyysi II:n tulosten perusteella.

Eheyttävällä opetuksella voidaan kytkeä oppiaineiden abstraktit aihesisällöt osaksi oppilaiden arkielämää (Becker & Park, 2011). Tästä syystä aquafabaa käsiteltiin töissä proteiinien kemian ja ruokakontekstin kautta. Vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa korostetaan eheyttävän opetuksen tärkeyttä välineenä opetuksessa eri oppiaineiden välillä, jolloin oppilaiden on mahdollista ymmärtää erilaisten ilmiöiden ja asioiden väliset riippuvuudet ja yhtäläisyydet oppiaineiden välillä. Näin ollen kehityksessä työohjeissa annettiin vinkkejä siihen, miten töitä voidaan tehdä yhdessä esimerkiksi kotitalouden opetuksen kanssa luomalla samalla uudenlainen keino eheyttää kemian ja kotitalouden opetusta. Myös empiirisen ongelma-analyysi II:n haastattelussa opettaja korosti sitä, kuinka kehitetyt työt olisi hyvä yhdistää jollakin tavalla kotitalouden opetukseen.

POPS 2014:ssä on vuosiluokille 7-9 määritelty tutkimisen taidot kemian opetuksen tavoitteisiinsa. Sen mukaan opetuksen tulee ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa sekä työskentelemään turvallisesti ja johdonmukaisesti, jolloin tutkimuksellisuus tukee käsitteiden rakentumista sekä tutkimisen taitojen oppimista. Tämä huomioiden kehityksessä töissä korostui myös tutkimusten tekeminen ryhmissä. POPS 2014:n mukaan opetuksessa tulee ottaa huomioon tutkimusprosessien eri vaiheet, kuten ongelman tai ilmiön pohtiminen, koejärjestelyjen

toteuttaminen, havainnointi, tulosten koonti ja käsittely sekä tilastojen arviointi ja esittäminen. Aquafaba -aiheiset työt mahdollistavat näiden prosessien toteuttamisen uudenlaisen kontekstin kautta.

Kokeellinen työskentely auttaa oppilaita luomaan yhteyksiä tehtyjen havaintojen ja kemian tiedon välille sekä auttaa heitä ymmärtämään tieteellisen tutkimuksen prosesseja ja oppimaan erilaisia kemian käsitteitä (Woodley, 2009). Lisäksi kokeellisen työskentelyn tavoitteena on edistää oppilaiden tieteellisen tiedon oppimista, sekä ymmärrystä tieteen luonteesta. (Millar, 2004) Kehitetyissä töissä aquafaban ja kananmunan valkuainen mahdollistavat yhdessä monipuolisen proteiinien ominaisuuksien tutkimisen laboratoriossa ja samalla käsitellä niiden taustalla olevaa proteiinien kemian sisältötietoa. Kokeelliset työt ovat myös luonteeltaan sellaisia, että niiden toteutuksessa oli mahdollista päästä hyvin erilaisiin lopputuloksiin, mikä kuvastaa tieteen luonnetta. Havaintojen tekemisen tärkeys korostuu myös tällöin hyvin vahvasti. Proteiinien tutkimuksessa on mahdollista saada aikaan erilaisia rakenteita ja proteiinien reaktioita on helppo tutkia laboratoriossa visuaalisesti. Kyselyn tulokset osoittivat, että oppilaat olivat motivoituneita tekemään kokeellisia töitä, kun he saivat tehdä omia tutkimuksia. Lisäksi vastausten perusteella työt kehittivät heidän kokeellisen työskentelyn taitojaan. Oppilaat pitivät myös erityisesti siitä, että he pääsivät tekemään asioita omin käsin ilman kiirehtimistä. Opettajan nosti esiin haastattelussa, että viisi eri työpistettä omien aquafabojen tutkimiselle toisessa työssä olivat erityisen hyviä ja että erilaiset työtavat olivat oppilaiden koulutasoa ajatellen sopivalla tasolla. Oleellista oli opettajan kommentti siitä, että työt olisi mahdollista toteuttaa kouluympäristössä, sillä töissä tarvittavat aineet, kemikaalit ja työtavat ovat sellaisia, mitä voidaan käyttää kouluissa. Tämän pohjalta Kemianluokka Gadolinin työohjepankkiin tallennetut työt voidaan ottaa osaksi kemian opetusta myös kouluympäristöissä ja tarjota näin uudenlaisen tavan opettaa proteiinien kemiaa yläkoulun kemiassa.

Kehitettyihin töihin pyrittiin tuomaan ongelmalähtöisen oppimisen elementtejä siten, että ryhmien tulee työskentelyn eri vaiheissa tehdä paljon havainnointia ja pohtia syitä niiden taustalla. Ongelmalähtöisessä oppimisessa on tarkoituksena luoda oppilaille tarve ratkaista aitoja ongelmia soveltamalla oppimaansa asiantietoa, mikä kehittää myös oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja sekä oma-aloitteisuutta. (Kilroy, 2004) Kehitetyissä töissä jokainen ryhmä työskentelee eri palkokasvin kanssa, joten toisistaan eroavia tuloksia tulee voida perustella erityisesti aiemman kemian tietämyksen ja työvaiheisen onnistumisen

pohjalta. Ongelmalähtöinen asioiden tarkastelu auttaa oppilaat kokemaan opittavan asian sekä itse oppimisen merkityksellisenä (Hung et al., 2008). Näin pyrittiin saamaan oppilaat motivoitumaan työskentelyyn ja ottamaan vastuuta yhdessä ryhmän kanssa työn suorittamisesta. Ongelmalähtöisen oppimisen toteutuksessa on opettajan näkökulmasta usein haasteena löytää sopivia ongelmia käsiteltäväksi (Hung et al., 2008). Kehitetyissä töissä tähän on pyritty vastaamaan esittelemällä uudenlainen aquafaban valmistukseen liittyvä ongelma. Ensimmäisessä työssä oppilaat nimittäin joutuvat selvittämään, millaisista palkokasveista on mahdollista valmistaa toimivaa aquafabaa, jota voitaisiin käyttää erilaisten ruokien valmistuksessa.

Ongelmalähtöisen oppimisen on tutkittu kehittävän oppilaiden tiedon soveltamisen taitoja sekä päättelykyvyn kehittymistä, kun opetuksessa käytetyt ongelmat ovat sidottu tosielämän konteksteihin. (Hung et al., 2008) (Zejnlagić-Hajrić et al., 2015) Tämän vuoksi aquafabaa käsiteltiin vahvasti ruokakontekstin kautta, jotta oppilaat kykenisivät ymmärtämään käsiteltävien asioiden merkityksen arkielämässä. Näiden taitojen tärkeyttä korostetaan myös vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa, kun vuosiluokille 7-9 asetettujen kemian opetuksen tavoitteiden mukaan opetuksen tulee ohjata oppilasta ymmärtämään kemian osaamisen merkitys omassa elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa. Empiirisessä ongelma-analyysi II:n kyselystä kävi ilmi, että suurimmalla osalla oppilasta ongelmalähtöisten työt lisäsivät myös kemian kiinnostavuutta. Havainnoinnissa kävi myös ilmi, että oppilaat kykenivät työskentelemään toimivasti työohjeiden puitteissa, ymmärsivät esitetyt pohdintakysymykset hyvin sekä vastasivat niihin aktiivisesti. Tulosten perusteella voidaan siis todeta kehitettyjen töiden toimivan hyvin integroimaan aquafaba -konteksti osaksi yläkoulun kemian opetusta.

### **8.3 Aquafaba eheyttävän kemian opetuksen kontekstina**

Kemian opetukseen liittyy hyvin paljon teoreettista sisältötietoa, joka on usein hyvin hajanaista. Oppilailta on usein haastavaa luoda yhteyksiä opittujen faktojen välille sekä soveltaa tietoa. Irrallinen sisältötieto on mahdollista yhdistää selkeämmäksi kokonaisuudeksi toimivan kontekstin kautta. (Gilbert, 2006) Näin ollen aquafaba -aiheen kautta pyrittiin tuomaan kemian opetukseen uudenlainen konteksti, johon kemian sisältötietoa voidaan eheyttää.

Oleennaista oli selvittää, miten hyvin aquafaba soveltuu eheyttävän kemian opetuksen kontekstiksi. Oppikirja-analyysi osoitti, että kemian opetuksessa aquafaba voidaan eheyttää hyvin proteiinien opetuksen yhteyteen papujen ja muiden palkokasvien käsittelyn kautta. Toisaalta taas aquafaba -teeman kautta tulee esiin myös ruokakonteksti, minkä myötä aiheen tiimoilta voidaan eheyttää kemian ja kotitalouden opetusta. Opettaja nosti esiin haastattelussa, että eettisen tarkastelun osuus toisen kokeellisten työn pohdintaosuudessa luo mahdollisuuden tarkastella aihetta monelta eri kantilta. Tämän myötä aihe voidaan eheyttää hyvin eri oppiaineisiin ja luoda esimerkiksi erilaisia laajempia opetuskokonaisuuksia yläkoulussa yli oppiainerajojen. Lisäksi työohjeiden vinkit opetukseen -osio antaa työkaluja kehittää erilaisia kokonaisuuksia, joissa kotitalouden opetus ja kemian laboratoriotyöskentely voidaan yhdistää toimivaksi kokonaisuudeksi. Kestävä kehityksen näkökulmasta opettaja pohti kananmunakonseptia, jota voisi hänen mielestään yhdistää muihinkin oppiaineissa ja käsitellä samalla ruuantuotantoa laajemmin. Hänen mukaansa mediassakin puhutaan nykyisin paljon lihatuotteiden korvaamisesta kasviperäisillä tuotteilla, mistä oppilaat ovat myös tietoisia. Kestävä kehitys on myös yksi POPS 2014:ssä korostettu näkökulma, joka jaotellaan neljään osa-alueeseen: ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen. POPS 2014:n mukaan näitä osa-alueita on tarkasteltava opetuksessa yli oppiainerajojen. Tämän vuoksi eheyttävää opetusta voidaan käyttää hyvin opetusmetodina kestävän kehityksen opetuksessa. Yhteiskunnallisten ongelmien kautta oppilaat voivat oppia yhdistämään tieteelliset aihesisällöt osaksi arkielämän konteksteja ja samalla ymmärtämään tieteen merkitys yhteiskunnan ja arkielämän kannalta (Juntunen & Aksela, 2014). Aquafabaa voidaankin käsitellä opetuksessa kestävän kehityksen näkökulmasta esimerkiksi maailman ruuantuotantoon liittyvien ongelmien kautta. Opetuksessa voidaan keskittyä kestävän kehityksen tarkasteluun monien oppiaineiden näkökulmasta, käyttäen samalla erilaisia tutkimuksen menetelmiä. (Eilks, 2015) Aquafabakonteksti voidaan siis hyvin toimivalla tavalla eheyttää osaksi proteiinien opetusta kemiassa, minkä lisäksi sen avulla voidaan tehdä laajempia oppiainerajat ylittäviä opetuskokonaisuuksia esimerkiksi ruokateeman ja kestävän kehityksen kautta. Aquafaban valmistuksessa käytettävät palkokasvit ovat myös merkittäviä kasveja, kun tarkastellaan typen kiertoa ympäristössä. Näin olleen ruoka- ja typen kierto -kontekstit mahdollistavat uudenlaisen tavan oppiainerajat ylittävään eheyttämiseen, jolloin voidaan eheyttää esimerkiksi kemian ja kotitalouden opetusta sekä kemian ja biologian opetusta.

Empiirisen ongelma-analyysi II:n tulosten luotettavuutta on kuitenkin syytä kritisoida pienen otoskoon puitteissa. Toisaalta taas kehittämistutkimuksen monivaiheinen rakenne mahdollistaa sen, että voitiin tehdä kokonaisuuden toimivuuteen liittyviä päätelmiä, joita ei olisi välttämättä mahdollista saavuttaa pelkän eristetyn analyysin tai perinteisten empiiristen lähestymistapojen avulla. (Edelson, 2002) Kehittämistutkimus on ensisijaisesti laadullista tutkimusta, minkä vuoksi tulosten luotettavuutta on syytä arvioida sen perusteella, miten hyvin työt on siirrettävissä eri tilanteisiin, kuten koulumaailmaan. (Tuomi & Sarajärvi, 2009) Töiden toimivuus testattiin aidossa ympäristössä eli kemian laboratoriossa ja töiden siirrettävyyttä tiedusteltiin kemian opettajalta. Kuten aikaisemmin todettiin, koki opettaja työt olevan mahdollista tehdä myös kouluissa ja että niiden pohjalta voidaan vielä kehittää erilaisia laajempia opetuskokonaisuuksia. Tämä on merkittävä asia kehittämistutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa, sillä kehittämistuotoksen on sisällettävä toimia ratkaisuja käytännön opetukseen ollen samalla sovellettavissa suurempiin käyttökohteisiin. (Barab & Squire, 2004) (Edelson, 2002)

## 8.4 Jatkotutkimus

Kehittämävaiheessa II kokeellisia töitä kehitettiin empiirisen ongelma-analyysi II:n tulosten perusteella. Oppilaiden kyselylomakevastausten, opettajan haastattelun ja omien havaintojen perusteella tehtiin pieniä muutoksia työohjeeseen. Kuten empiirisen ongelma-analyysi II:n yhteenvedossa todettiin, toisen työn pohdintaosuudessa käsitellään nyt myös proteiinien denaturoitumista ja työohjeiden lopussa olevaan ”vinkkejä opetukseen” osioon lisättiin ehdotus siitä, että aquafabojen valmistus voidaan tehdä kotitalousluokassa yhdessä kotitalouden opetuksen kanssa. Todettiin myös, että suurempia muutoksia työohjeisiin ei ollut syytä tehdä, sillä muilta osin töissä käsitelty kemia on sopivalla tasolla yläkoulun kemian opetukseen nähden.

Sen sijaan aquafaba -aiheisten töiden soveltuvuutta osaksi muiden oppiaineiden opetusta tulisi vielä kartoittaa. Aquafaba on teemana vahvasti kytköksissä ruokaan, joten esimerkiksi erilaisia kemiaa ja kotitaloutta eheyttäviä uudenlaisia opetuskokonaisuuksia voitaisiin kehittää. Lisäksi kestävän kehityksen kannalta aquafabateemaa voitaisiin

tarkastella muissa oppiaineissa esimerkiksi ekologisen ja eettisen ruuantuotannon näkökulmista.

Oppikirja-analyysiä aquafaban ja palkokasvien osalta ei ole vielä tehty vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden pohjalta tehtyihin oppikirjoihin. Tätä voitaisiin myös tutkia eli miten palkokasveja käsitellään uusissa oppikirjoissa ja onko käsittelyssä tapahtunut merkittävää muutosta aiempiin oppikirjoihin nähden.

Kehitetyt työohjeet antavat myös tilaa muille tavoille tutkia aquafaban ja kananmunan valkuaisen ominaisuuksia laboratoriossa, kuin mitä niissä on jo esitetty. Näin ollen uusia tutkimustapoja voitaisiin testata erilaisilla oppilasryhmillä ja pohtia, millaiset tutkimukset ovat proteiinien opetuksen kannalta oleellisimpia tai mitä voitaisiin koulumaailmassa toteuttaa parhaiten. Aquafaban ja sen ominaisuuksien tieteellinen tutkimus on jatkuva kenttä, joten opetusmateriaalien kehitystyötä tulisi jatkaa uuden tiedon ilmestymisen myötä.

## Lähteet

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Ahtineva, A. (2000). *Oppikirja - tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja?* Turun yliopisto
- Aksela, M. & Perna, J. (2013). Kehittämistutkimus pro gradu -tutkielman tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Perna (toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25.
- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14.
- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(5/6), 23.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science education*, 91(3), 347–370.
- Day, D. A., Poole, P. S., Tyerman, S. D. & Rosendahl, L. (2001). Ammonia and amino acid transport across symbiotic membranes in nitrogen-fixing legume nodules. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 58(1), 61–71.
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Eilks, I. (2015). Science Education and Education for Sustainable Development-Justifications, Models, Practices and Perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 149–158.



- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International journal of science education*, 28(9), 957–976.
- Hung, W., Jonassen, D. H. & Liu, R. (2008). Problem-based learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 3, 485–506.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N. & Khan, M. S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331–335.
- Jain, A. K., Kumar, S. & Panwar, J. D. (2009). Antinutritional factors and their detoxification in pulses—a review. *Agricultural reviews*, 30(1), 64–70.
- Juntunen, M. K. & Aksela, M. K. (2014). Education for sustainable development in chemistry—Challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 488–500.
- Kilroy, D. A. (2004). Problem based learning. *Emergency medicine journal*, 21(4), 411–413.
- Lahdes, E. (1997). *Peruskoulun uusi didaktiikka*. Helsinki: Otava.
- Lattuca, L. R., Voigt, L. J. & Fath, K. Q. (2004). Does interdisciplinarity promote learning? Theoretical support and researchable questions. *The review of higher education*, 28(1), 23–48.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2013). Systematic Review of Design-Based Research Progress: Is a Little Knowledge a Dangerous Thing? *Educational Researcher*, 42(2), 97–100.
- Meier, S. L., Nicol, M. & Cobbs, G. (1998). Potential benefits and barriers to integration. *School Science and Mathematics*, 98(8), 438–447.
- Messina, M. J. (1999). Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American journal of clinical nutrition*, 70(3), 439–450.
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *High school science laboratories: Role and vision*, 1–24.
- Opetushallitus. (2004). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Helsinki: Opetushallitus. Saatavilla: [http://www.oph.fi/download/139848\\_pops\\_web.pdf](http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf)

- Opetushallitus. (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Helsinki:  
Opetushallitus. Saatavilla:  
[https://www.oph.fi/download/163777\\_perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf)
- Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa, *Kehittämistutkimus opetuslalla* (ss. 9–26). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Poikela, E. & Poikela, S. (2005). Ongelmaperustainen opetussuunnitelma. *Ongelmista Oppimisen Iloa*, 27.
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S. & Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(1), 97–104.
- Tharanathan, R. N. & Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 14(12), 507–518.
- The Official Aquafaba Website. (2018). Internetissä:  
<http://aquafaba.com/index.html>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A. et al. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1–12.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi.
- Twine, R. (2017). Materially Constituting a Sustainable Food Transition: The Case of Vegan Eating Practice. *Sociology*, 52(1), 166–181.
- Uusikylä, K. & Atjonen, P. (2005). *Didaktiikan perusteet*. Helsinki: WSOY.
- Walstra, P. (1989). Principles of foam formation and stability. Teoksessa *Foams: Physics, chemistry and structure* (ss. 1–15). Lontoo: Springer.

- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23.
- Wood, D. F. (2008). Problem based learning. *BMJ: British Medical Journal*, 366(7651), 971.
- Woodley, E. (2009). Practical work in school science-why is it important. *School Science Review*, 91(335), 49–51.
- Zahran, H. H. (1999). Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and molecular biology reviews*, 63(4), 968–989.
- Zejnilić-Hajrić, M., Šabeta, A. & Nuić, I. (2015). The effects of problem-based learning on students' achievements in primary school chemistry. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 44, 17–22.

### **Kuvalähteet**

Kuva 2: Pixabay (2018) Lähikuva vaahdosta. Haettu 6.2.2018 internetistä:

<https://pixabay.com/fi/vaahto-isku-vesi-kuvio-rakenne-2790514/>

## LIITTEET

### LIITE 1: Oppikirja-analyysi: Lista tutkituista yläkoulun kemian oppikirjoista

Koodi	Oppikirja
A	Ikonen, M., Tuomisto, M., Termonen, M., & Perkkalainen, P. (2012). <i>ILMIÖ, kemian oppikirja 7-9. Sanoma Pro Oy, Helsinki.</i>
B	Kangaskorte, A., Lavonen, J., Penttilä, A., Pikkarainen, O., Saari, H., Sirviö, J., Vakkilainen, K. M., & Viiri, J. (2012). <i>Fyke 7-9 Kemia. Sanoma Pro Oy, Helsinki.</i>
C	Aspholm, S., Hirvonen, H., Hongisto, J., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., & Viiri, J. (2008). <i>Aine ja Energia Kemian tietokirja. WSOY. Porvoo.</i>
D	Havonen, T., Karpin, T., Keinonen, T., Muurinen, M. (2012). <i>Hehku kemia 7-9. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.</i>
E1	Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2012). <i>Avainkemia 1. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.</i>
E2	Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2012). <i>Avainkemia 2. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.</i>
E3	Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2013). <i>Avainkemia 3. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.</i>

### LIITE 2: Oppikirja-analyysi: Lista oppikirjojen maininnoista

Lähde	Maininta	Esiintymissijainti	Asiayhteys
A	Aineet voidaan luokitella kahteen laajaan joukkoon, puhtaisiin aineisiin ja seoksiin... seos esim. hernekeitto ja ilma... heterogeeninen seos esim. hernekeitto (s.31)	Kaavio + Kuva	Puhdas aine ja seos
A	Seoksista on melko helppo poistaa eri ainesosia. Hernekeitosta voidaan poistaa lihanpalat haarukalla ja rauta voidaan poistaa ruokasuolan seasta magneetin avulla. (s.33)	Leipäteksti	Puhdas aine ja seos
A	Luokittelle seuraavat aineet puhtaisiin aineisiin ja seoksiin: pähkinäsuola, perunajauhot, kuparilevy, ruokasuola, hernekeitto, kaakaojuoma, mustikkamehu, kokojyväleipä. (s.101)	Tehtävä	Puhdas aine ja seos
A	Liha, kala, kananmuna, maito, palkokasvit ja soija sisältävät runsaasti valkuaisaineita. (s.288)	Leipäteksti	Valkuaisaineet
A	Eläinkunnan tuotteet sisältävät aminohappoja monipuolisemmin kuin kasvikunnan tuotteet. Kasvissyöjän onkin huolehdittava, että ruokavalioon sisältyy	Leipäteksti	Valkuaisaineet

	riittävästi papuja, linssejä, herneitä, soijaa ja täysjyväviljaa. (s.289)		
B	Suolaa lisätään ruokaan yleensä suoraan purkista, mutta myös monet ruoka-aineet, kuten soijakastike, juustot ja valmiskastikkeet, sisältävät runsaasti suolaa jo itsessään. (s.104)	Inforuutu	Ioniyhdisteet
B	Leppä ja palkokasvit sitovat ilmasta typpikaasua juurissa elävien bakteerien avulla. (s.150)	Leipäteksti	Ilmakehän kaasut
B	Palkokasvit sitovat ilmasta typpikaasua. (s.150)	Kaavio + Kuva	Ilmakehän kaasut
B	Kasviöljyjen lähteitä: siemenet, pähkinät, hedelmät ja pavut... Kasviöljyt valmistetaan kasvien siemenistä, pähkinöistä ja hedelmistä puristamalla. Kasviöljyt ovat tyydyttymättömiä rasvoja. (s.231)	Kuva	Rasvat
B	Proteiineja sisältäviä elintarvikkeita: liha, kananmuna, herneet ja pavut (s.235)	Kuva	Valkuaisaineet
B	Kaikissa kasvikunnan tuotteissa ei ole kaikkia ihmisen tarvitsemia proteiineja. Sen takia kasvisruokavaliota noudattavan on syötävä esimerkiksi soijatuotteita, sillä soijapapu sisältää kaikkia ihmiselle välttämättömiä aminohappoja. (s.238)	Kuvateksti + Kuva	Valkuaisaineet
B	Proteiineja saadaan muun muassa lihasta, kalasta, kananmunasta, pavuista ja maitotuotteista. (s.238)	Leipäteksti	Valkuaisaineet
B	Proteiinin lähteitä: liha, kala, kananmuna, maitotuotteet, pavut, pähkinät ja siemenet (s.239)	Kaavio	Valkuaisaineet
B	Miksi kasvissyöjän on syötävä esimerkiksi papuja tai soijatuotteita? (s.239)	Tehtävä	Valkuaisaineet
C	Jotkin kasvit, esimerkiksi leppä, apila ja herne, ovat riippumattomia maaperän typpiyhdisteistä, sillä ne pystyvät sitomaan itseensä tyypeä suoraan ilmasta juurissaan elävien bakteerien avulla. (s.80)	Inforuutu	Ilmakehän kaasut
C	Kasvien ja eläinten vesipitoisuuksia: esim. kuivattu herne (s.82)	Taulukko	Vesi
C	Maaperätutkimus selvittää lakituksen ja lannoituksen tarpeellisuuden: kasvien vaatimuksia maaperän pH:n suhteen, esim. herne (s.132)	Inforuutu	Happamoituminen
C	Sopivien aminohappojen saamiseksi ravinnon olisi hyvä sisältää myös eläinkunnasta saatavia proteiineja, mutta pelkkä kasvisateriakin saadaan aminohappokoostumukseltaan hyväksi, kun samaan ateriaan valitaan toisiaan täydentäviä kasvikunnan tuotteita. Esimerkiksi viljavalmisteet ja palkokasvit, kuten pavut ja herneet, täydentävät toisiaan. (s.177)	Leipäteksti	Valkuaisaineet
C	Ruoka-annoksia, jotka sisältävät 10	Taulukko	Valkuaisaineet

	grammaa valkuaisaineita: 150g herneitä. (s.178)		
C	Kuva: Orgaanisia yhdisteitä –koonti, valkuaisaineiden kohdalla herne (s.189)	Kuva	Valkuaisaineet
D	Viljelykasvit ja pieneliöt viihtyvät yleensä parhaiten maaperässä, jonka pH-arvo on 6,0-7,0. Eri kasvilajit kestävät happamuutta kuitenkin eri tavoin. Yleensä vaatimattomakin kasvit hyötyvät korkeahkosta pH-arvosta. Vaativimpia viljelykasveistamme ovat sokerijuurikas, palkokasvit ja puutarhan koristekasvit. (s.101)	Inforuutu	Happamoituminen
D	Aminohappoja saadaan ravinnossa olevasta proteiinista, jota on runsaimmin kananmunassa, lihassa, maidossa ja kalassa. Myös viljatuotteissa, juureksissa, kasviksissa ja palkokasveissa on runsaasti proteiineja. (s.190)	Leipäteksti	Valkuaisaineet
D	Kala, muna, pähkinät ja pavut ovat hyviä proteiinilähteitä. (s.191)	Kuvateksti + Kuva	Valkuaisaineet
D	Taulukko: Ruoka-aineiden proteiiniosuuksia. Herne mainittu (s.191)	Taulukko	Valkuaisaineet
E1	Typpi on kasvien tarvitsema rakennusaine. Ilmassa typpeä on kaasumaisena alkuaineena N <sub>2</sub> , mutta tavalliset kasvit eivät pysty käyttämään sitä hyväkseen. Hernekasvit sen sijaan pystyvät sitomaan alkuaineena ilmassa olevaa typpeä ja muuttamaan sen juurinystyissä kasveille sopiviksi typen kemiallisiksi yhdisteiksi. (s.51)	Inforuutu	Kemialliset yhdisteet
E2	Ei mainintoja		
E3	Hernepalko (s.62)	Kuva	Valkuaisaineet
E3	Proteiineja saadaan sekä eläin- että kasvikkunnasta peräisin olevista ruoka-aineista. Runsaimmin proteiineja on maitovalmisteissa, lihassa, kalassa ja kananmunassa. Myös maito, vilja, juurekset, kasvikset ja palkokasvit ovat hyviä proteiinin lähteitä. (s.66)	Leipäteksti	Valkuaisaineet
E3	Kasvisruokailija saa tarpeelliset proteiinit huolehtimalla siitä, että ravinnossa on runsaasti palkokasveja, esimerkiksi papuja ja herneitä. (s.66)	Leipäteksti	Valkuaisaineet
E3	Hyviä proteiinilähteitä ovat liha, kala, maito, palkokasvit ja pähkinät. (s.68)	Inforuutu / Tiivistelmä	Valkuaisaineet

- Etsittäviä mainintoja: Palkokasvit, pavut, herneet, soija, maapähkinä, li nssit (kaikki palkokasveihin liittyvä termistö)
- Esiintymissijainnit: leipäteksti, kuva, kuvateksti, inforuutu, kaavio, tehtävät ja laboratoriotyöt

- Kirjoissa on lukuisia tehtäviä, joiden vastauksiin liittyy palkokasvit. Erityisesti valkuaisaineita käsittelevissä kappaleissa (Ilmiö) ja typen kiertokulussa (FyKe).

### LIITE 3: Työohjeet (ilman ylätunnistetta)

#### Opettajan ohje

## Aquafaban tutkiminen

**KOHDERYHMÄ:** Työ soveltuu parhaiten yläkouluun proteiinien opetuksen tueksi kemiassa.

**KESTO:** Työ koostuu kahdesta osasta: n. 1h 30 min/osa.

**MOTIVAATIO:** Miten aquafaba liittyy proteiineihin ja miten sitä voidaan hyödyntää ruuanlaitossa?

**TAVOITE:** Tavoitteena on tutustua aquafaban valmistamiseen ja sen ominaisuuksien tutkimiseen.

**VINKKEJÄ:** Työ koostuu kahdesta osasta, jotka voidaan tehdä joko yhdessä tai erikseen.

**AVAINSANAT:** Proteiinit – Osoitusreaktiot – Ruuan kemia – Arjen kemia

#### TAUSTAA

Aquafaba eli papumehu on vegaaninen vaihtoehto kananmunan valkuaiselle ruuanlaitossa. Aquafaballa tarkoitetaan yleisesti säilykekikherneiden ja – papujen lientä sekä itse valmistettuna redusoitua palkokasvien keitinlientä. Tutkimuskirjallisuudessa aquafabaan viitataan usein lyhenteellä *PCW (Pulses Cooking Water)*.

#### ENNAKKOTEHTÄVIÄ

Mitä ravintoaineita tiedätte papujen sisältävän?

*Proteiineja, hiilihydraatteja, rasvaa, ravintokuituja, kivennäis- ja hivenaineita, vitamiineja*

Mitä ruoka-aineita voidaan korvata ruuanlaitossa pavuilla ja miksi?

*Pavut sisältävät hyvin paljon proteiinia, joten ne toimivat eri ruuissa hyvänä vaihtoehtona lihalle.*

Artikkeli pavuista työhön virittäytymiseksi: ”Vuoden 2018 vihannes on papu”

[https://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset\\_2017/fi\\_FI/vuoden\\_2018\\_vihannes\\_papu/](https://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset_2017/fi_FI/vuoden_2018_vihannes_papu/)

## TYÖ I: Aquafaban valmistus

Aquafabasta on mahdollista valmistaa vaahtoja, joten itse valmistetun aquafaban toimivuus voidaan todeta vaahtotuskokeella.



(Papujen liotus)

### AINEET

- Erilaisia papuja  
(esim. herneitä, kikherneitä, punaisia kidneypapuja, voipapuja, mustapapuja linssejä)

### TARVIKKEET

- Vaaka
- Kuumennuslevy
- 600 ml keitinlasi
- 250 ml keitinlasi
- Petrimalja
- Lasisauva
- Siivilä
- Kulho
- Sähkövatkain tai vispilä



## TYÖN SUORITUS

### (2-3 hengen ryhmissä)

Mittaa 600 ml keitinlasiin noin 100 g papuja, joista aiot valmistaa aquafabaa.

Täytä keitinlasi vedellä, peitä kelmulla ja anna liota yön yli.

*(Nämä vaiheet on syytä valmistella edellisenä päivänä)*

Valuta neste pois ja lisää keitinlasiin vettä 500 ml kohtaan asti.

*(Keittoprosessin nopeuttamiseksi on syytä keittää vettä etukäteen, mikäli mahdollista)*

Aseta keitinlasi kuumennuslevylle ja keitä papuja noin 30 min ajan tai niin kauan, että pavut ovat selvästi pehmentyneet.

Erottele keitinliemi 250 ml keitinlasiin käyttämällä apuna siivilää. Pavut kerätään erilliseen astiaan. Keitä lientä 250 ml keitinlasissa kuumennuslevyllä niin kauan, että puolet nesteestä on haihtunut.

Kaada noin 1/3 osa liemestä petrimaljalle jäähtymään ja jatka keitinlasiin jääneen liemen keittämistä alhaisella lämmöllä.

Kaada jäähtynyt liemi petrimaljasta kulhoon ja yritä vaahdottaa se käyttämällä sähkövatkainta / vispilää. Mittaa vaahdotukseen tarvittava aika sekuntikellolla ja kirjaa se muistiin.



(Vasemmalla itse valmistettuja aquafaboja ja oikealla niiden vaahdot)

## POHDINTAA TYÖN JÄLKEEN

Miksi papujen annettiin liota yön yli vedessä ennen keittoprosessia?

*Liotus auttaa irrottamaan siemenen kalvon, mikä lyhentää kypsennysaikaa. Lisäksi jotkin pavut sisältävät lektiini –nimistä myrkyllistä yhdistettä, joka vaikuttaa ruuansulatusentsyymien toimintaan. Liotus inaktivoi lektiiniä ja parantaa näin erilaisten ravintoaineiden saatavuutta.*

Miksi vain osa keitinliemestä otettiin jäähtymään ja keitinlasiin jääneen liemen keittämistä jatkettiin?

*Vaahdotuskoe ei välttämättä onnistu, mikäli aquafaba sisältää liikaa vettä. Koe voidaan toistaa, kun vettä on haihdutettu enemmän.*

Onnistuiko vaahtoutumistesti? Mitä siitä voidaan päätellä?

*Proteiinit ovat hyviä vaahtoutumisen komponentteja niiden amfifüülisyyden ansiosta. Mikäli nesteeseen on liuennut tarpeeksi erilaisia proteiineja, on vaahtoutuminen mahdollista. Vaahtoutumiseen vaikuttaa myös veden määrä ja muiden liukoisten aineiden suhteelliset osuudet.*

# TYÖ II: AQUAFABAN JA KANANMUNAN VALKUAISEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU

## REAGENSIT

- ♻ Aquafaba (itse valmistettu ja säilykekikherneiden neste)
- ♻ Kananmunan valkuainen
- ♻ Vetykloridi – liuos
- ♻ Natriumhydroksidi – liuos
- ♻ Kuparisulfaatti – liuos

## TARVIKKEET

- ♻ Sähkövatkain
- ♻ Kulhoja
- ♻ Sekuntikello
- ♻ Mikroskooppi
- ♻ Lasisia koeputkia
- ♻ Lasisauvoja
- ♻ Kaasupoltin
- ♻ Koeputkipihdit
- ♻ Kennolevy
- ♻ Petrimaljoja
- ♻ Keitinlaseja
- ♻ Tussi
- ♻ Pipettejä

### TYÖTURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Laboratoriotakki, -lasit ja -hanskat.

Kuparisulfaatti, suolahappo ja natriumhydroksidi ärsyttävät ihoa.

Jos kemikaaleja joutuu silmiin, huuhdellaan silmiä usean minuutin ajan. Tarvittaessa lääkäriin!

Kuparisulfaatti on myrkyllisiä vesieliöille.

Kuparijätteet kerätään raskasmetalleihin.

## TYÖN SUORITUS

Tässä työssä vertaillaan kokeellisin keinoin aquafaban ja kananmunan valkuaisen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Säilykekikherneiden neste toimii kontrolli-aquafabana. Työssä on eri työpisteitä, joissa tehdyt havainnot kirjataan alla olevaan taulukkoon.

	<b>AQUAFABA (OMA)</b>	<b>AQUAFABA (KONTROLLI)</b>	<b>KANANMUNAN VALKUAINEN</b>
<b>Vaahoutuminen</b>			
<b>Vaahdon tarkastelu</b>			
<b>Reagoiminen lämpöön</b>			
<b>Reagoiminen happoihin ja emäksiin</b>			
<b>Proteiinien osoitusreaktio</b>			

### **Vaahdotuminen**

Ota kaksi kulhoa ja lisää toiseen yhden kananmunan valkuainen ja toiseen noin 30 ml säilykekikherneiden nestettä. Vatkaa sähkövatkaimella / vispilällä niin kauan, että saat aikaan kuohkean vaahdomaisen rakenteen. Mittaa vaahdotukseen tarvittava aika sekuntikellolla.

Kauanko vaahdottamiseen meni aikaa? Kirjaa taulukkoon

### **Vaahtojen tarkastelu:**

Tarkastele vaahtojen seuraavia ominaisuuksia ja kirjaa taulukkoon:

- väri
- rakenne
- haju
- kuplakoko (Laita lusikalla ohut kerros vaahtoa petrimaljalle ja tarkastele mikroskoopilla)

### **Reagoiminen lämpöön**

Ota kolme kuumennusta kestävästä koeputkesta. Lisää yhteen koeputkista itse valmistamaasi aquafabaa, toiseen säilykekikherneiden nestettä ja kolmanteen kananmunan valkuaista 1 cm koeputken pohjalle käyttämällä apuna pipettiä.

Vie koeputki kaasupolttimen liekille koeputkipihtejä apuna käyttäen ja kuumenna noin 10 sekunnin ajan. Laita koeputki telineeseen ja toista muille tutkittaville aineille.

Kirjaa havainnot taulukkoon.

### Reagoiminen happoihin ja emäksiin

Ota kuusikennoinen kennolevy ja lisää jokaista tutkittavaa ainetta pipetillä kahteen omaan kennoonsa niin, että pohja peittyy.

Lisää jokaisen tutkittavan aineen toiseen kennoon 5 pisaraa natriumhydroksidi –liuosta (NaOH, 2M) ja toiseen 5 pisaraa suolahappoa (HCl, 2M).

Tarkkaile kennoissa tapahtuvia muutoksia minuutin ajan. Aineita voi sekoittaa käyttämällä hammastikkua, jotta aineet reagoivat paremmin.

Kirjaa havainnot taulukkoon.

### Proteiinien osoitusreaktio

Ota kolme koeputkea ja lisää kaikkiin pohjalle noin 1 cm tutkittavia aineita.

Lisää jokaiseen koeputkeen 10 pisaraa natriumhydroksidia –liuosta (NaOH, 1M).

Lisää jokaiseen koeputkeen 5 pisaraa kuparisulfaatti –liuosta (CuSO<sub>4</sub>, 1M).

Sekoita lasisauvalla. Jos kuparisulfaatin sininen väri ei katoa, voit lisätä muutaman pisaran natriumhydroksidia.

Tarkkaile koeputkissa tapahtuvia värimuutoksia. Kirjaa havaintosi taulukkoon.

## **POHDINTAA TYÖN JÄLKEEN**

Mitä tarkoitetaan proteiinien denaturoitumisella ja miten se liittyy tehtyihin töihin?

*Denaturoitumisella tarkoitetaan proteiinien kolmiulotteisen rakenteen tuhoutumista. Tämän voivat aiheuttaa esimerkiksi lämpöenergia, alkoholit, raskasmetallit sekä hapot ja emäkset. Proteiinit voivat denaturoitua myös voimakkaan ravistelun tai vispauksen seurauksena. Eri työvaiheissa tapahtui proteiinien denaturoitumista näistä syistä.*

Miten aquafaban ja kananmunan valkuaisen ominaisuudet erosivat toisistaan?  
Mistä tämä voi johtua?

*Kananmunan valkuainen sisältää suhteessa huomattavasti enemmän proteiineja kuin aquafaba. Tästä johtuen vaahdon rakenne on usein kiinteämpi. Happojen ja emästen kanssa reagoidessa kananmunan valkuaisessa tapahtuu selkeää denaturoitumista samoin kuin kuumentaessa.*

Missä tapauksissa ruuanlaitossa voitaisiin kananmunan valkuainen korvata aquafaballa tulosten perusteella?

*Vaahtoutumiskyvyn ansiosta aquafaba soveltuu hyvin marenkivaahtojen valmistukseen ja leivontaan tuomaan kuohkeutta taikinaan. (Monet palkokasvit sisältävät saponiineja, jotka molekyyliarakenteensa ansiosta kykenevät muodostamaan emulsioita eli aquafabaa voidaan käyttää esimerkiksi majoneesien valmistukseen)*

Mitä eettisiä ja terveydellisiä perusteluja olisi korvata kananmunan valkuainen aquafaballa?

*Allergiat, erikoisruokavaliot, papujen viljelyn mahdollisuus, kanaloiden eettisyys*

## VINKKEJÄ OPETUKSEEN

### Arviointi

Alla on esimerkkejä, joiden kautta oppilaiden työskentelyä voidaan arvioida ja ottaa myös osaksi kurssin arviointia.

- Turvallinen- ja aktiivinen työskentely: Miten hyvin oppilaat työskentelevät yhdessä ja onko kaikilla ryhmien jäsenillä aktiivinen rooli. Noudattavatko ryhmät turvallisen työskentelyn sääntöjä ja keskittyvät töiden tekemiseen kaiken ylimääräisen sijaan.
- Havaintojen tekeminen ja hypoteesien muodostus: Miten kattavasti oppilaat keräävät havaintoja ylös töiden eri vaiheissa ja millaisia hypoteeseja niiden pohjalta muodostuu. Ryhmien tekemiä havaintoja ja

hypoteeseja voidaan kartoittaa työskentelyn yhteydessä kiertelemällä ryhmien työpisteillä.

- Päätelmät ja argumentointi: Millaisia päätelmiä ryhmät tekevät havaintojensa pohjalta ja millaista argumentaatiota ryhmät näiden yhteydessä esittävät. Ryhmien päätelmät käyvät ilmi pohdintakysymysten vastauksista ja kokeellisten töiden koonnit voidaan tehdä yhteisesti töiden tekemisen jälkeen tai ryhmiä voidaan pyytää palauttamaan esimerkiksi erillinen raportti, jossa vastaavat pohdintakysymyksiin.

### **Eheyttäminen kotitalouteen**

Työt on mahdollista eheyttää osaksi kotitalouden opetusta siten, että ensiksi tehdään tämän työohjeen mukaiset kokeelliset työt, minkä jälkeen kotitalouden luokassa valmistetaan marenkia kananmunan valkuaisesta ja aquafabasta. Näin kyseisten aineiden ominaisuuksia voidaan tarkastella paremmin ruokakontekstissa, kun voidaan arvioida marenkien väriä, hajua, makua sekä rakennetta ja suutuntumaa. Ensimmäinen työ on myös mahdollista tehdä kokonaisuudessaan kotitalouden luokassa.



## Oppilaan ohje

# Aquafaban tutkiminen

**KOHDERYHMÄ:** Työ soveltuu parhaiten yläkouluun proteiinien opetuksen tueksi kemiassa.

**KESTO:** Työ koostuu kahdesta osasta: n. 1h 30 min/osa.

**MOTIVAATIO:** Miten aquafaba liittyy proteiineihin ja miten sitä voidaan hyödyntää ruuanlaitossa?

**TAVOITE:** Tavoitteena on tutustua aquafaban valmistamiseen ja sen ominaisuuksien tutkimiseen.

**VINKKEJÄ:** Työ koostuu kahdesta osasta, jotka voidaan tehdä joko yhdessä tai erikseen.

**AVAINSANAT:** Proteiinit – Osoitusreaktiot – Ruuan kemia – Arjen kemia

## TAUSTAA

Aquafaba eli papumehu on vegaaninen vaihtoehto kananmunan valkuaiselle ruuanlaitossa. Aquafaballa tarkoitetaan yleisesti säilykekikherneiden ja – papujen lientä sekä itse valmistettuna redusoitua palkokasvien keitinlientä. Tutkimuskirjallisuudessa aquafabaan viitataan usein lyhenteellä *PCW (Pulses Cooking Water)*.

## ENNAKKOTEHTÄVIÄ

Mitä ravintoaineita tiedätte papujen sisältävän?

Mitä ruoka-aineita voidaan korvata ruuanlaitossa pavuilla ja miksi?

Artikkeli pavuista työhön virittäytymiseksi: ”Vuoden 2018 vihannes on papu”

[https://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset\\_2017/fi\\_FI/vuoden\\_2018\\_vihammes\\_papu/](https://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset_2017/fi_FI/vuoden_2018_vihammes_papu/)

## TYÖ I: Aquafaban valmistus

Aquafabasta on mahdollista valmistaa vaahtoja, joten itse valmistetun aquafaban toimivuus voidaan todeta vaahtotuskokeella.



(Papujen liotus)

### AINEET

- Erilaisia papuja  
(esim. herneitä, kikherneitä, punaisia kidneypapuja, voipapuja, mustapapuja linssejä)

### TARVIKKEET

- Vaaka
- Kuumennuslevy
- 600 ml keitinlasi
- 250 ml keitinlasi
- Petrimälja
- Lasisauva
- Siivilä
- Kulho
- Sähkövatkain tai vispilä

## **TYÖN SUORITUS**

### **(2-3 hengen ryhmissä)**

Mittaa 600 ml keitinlasiin noin 100 g papuja, joista aiot valmistaa aquafabaa.

Täytä keitinlasi vedellä, peitä kelmulla ja anna liota yön yli.

Valuta neste pois ja lisää keitinlasiin vettä 500 ml kohtaan asti.

Aseta keitinlasi kuumennuslevylle ja keitä papuja noin 30 min ajan tai niin kauan, että pavut ovat selvästi pehmentyneet.

Erottele keitinliemi 250 ml keitinlasiin käyttämällä apuna siivilää. Pavut kerätään erilliseen astiaan. Keitä lientä 250 ml keitinlasissa kuumennuslevyllä niin kauan, että puolet nesteestä on haihtunut.

Kaada noin 1/3 osa liemestä petrimaljalle jäähtymään ja jatka keitinlasiin jääneen liemen keittämistä alhaisella lämmöllä.

Kaada jäähtynyt liemi petrimaljasta kulhoon ja yritä vaahdottaa se käyttämällä sähkövatkainta / vispilää. Mittaa vaahdotukseen tarvittava aika sekuntikellolla ja kirjaa se muistiin.

## **POHDINTAA TYÖN JÄLKEEN**

Miksi papujen annettiin liota yön yli vedessä ennen keittoprosessia?

Miksi vain osa keitinliemestä otettiin jäähtymään ja keitinlasiin jääneen liemen keittämistä jatkettiin?

Onnistuiko vaahdotumistesti? Mitä siitä voidaan päätellä?

# TYÖ II: AQUAFABAN JA KANANMUNAN VALKUAISEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU

## REAGENSIT

- ♻️ Aquafaba (itse valmistettu ja säilykekikherneiden neste)
- ♻️ Kananmunan valkuainen
- ♻️ Vetykloridi – liuos
- ♻️ Natriumhydroksidi – liuos
- ♻️ Kuparisulfaatti – liuos

## TARVIKKEET

- ♻️ Sähkövatkain
- ♻️ Kulhoja
- ♻️ Sekuntikello
- ♻️ Mikroskooppi
- ♻️ Lasisia koeputkia
- ♻️ Lasisauvoja
- ♻️ Kaasupoltin
- ♻️ Koeputkipihdit
- ♻️ Kennolevy
- ♻️ Petrimaljoja
- ♻️ Keitinlaseja
- ♻️ Tussi
- ♻️ Pipettejä

### TYÖTURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Laboratoriotakki, -lasit ja -hanskat.

Kuparisulfaatti, suolahappo ja natriumhydroksidi ärsyttävät ihoa.

Jos kemikaaleja joutuu silmiin, huuhdellaan silmiä usean minuutin ajan. Tarvittaessa lääkäriin!

Kuparisulfaatti on myrkyllisiä vesieliöille.

Kuparijätteet kerätään raskasmetalleihin.

## TYÖN SUORITUS

Tässä työssä vertaillaan kokeellisin keinoin aquafaban ja kananmunan valkuaisen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Säilykekikherneiden neste toimii kontrolli-aquafabana. Työssä on eri työpisteitä, joissa tehdyt havainnot kirjataan alla olevaan taulukkoon.

	<b>AQUAFABA (OMA)</b>	<b>AQUAFABA (KONTROLLI)</b>	<b>KANANMUNAN VALKUAINEN</b>
Vahtoutuminen			
Vaahdon tarkastelu			
Reagoiminen lämpöön			
Reagoiminen happoihin ja emäksiin			
Proteiinien osoitusreaktio			

### **Vaahdotuminen**

Ota kaksi kulhoa ja lisää toiseen yhden kananmunan valkuainen ja toiseen noin 30 ml säilykekikherneiden nestettä. Vatkaa sähkövatkaimella / vispilällä niin kauan, että saat aikaan kuohkean vaahtomaisen rakenteen. Mittaa vaahtotukseen tarvittava aika sekuntikellolla.

Kauanko vaahtottamiseen meni aikaa? Kirjaa taulukkoon

### **Vaahtojen tarkastelu:**

Tarkastele vaahtojen seuraavia ominaisuuksia ja kirjaa taulukkoon:

- väri
- rakenne
- haju
- kuplakoko (Laita lusikalla ohut kerros vaahtoa petrimaljalle ja tarkastele mikroskoopilla)

### **Reagoiminen lämpöön**

Ota kolme kuumennusta kestävästä koeputkesta. Lisää yhteen koeputkista itse valmistamaasi aquafabaa, toiseen säilykekikherneiden nestettä ja kolmanteen kananmunan valkuaista 1 cm koeputken pohjalle käyttämällä apuna pipettiä.

Vie koeputki kaasupolttimen liekille koeputkipihtejä apuna käyttäen ja kuumenna noin 10 sekunnin ajan. Laita koeputki telineeseen ja toista muille tutkittaville aineille.

Kirjaa havainnot taulukkoon.

### **Reagoiminen happoihin ja emäksiin**

Ota kuusikennoinen kennolevy ja lisää jokaista tutkittavaa ainetta pipetillä kahteen omaan kennoonsa niin, että pohja peittyy.

Lisää jokaisen tutkittavan aineen toiseen kennoon 5 pisaraa natriumhydroksidi –liuosta (NaOH, 2M) ja toiseen 5 pisaraa suolahappoa (HCl, 2M).

Tarkkaile kennoissa tapahtuvia muutoksia minuutin ajan. Aineita voi sekoittaa käyttämällä hammastikkua, jotta aineet reagoivat paremmin.

Kirjaa havainnot taulukkoon.

### **Proteiinien osoitusreaktio**

Ota kolme koeputkea ja lisää kaikkiin pohjalle noin 1 cm tutkittavia aineita.

Lisää jokaiseen koeputkeen 10 pisaraa natriumhydroksidia –liuosta (NaOH, 1M).

Lisää jokaiseen koeputkeen 5 pisaraa kuparisulfaatti –liuosta (CuSO<sub>4</sub>, 1M).

Sekoita lasisauvalla. Jos kuparisulfaatin sininen väri ei katoa, voit lisätä muutaman pisaran natriumhydroksidia.

Tarkkaile koeputkissa tapahtuvia värimuutoksia. Kirjaa havaintosi taulukkoon.

### **POHDINTAA TYÖN JÄLKEEN**


Mitä tarkoitetaan proteiinien denaturoitumisella ja miten se liittyy tehtyihin töihin?

Miten aquafaban ja kananmunan valkuaisen ominaisuudet erosivat toisistaan? Mistä tämä voi johtua?

Missä tapauksissa ruuanlaitossa voitaisiin kananmunan valkuainen korvata aquafaballa tulosten perusteella?

Mitä eettisiä ja terveydellisiä perusteluja olisi korvata kananmunan valkuainen aquafaballa?

## LIITE 4: Kyselylomake



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

### Aquafaban tutkiminen

Hyvä yläkoulun oppilas,

Tällä kyselylomakkeella pyydän sinua antamaan palautetta aquafaba-aiheisista kokeellisista töistä. Kokeelliset työt ovat osa pro gradu -tutkielmaani, joka on kehittämistutkimus aquafabasta eheyttävän opetuksen kontekstina yläkoulun kemian opetuksessa.

Kyselyn vastauksia käsitellään tutkielmassani anonymisti ja kehitän kokeellisia töitä niiden pohjalta.

Lämmin kiitos vastauksestasi!  
Henri Tuuturi  
henri.tuuturi@helsinki.fi

#### TAUSTATIEDOT

poika    tyttö    muu  
Sukupuoli           

Olemme käyneet yläkoulun kemiassa seuraavat aiheet läpi

	Kyllä	Ei
proteiinit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hiilihydraatit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rasvat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hapot ja emäkset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### TYÖOHJEET

Mitä mieltä olet seuraavista työohjeisiin liittyvistä väitteistä?

	täysin samaa mieltä	osittain samaa mieltä	en samaa enkä eri mieltä	osittain eri mieltä	täysin eri mieltä
Työohjeet ovat visuaalisesti miellyttäviä.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Työohjeiden rakenne on selkeä.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Työohjeita on helppo noudattaa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Töiden tavoitteet ovat selkeät.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mitä muutoksia tekisit työohjeisiin?