



**LAUREA**  
AMMATTIKORKEAKOULU

*Uuden edellä*

# Betaiinin penetroituminen vaalennettuun hiukseen

---

Honkanen, Aini

2011 Tikkurila

Laurea-ammattikorkeakoulu  
Tikkurila

## Betaiinin penetroituminen vaalennettuun hiukseen

Honkanen, Aini  
Kauneudenhoitoalan ko.  
Opinnäytetyö  
Syyskuu, 2011

Honkanen, Aini

### Betaiinin penetroituminen vaalennettuun hiukseen

Vuosi 2011 Sivumäärä 47

---

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko vaalennetussa hiuksessa vähemmän betaiinia kuin käsittelemättömässä hiuksessa. Toinen tavoite oli selvittää kasvaako betaiinin määrä tässä vaalennetussa hiuksessa kuuden viikon sampoon ja hoitoaineen käytön jälkeen. Tutkimus on tehty toimeksiantona Finnfeeds Finland Oy:lle, joka on osa suurempaa kansainvälistä Danisco-konsernia. Finnfeeds Finland Oy kehittää, valmistaa ja markkinoi maailmanlaajuisesti sokeri-juurikas pohjaisista liuoksista eristettyä betaiinia muun muassa kosmetiikkateollisuuden raaka-aineeksi.

Tutkimuksessa käytettiin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Hiusten betaiinipitoisuus analysoitiin nestekromatografista analyysitekniikkaa käyttäen. Tutkimukseen osallistui kymmenen testihenkilöä, joilla oli kaikilla puolipitkät tai pitkät, käsittelemättömät hiukset. Heiltä kerättiin hiusnäytteet lähtötilanteessa, hiusten vaalentamisen jälkeen sekä kuuden viikon betaiinipitoisen sampoon ja hoitoaineen käytön jälkeen.

Tutkimustulokset eivät osoittaneet väheneekö betaiinin määrä hiuksessa sitä vaalennettaessa. Tämä mitä todennäköisimmin johtuu siitä, että betaiinin määrä hiuksessa oli niin pieni sekä lähtötilanteessa että vaalennuksen jälkeen. Muutamissa tapauksissa betaiinia oli jopa enemmän vaalennuksen jälkeen kuin lähtötilanteessa.

Tutkimustulosten perusteella voi todeta, että hiusten betaiinipitoisuus saadaan lisääntymään betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä.

Honkanen, Aini

**Betaine penetration into bleached hair**

Year	2011	Pages	47
------	------	-------	----

---

The purpose of this Bachelor's thesis was to investigate whether the quantity of betaine in hair decreases when untreated hair is bleached. Another aim was to find out whether betaine level in hair can be increased in this bleached hair when hair is treated with shampoo and conditioner for six weeks. The study was made assigned by Finnfeeds Finland Ltd, which is part of a bigger international Danisco group. Finnfeeds Finland Ltd develops, produces and markets betaine globally inter alia for cosmetic industry.

Quantitative method was applied. The study examined the amount of betaine in hair and it was analyzed by using liquid chromatographic technique. Research material was collected from ten test persons with medium-length or long, untreated hair. Hair examples were collected first, in the beginning of the study, secondly after the hair was bleached and thirdly after the test persons had been using betaine based hair products for six weeks.

The results of the study did not reveal whether the quantity of betaine decreases after bleaching hair due to the small quantity of betaine in both situations; in the beginning and after the bleaching. In few cases the quantity of betaine even increased after bleaching.

It was discovered that the quantity of betaine in hair can be increased by using betaine based hair products.

Keywords: betaine, hair, hair bleaching, liquid chromatography

## Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Hiukset.....	8
2.1	Hiusten tehtävä ja kasvuvaiheet.....	8
2.2	Käsittlemättömän hiuksen ominaisuudet.....	8
2.3	Hiuksen rakenne.....	9
2.4	Hiuksen aminohapot.....	10
2.5	Hiuksen sidokset.....	12
2.6	Veden merkitys hiukselle.....	13
3	Hiusten vaalentaminen.....	15
3.1	Vaalennusprosessi.....	15
3.1.1	Vaalennusaine.....	16
3.1.2	Hapetin.....	16
3.2	Vaalentamisen vaikutukset hiukseen.....	17
4	Betaiini.....	19
4.1	Betaiinin kemiallinen koostumus ja fysikaaliset ominaisuudet.....	20
4.2	Betaiinin tuotanto ja valmistus.....	22
4.3	Betaiinin käyttö kauneudenhoitoalalla.....	23
4.4	Betaiinin vaikutukset hiukseen.....	24
5	Tutkimuksen toteutus.....	24
5.1	Tutkimustehtävä.....	25
5.2	Finnfeeds Finland Oy.....	25
5.3	Nestekromatografia.....	26
5.4	Aiemmat tutkimukset.....	27
6	Tutkimus.....	29
6.1	Otoksen valinta.....	29
6.2	Hiusnäytteet.....	29
6.3	Tutkimustulokset.....	30
7	Lopuksi.....	34
7.1	Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti.....	35
7.2	Pohdinta.....	36
7.3	Jatkotutkimusehdotukset.....	38
	Lähteet.....	40
	Kuvat.....	42
	Kuviot.....	43
	Taulukot.....	44

Liitteet.....	45
Liite 1: Suostumuslomake tutkimukseen osallistumisesta .....	45
Liite 2: Testituotteiden ainesosaluettelo.....	47

## 1 Johdanto

Finnfeeds Finland Oy toimittaa betaiinia muun muassa kosmetiikkateollisuuden eri yrityksille maailmanlaajuisesti. Betaiini on luonnonmukainen raaka-aine, jota saadaan sokerijuurikkaasta. Sitä käytetään muun muassa hiuskosmetiikassa sekä suun- ja ihonhoitotuotteissa. Betaiinista on tehty monia tieteellisiä tutkimuksia, jotka todistavat betaiinin positiiviset vaikutukset. Betaiinia voidaan käyttää kosmetiikassa suojaamaan ihoa ja hiuksia muuttuvissa ympäristöolosuhteissa. Hiustenhoidossa betaiini vahvistaa ja kosteuttaa hiuksia. On myös tutkittu, että betaiini lisää hiusten kiiltoa. Betaiinin avulla hiuksista tulee pehmeämmän tuntuista ja se lisää hiusten tuuheutta.

Toimeksiantajani Finnfeeds Finland Oy on teettänyt aikaisemman tutkimuksen, ”Betaiinin penetroituminen hiukseen”, vuonna 2008. Kyseisen tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sisältääkö hiusluonnostaan betaiinia ja saadaanko sen määrä hiuksessa kasvamaan betaiinipitoisen sampoon avulla. Tuloksista selvisi, että hiukset sisältävät luonnostaan betaiinia ja sen määrä myös kasvaa sampoota käyttämällä. Tutkimukseni on jatkoa vuonna 2008 tehtyyn aikaisempaan tutkimukseen. Finnfeeds Finland Oy halusi tutkia lisää betaiinin positiivisia vaikutuksia. Tällä kertaa haluttiin tutkia väheneekö hiuksen luonnollinen betaiinipitoisuus, kun sitä vaalennetaan ja saadaanko määrä palautumaan tai kasvamaan, kun hiukset on pesty betaiinipitoisella sampoollla ja hoitoaineella kuuden viikon ajan.

Hiusten vaalentamisen, kuten muidenkin kovien kemiallisten käsittelyiden, tiedetään olevan kova rasite hiukselle. Hiusten vaalentamisen seurauksena hiukselle sen vahvuuden, joustavuuden ja elastisuuden antava kuitukerros voi tuhoutua. On siis selvää, että tämän tutkimuksen mahdollisia positiivisia testituloksia voidaan hyödyntää betaiinin markkinoinnissa ja myynnissä.

Tutkimusta varten hankittiin kymmenen vapaaehtoista testihenkilöä, joilla oli kaikilla luonnonväriset, käsittelemättömät, puolipitkät tai pitkät hiukset. Testihenkilöiltä kerättiin kolme eri hiusnäytettä tutkittavaksi; alkutilanteesta ennen vaalennusta, vaalennuksen jälkeen vaalennetuista osioista sekä kuuden viikon betaiinipitoisten testituotteiden käytön jälkeen samoista vaalennetuista osioista. Finnfeeds Finland Oy:n kemisti teki hiusnäytteistä teknisen analyysin kvantitatiivista nestekromatografista tekniikkaa käyttäen.

Tutkimuksen kvantitatiivisen aineiston tueksi koottiin kirjallista tietoa hiuksesta ja sen rakenteesta, betaiinin ominaisuuksista sekä hiusten vaalentamisesta. Kirjallisuustutkimusosan tarkoituksena oli selvittää, miten betaiini voi penetroitua hiukseen sekä mitä vaikutuksia vaalentamisella on hiukseen.

## 2 Hiukset

Ihmisellä on noin 100 000 - 200 000 hiusnystyä hiuspohjassaan. Hius muodostuu hiusnystyssä solujen jakautuessa jatkuvasti. Dermiksestä epidermiksen läpi ihoon asti ulottuva karvatuppi on kalvojen muodostama pussi, joka suojaa hiusta sen kasvuvaiheessa. Hiusnystyt sijaitsevat karvatuppien pohjaosissa. Hiusnystyjen sisällä on hiussuonisto, jonka kautta hiukseen kulkeutuu ravinteikasta ja hapekasta verta soluille. (Halal 2002, 54)

Hiusnystyn pinnalla hiusjuuressa muodostuu hiuksen pyöreät ja pehmeät alkusolut. Uutta solukkoa muodostuu hiusnystyssä jatkuvasti, jolloin jakaantunut solukko työntyy ylöspäin hiussipuliin. Hiussipulissa solut litistyvät, menettävät tumansa ja muuttuvat pitkulaisiksi ja karva alkaa muodostua. Tämä prosessi on nimeltään sarveistuminen eli keratinisoituminen (Zviak 1986, 5.) Hiuksen keratinisoituminen tarkoittaa sitä, että hiuksen muodostavien solujen sytoplasma on korvautunut proteiinilla nimeltään keratiini. Keratinisoituneet solut eivät sisällä enää sytoplasmaa tai ydintä, joten näkyvä hius on täysin kuollutta. (Halal 2002, 58-59.)

### 2.1 Hiusten tehtävä ja kasvuvaiheet

Hiusten pääasiallinen tehtävä on toimia lämmöneristeenä, suojata hiuspohjaa UV-säteilyltä ja muilta säteilyiltä sekä mekaaniselta kulutukselta. Hiukset ovat myös tärkeä tuntoaistimuksen lähde, vaikka itse hius on kuollutta eikä tunne mitään. Tuntoaistimukset syntyvät hiuspohjassa. Hiukset yksilöllistävät jokaisen, osoittavat mahdollisesti kumpaa sukupuolta henkilö edustaa ja näyttävät tämän arvoaseman. (Robbins 2002, 8.)

Hius kasvaa noin 12-16 senttimetriä vuodessa, eli noin senttimetrin kuukaudessa. Hiuksen kasvuun liittyy kolme eri vaihetta, anageeninen vaihe eli kasvuvaihe, katageeninen vaihe eli lepovaihe ja telogeeninen vaihe eli irtaantumisvaihe. Hius on anageenisessä kasvuvaiheessa kahdesta kuuteen vuoteen, minkä jälkeen hius siirtyy katageeniseen vaiheeseen. Katageeninen vaihe kestää kaksi viikkoa. Tällöin hiuksen metabolinen aktiivisuus hidastuu ja hiussipuli kulkeutuu ihon pintaa kohden. Myös telogeeninen vaihe kestää kaksi viikkoa. Tässä vaiheessa hiuksen kasvu on loppunut kokonaan ja alla oleva uusi hius työntää vanhan hiuksen pois. Tämän jälkeen hius irtoaa. Ihmiseltä irtoaa noin sata hiusta päivässä. Hiuksia on kasvuvaiheessa noin 90 %, lepovaiheessa noin 10 % ja irtaantumisvaiheessa noin 1 % hiuksista. (Robbins 2002, 8-9; Zviak 1986, 11-13.)

### 2.2 Käsittlemättömän hiuksen ominaisuudet

Hius on ainutlaatuinen ja kestävä materiaali. Märkkää hiusta voidaan muun muassa venyttää 40 - 50 % sen pituudestaan ja silti hius palaa alkuperäiseen mittaansa. Hius kestää hyvin lämpöti-



lojen vaihteluita ja altistamista kemiallisille kosmeettisille käsittelyille jopa useita kertoja vuosien aikana. (Halal 2002, 66.) Hiusten koostumuksesta 91 % on proteiinia nimeltään keratiini. Loppu koostuu vedestä, mineraaleista, lipideistä, hiilihydraateista sekä väripigmenteistä. Itse hius ei ole elävä. Siinä ei ole hermoja eikä siihen kulkeudu verta. Hiusta suojaavan karvatupen molemmilla puolilla on talirauhaset jotka tuottavat talia. Tali on rasvaa joka antaa hiukselle sen kiillon ja hohteen. Hyväkuntoinen hius voi imeä itseensä 30 % painostaan vettä ja huonokuntoinen hius puolestaan jopa 45 %. Yksittäinen hius kestää 100 gramman painon ennen katkeamista. Hius on todella vahvaa ja joustavaa materiaalia. (L'oréal 2011.)

Näyttääkseen kauniilta ja terveeltä sekä säilyttääkseen vahvuutensa hius tarvitsee lipidejä. Osa lipideistä on hiuspohjan ainesosia ja osa muodostuu talirauhasista. Lipidejä on hiuksissa luonnostaan noin 3 %. Hiussipulin lipidit koostuvat steroleista, rasvahapoista ja keramideista. Lipidit suojaavat hiusta sillä ne vaikuttavat aineiden läpäisevyyteen. Hiusnystyn vieressä olevat talirauhaset tuottavat talia. Tali on yhdistelmä vahoja, triglyseridejä ja skvaleenia. Tali muodostaa kalvon hiuspohjan pinnalle ja ikään kuin rasvaa hiuksen ja antaa sille kiillon. (L'oréal 2011; Robbins 2002, 1.)

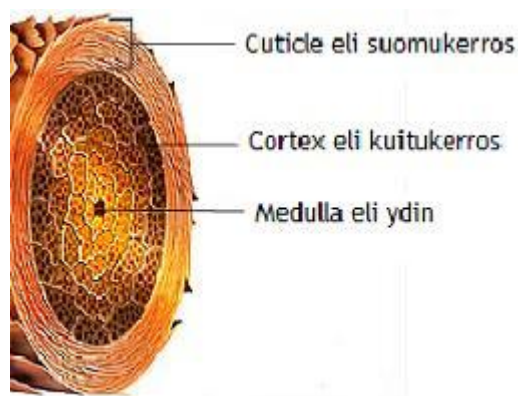
Hiusten luonnollinen väri muodostuu hiussipulin melanosyyteissä. Hiusten luonnollinen väri on melaniinia. Se kulkeutuu keratinosyytteihin, jotka muuttuvat kuolleiksi kuitusoluiksi hiuksen kuitukerrokseen. Pigmentit jäävät kuitusolun sisään antaen hiukselle sen ominaisvärin. Melaniini koostuu sekä eumelaniinista että feomelaniinista. Eumelaniini määrittää hiuksen tummuuden ja feomelaniini sen punertavuuden ja kellertävyyden. Hiusten lopullisen tummuuden ja sävyn määrää eumelaniinin ja feomelaniinin määrän suhde hiuksessa. Muita tummuuteen ja sävyyn vaikuttavia tekijöitä ovat pigmenttien koko ja määrä sekä hiuksen paksuus. Kaikki väriaineet, jotka lisätään hiuksiin, ovat keinoväriaineita, koska ne eivät ole muodostuneet luonnostaan hiuksen melanosyyteissä. (Halal 2002, 138-139.)

### 2.3 Hiuksen rakenne

Hius koostuu monesta eri kerroksesta (kuva 1). Pääkerroksia on kolme; ydin (medulla), kuitukerros (cortex) sekä suomukerros (cuticle). Nämä kerrokset ja niiden hyvä kunto ovat edellytys kauniille ja terveille hiuksille. Ydin on hiuksen sisin osa. Ydin on ontto ja tyhjä, eikä sen merkitystä tunneta. Ohut ja vaalea hius ei sisällä välttämättä lainkaan ydintä. Hiuksen painosta 90 % tulee kuitukerroksesta. Kuitukerros antaa hiukselle sen vahvuuden ja elastisuuden. Kuitukerros suorakaiteen muotoiset solut ovat tiukasti kiinni toisissaan. Solut ovat täyttyneet keratiinilla. Hiuksen elastisuus johtuu kuitukerrossa olevasta ainutlaatuisesta proteiinirakenteesta (Halal 2002, 60,62.)

Kuitukerrosta ympäröi suomukerros, joka on hiuksen uloin kerros. Suomukerros koostuu läpinäkyvistä soluista, jotka ovat sijoittuneet nimensä mukaisesti toistensa päälle suomumaises-

ti. Jokainen suomukerroksen solu on kiinnittynyt kuitukerrokseen. Kova suomukerros suojaa alla olevia herkempiä kerroksia. Ilman suomukerrosta kuitukerros voisi haurastua ja hajota kokonaan. Suomukerros toimii suojana myös eri kosmeettisissa kemiallisissa käsittelyissä. Tämä suoja voidaan läpäistä esimerkiksi korkean pH:n tai lämpötilan vaikutuksesta. Koska suomukerros on läpinäkyvä, määrätty hiuksen luonnollinen väri sen kuitukerrossa olevista pigmenteistä. (Halal 2002, 62, 64.)



Kuva 1: Hiuksen rakenne. (Hairskinbody+soul 2011. Teksti suomennettu ja lisätty kuvaan itse.)

## 2.4 Hiuksen aminohapot

Hius koostuu noin 91 prosenttisesti proteiineista (keratiini). Proteiinit ovat puolestaan muodostuneet pitkäketjuisista aminohapoista, jotka ovat kiinnittyneet toisiinsa peptidisidoksilla. Aminohapoista koostunut, peptidisidoksilla toisiinsa linkitetty pitkä ketju on nimeltään polypeptidi. Proteiinit ovat pitkiä ja kierteisiä (alfa-helix -rakenne) aminohapoista muodostuneita polypeptidejä. Kaikki proteiinit ovat muodostuneet alfa-muodossa olevista aminohapoista (Oshimura 2008). Keratiinin polypeptidiketjut ovat liittyneet niin fysikaalisesti kuin kemiallisesti yhteen. Miljoonat tällaiset keratinisoituneet solut ovat liittyneet tiukasti yhteen hiuksen kuitukerrossa, jota suojaa suomukerros. (Halal 2002, 70.)

Hiuksen proteiiniketjut muodostuvat taulukossa 1 mainituista aminohapoista. Aminohappojen määrät hiuksissa ovat suuntaa antavia, sillä eri kirjallisuuslähteissä niiden määrät vaihtelevat. (Halal 2002, 66; Johnson 1997, 8-9.) Vaikka aminohappoja esiintyy luonnossa yli sata, proteiinit muodostuvat vain noin 20 eri aminohaposta. Niistä yhdeksän ovat välttämättömiä aminohappoja, joita ihmisen tulee saada päivittäisestä ruokavaliostaan, sillä elimistö ei pysty niitä tuottamaan. Hyviä proteiinin, ja myös välttämättömien aminohappojen, lähteitä ovat muun muassa liha, kala, kananmunat, maitotuotteet, pavut ja herneet. (Halal 2002, 85.) Taulukoon 1 tähdellä (\*) merkityt aminohapot ovat näitä välttämättömiä aminohappoja.

Aminohappo	Määrä hiuksessa %
Alaniini	2,8 - 3,5
Valiini *	5,0 - 5,8
Leusiini *	6,4 - 6,9
Isoleusiini *	2,3 - 2,5
Seriini	9,6 - 10,8
Treoniini *	6,5 - 7,5
Fenyylialaniini *	2,2 - 2,8
Tyrosiini	2,1 - 2,7
Tryptofaani *	0,8 - 1,2
Prolini	7,0 - 7,8
Aspartaamihappo	5,6 - 6,5
Glutamiinihappo	14,3 - 15,5
Lysiini *	2,6 - 3,1
Arginiini	8,8 - 9,6
Histidiini *	0,8 - 1,1
Kystiini	14,0 - 16,5
Metioniini *	0,5 - 0,9
Kystiinihappo	0,3 - 0,4
1/2 kystiini	16,0 - 16,8
Glysiini	6,0 - 6,2

Taulukko 1: Hiuksen aminohapot ja niiden määrät Zviakin mukaan (1986, 14-17).

Aminohappoja on käytetty hiusten- ja ihonhoidossa jo vuosikymmeniä niiden kosteuttavien vaikutustensa ansiosta. Aminohapot ovat kohtalaisen pieniä hydrofiilisiä molekyyliä. Aminohapot eivät sitoudu hiukseen helposti, sillä hius on hydrofobinen. Tämän lisäksi hiuksen pinnassa oleva lipidikerros vaikeuttaa aminohappojen sitoutumista hiukseen. Käsiteltyyn hiukseen tarttuu enemmän aminohappoja kuin käsittelemättömään hiukseen, sillä käsitelty hius on vähemmän hydrofobinen. Lisäksi käsiteltyjen hiusten proteiinien lisääntynyt ioniryhmien määrä lisää aminohappojen sitoutumista. Aminohapoista erityisesti arginiini tarttuu käsiteltyyn hiukseen. Arginiini vähentää ammoniakkin voimakasta tuoksua ja toimii värjäys- ja vaalennusainesosien alkalisoivana aineena. Argiinin lisääminen hiustuotteisiin vähentää tuotteiden ärsyttävyyttä. Hapettavat värjäyskäsittelyt heikentävät hiuksen venymiskykyä. Tätä voidaan estää aminohappojen avulla. Aminohapot estävät vetyperoksidin haittavaikutuksia hiuksen proteiineihin ja hiuksen pinnan lipideihin. Aminohappojen on tutkittu täyttävän hiuksen huokoiset osat, jolloin hius saa terveen kiillon. Kiilto johtuu siitä, että hiuksen pinta muuttuu aminohappojen vaikutuksesta tasaisemmaksi heijastaen paremmin valoa. Aminohappojen avulla tuotteista saadaan tasalaatuisempia, niiden avulla voidaan ehkäistä epämiellyttäviä tuoksua ja väriongelmiä sekä minimoida allergiset reaktiot. (Oshimura 2008.)

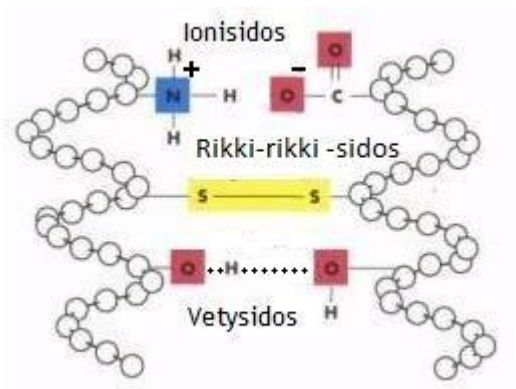
## 2.5 Hiuksen sidokset

Hiuksen kuitukerroksessa neljä kierteistä keratiiniketjua ovat liittyneet toisiinsa erilaisin sidoksin (kuva 2). Näitä sidoksia ovat ionisidokset, joita on suolayhdisteissä, vetysidokset, jotka ovat erikoistapauksia dipoli-dipolisidoksista ja disulfididokset, jotka ovat hiuksen vahvimpia sidoksia. Disulfididoksia kutsutaan myös rikki-rikkisidoksiksi, ja ne ovat kovalenttisia sidoksia. Ionisidokset syntyvät aminohappojen välille aminohapon negatiivisesti varautuneen osan ja aminohapon positiivisesti varautuneen osan kanssa. Ionisidokset ovat pH:sta riippuvaisia ja muodostavat noin kolmanneksen hiuksen vahvuudesta. Ionisidokset rikkoutuvat helposti voimakkaasti alkaalisissa tai happamissa olosuhteissa tai jo veden vaikutuksesta. (Halal 2002, 67; Zviak 1986, 19-21.) Dispersiovoimat (van der Waalsin voimat), joita on myös hiuksen keratiinissa, ovat heikkoja sidoksia. Niitä esiintyy kaikkien molekyylien välillä, kun elektronien jatkuvan liikkeen vaikutuksesta syntyy hetkellisiä dipoleita. Poolittomat aineet, kuten öljyt ja muut rasvamaiset aineet, sitoutuvat hiuksiin dispersiovoimien avulla. Hiuksessa olevat sidokset ja niiden muodostuminen uuteen järjestykseen mahdollistavat hiuksen kemialliset käsitteilyt, kampaukset ja permanenttikäsittelyt. (Halal 2002, 178.)

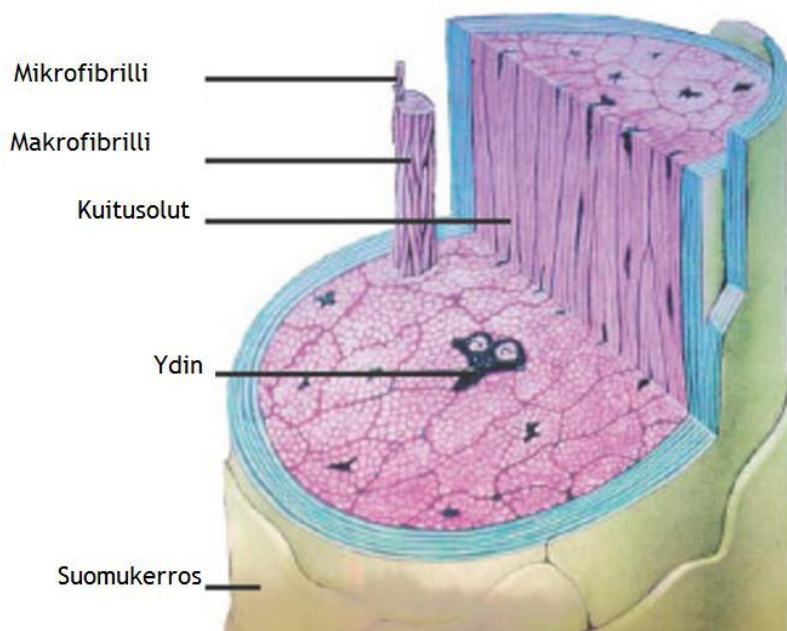
Vetysidokset ovat erikoislaatuisia dipoli-dipolisidoksia. Vetysidokset muodostuvat polypeptidiketjussa NH- ja CO -ryhmien välille niin, että sidos muodostuu niissä olevien vedyn ja hapen välille. Vetysidokset ovat heikkoja ja ne katkeavat helposti esimerkiksi veden tai lämmön vaikutuksesta. (Zviak 1986, 20.) Hiuksen vetysidokset katkeavat hiuksen kastuessa. Hiuksen kuivussa vetysidokset järjestäytyvät uudelleen. Jos hiukset on märkinä esimerkiksi rullattu, saavat ne kuivussa uuden muodon. Tämä ei ole kuitenkaan pysyvä muutos, sillä vetysidoksia katkeaa jatkuvasti. Hius palautuu entiseen muotoonsa ilmankosteuden ja painovoiman takia. Vaikka vetysidokset ovat heikkoja, on niitä hiuksessa niin paljon, että niistä muodostuu kolmasosa hiuksen vahvuudesta. (Halal 2002, 67, 180.)

Disulfididokset ovat kovalenttisia sidoksia ja eroavat vety- ja ionisidoksista esimerkiksi sen takia, että disulfididokset eivät katkea veden tai kuumuuden vaikutuksesta. Disulfididoksia on hiuksessa vähemmän kuin vety- ja ionisidoksia, mutta ne ovat huomattavasti näitä vahvempia. (Halal 2002, 67.) Hiuksen keratiini sisältää harvinaisen paljon aminohappoa, eli kystiiniä. Jokainen kystiini -aminohappo sisältää kaksi yksikköä, eri peptidiketjuissa olevaa kysteiini -aminohappoa. Nämä kysteiini -aminohapot yhdistyvät toisiinsa rikkiatomien ansiosta muodostaen erittäin vahvan disulfididoksen. Disulfididokset muodostavat keratiiniketjujen väliin tikapuumaisen rakenteen. Disulfididosis on yksi vahvimista sidoksista, joka esiintyy luonnossa. (Procter&Gamble 2011.) Hiusten permanentti- ja värikäsittelyt vaikuttavat erityisesti hiuksen disulfididoksiin (Halal 2002, 179).

Jokainen proteiinetju muodostaa edellä mainittujen sidosten avulla kierremäisiä kuituja. Vähintään yhdeksän näistä kuiduista kiertyy toistensa ympärille muodostaen suuremman kuitunipun, jota kutsutaan mikrofibrilliksi. Tuhannet mikrofibrillit puolestaan kiertyvät edelleen yhteen muodostaen makrofibrillejä. Lopulta kuusi makrofibrillia muodostaa fibrillejä, jotka ovat kuitukerroksen kuitusoluja (Kuva 3). (Halal 2002, 67.)



Kuva 2: Hiuksen sidokset (Procter&Gamble 2011. Teksti suomennettu ja lisätty kuvaan itse.)



Kuva 3: Hiuksen läpileikkaus. (Subrina 2007. Teksti muokattu ja lisätty itse.)

## 2.6 Veden merkitys hiukselle

Vesi on elintärkeä hiukselle. Vesi ja sen määrä hiuksessa määrittää muun muassa hiuksen mekaaniset, sähköiset sekä muut fysikaaliset ja kosmeettiset ominaisuudet. Vesi muodostaa po-

lypeptidiketjujen kanssa hiuksen keratiinin sisällä kolmiulotteisen, läpäisevän polymeeriverkoston. Kolmiulotteinen verkosto muodostuu siten, että vesi pystyy yhdistymään niin amidiryhmien, karboksyyliiryhmien kuin hydroksyyliiryhmienkin kanssa. Vesi on kiinnittyneenä hiuksen keratiiniketjujen kanssa, sillä vesi pystyy yhdistymään keratiinin polypeptidiketjujen niin postitiivisesti (esimerkiksi  $\text{-NH}_3^+$ ) kuin negatiivisesti (esimerkiksi  $\text{-COO}^-$ ) varautuneiden molekyylien kanssa. Veden ja keratiiniketjujen yhdistelmä saa aikaan samankaltaisen koossapitävän sidoksen keratiiniketjun jokaiselle polymeerille. Tämä puolestaan vaikuttaa siihen, että näin jokainen polymeeri pystyy vaikuttamaan rajapinnassaan hyvin yhteensopivasti. (Johnson 1997, 13.)

Vesi imeytyy hiuksen keratiinin matriksin sekä niiden mikrofibrillien pinnalle ja keratiineihin jo kiinnittyneisiin vesimolekyyliin. (Johnson 1997, 15-18.) Hius voi imeä itseensä 35 % - 40 % painonsa verran vettä ja vesi voi olla niin nestemäistä eli vapaata vettä kuin vesihöyryä. (Zviak 1986, 41.) Alkoholit kuten metanoli, etanoli ja propanoli imeytyvät hiuksen keratiiniin veden tavoin, sillä ne voivat muodostaa vetysidoksia. Alkoolien kyky muodostaa vetysidoksia kuitenkin laskee mitä suurempi molekyyli on kyseessä. (Johnson 1997, 20.) Hiuksen keratiini voi läpäistä pieniä molekyyliä, joiden halkaisija on 5 Å (Å= ångström.) Ångström on pituuden mittayksikkö ja se on  $10^{-10}$  m, joka on = 0,01 nm (Wikipedia 2011.) Suurten orgaanisten molekyylien kiinnittyminen on erittäin hidasta ja vaikeaa. Jos hiuksessa on vettä riittävästi, sitoutuvan aineen halkaisija voi olla jopa 40 Å. Polaariset liuottimet, kuten urea, voivat edistää suurien molekyylien hiukseen sitoutumista (Zviak 1986, 43.) Veden vaikutus hiukseen on moninainen; sen määrä hiuksessa vaikuttaa niin kampausten kestävyys (Zviak 1986, 41) kuin humektanttien ja osmolyyttien toimintaan ja säätelyyn (Nevalainen 2008).

Hiuksen vesipitoisuus määräytyy ilman suhteellisesta kosteudesta (relative humidity, RH). Kun ilman suhteellinen kosteus kasvaa, myös veden määrä hiuksissa kasvaa. Hiuksella, joka on kuivattu kuumuutta apuna käyttäen, on pienempi kosteuspitoisuus kuin hiuksella, joka on saanut kuivua vapaasti. (Robbins 2002, 89-90.) Veden määrän kasvu hiuksessa johtaa muun muassa hiuksen turpoamiseen. Hius voi turvota leveyssuunnassa noin 16 % ja pituussuunnassa vain noin 1 %. Hius turpoaa, kun vesi reagoi aminohappoja yhdistävien vetysidosten kanssa. Kun aminohappojen vetysidokset katkeavat, polypeptidiketjut eroavat toisistaan ja hius turpoaa. (Halal 2002, 180.) Veden imeytyminen ja hiuksen turpoaminen riippuvat pH:n tasosta. Mitä alkalisempi pH on (pH yli 9), sitä enemmän hius turpoaa. (Zviak 1986, 43.) Hiusten turpoamista tapahtuu vähiten, kun pH pysyy välillä 2-9. pH:n laskiessa alle kahden, hiuksessa tapahtuu peruuttamattomia rakenteellisia muutoksia ja hiuksen kuidut heikkenevät 30 %. (Robbins 2002, 402.)

### 3 Hiusten vaalentaminen

Hiusten vaalentaminen, kuten hiusten muu värjääminen, vaikuttaa hiuksen kuitukerrossa. Vaalenuksessa hiusten luonnollisen värin antavaa melaniinia hapetetaan, jolloin hius vaalenee. Melaniini ei poistu hiuksesta, vaan sen väri muuttuu, kun makromolekyylit pilkkoutuvat pienemmiksi. Melaniini ei poistu hiuksesta, vaan sen väri muuttuu, kun makromolekyylit pilkkoutuvat pienemmiksi. Hiusten vaalentamisen lopputulos riippuu hiuksen luonnollisesta sävystä ja tummuusasteesta. Tummiin hiusten täysin vaaleaksi vaalentaminen on vaikeaa ja se vahingoittaa hiuksia. Luonnostaan vaaleat hiukset vaalenevat puolestaan helposti ja nopeasti. (Halal 2002, 140.) Zviakin mukaan (1986, 216) hiuksen melaniini vastustaa yleensä hyvin pelkistimiä hajoamatta, mutta vaalennusprosessissa melaniini hapettuu helposti. Tutkimuksen mukaan hiusten vaalentaminen vaikuttaa hiusten aminohappokoostumukseen niin, että kystiinin, tyrosiinin ja metioniinin määrät vähenevät ja kysteiinihapon määrä kasvaa. Hiusten vaalentaminen vaikuttaa erityisesti hiuksen keratiinien disulfididoksissa, jotka muodostuvat kystiinisistä. Disulfididosten katkeaminen vaikuttaa negatiivisesti hiuksen märkävenyvyyteen ja hius katkeaa helpommin. On tutkittu, että vaalennetun hiuksen venyvyys märkänä voi heikentyä jopa 59 %, mikä tarkoittaa tässä tapauksessa myös sitä, että kystiinin määrä hiuksessa on samalla vähentynyt 48 %. Vaalennetun hiuksen venyvyys kuivana heikentyy 10 %. (Robbins 2002, 74-75, 398.)

Hiusten vaalentaminen ei vain tee hiuksia vaaleammiksi, se myös muuttaa hiusten luonnollista väritasapainoa sekä sävyä ja lopputulos on usein lämpimän kellertävä. Luonnollisen hiuksen kolme pääväriä ovat keltainen, punainen ja sininen. Hiuksen luonnollinen väri koostuu kolmesta osasta keltaista, kahdesta osasta punaista ja yhdestä osasta sinistä. Hiusten vaalentaminen kuitenkin poistaa näitä päävärejä samassa suhteessa. Sininen väri poistuu hiuksesta kokonaan, joten jäljelle jää kaksi osaa keltaista ja yksi osa punaista, joka yhdistettynä on oranssi. (Halal 2002, 140.)

#### 3.1 Vaalennusprosessi

Hiusten vaalentamiseen tarvitaan yleensä kaksi komponenttia. Emäksinen vaalennusaine ja hapetin, yleensä vetyperoksidi, sekoitetaan keskenään juuri ennen vaalennusmassan levittämistä hiuksiin. Massa täytyy levittää heti sekoittamisen jälkeen, sillä hapetin alkaa vaikuttamaan välittömästi. (Robbins 2002, 154.) Vetyperoksidissa oleva happi vaalentaakin hiuksen luonnoväriaineen, eli melaniinin, katkaisemalla sidoksia, jotka pitävät melaniinipolymeerejä koossa. Tämän seurauksena melaniinimolekyylit pilkkoutuvat pienemmiksi molekyyleiksi, jotka ovat värittömiä yhdisteitä ja hius vaalenee. (Zviak 1986, 214.)

Vaalennusta voidaan käyttää yksittäisenä käsittelymenetelmänä hiuksille tai se voi toimia kesto-  
värjäyksen esikäsittelymenetelmänä. Vaalennuksella voidaan vaalentaa hiuksen luonnollista  
sävyä tai poistaa hiuksesta mahdolliset keinoväriaineet. (Zviak 1986, 214.) Vaalennusainetta  
ei tulisi levittää ennestään vaalennettuihin kohtiin, sillä se haurastuttaisi hiusta lisää. Hiukset  
vaalenevat hiuspohjan lämmön vaikutuksesta tyvialueelta helpommin kuin latvasta. Vaalen-  
nusaineen ammoniakkipitoisuutta ei tulisi lisätä eikä vetyperoksidin voimakkuutta tulisi nos-  
taa vaalennusprosessin edistämiseksi, sillä nämä toimenpiteet vain tuhoaisivat hiuksen kera-  
tiinia ja vahingoittaisivat hiuspohjaa. (Zviak 1986, 227.)

### 3.1.1 Vaalennusaine

Vaalennusaineet ovat melko emäksisiä, sillä niiden pH on yleensä 9 - 11 välillä. Tehokkaiden  
vaalennusaineiden pH on korkea siitä syystä, että korkea pH pehmentää, turvottaa ja avaa  
suomukerrosta, jotta vaalennus pääsee käynnistymään kuitukerroksessa. Mitä korkeampi pH,  
sitä enemmän hius turpoaa, sitä syvemmälle vaalennus pääsee vaikuttamaan ja sitä paremmin  
vaalennusaine tehoaa. Lisäksi korkea pH käynnistää tehokkaammin hapettimen vaikutuksen ja  
nopeuttaa vaalenemista. Ilman korkeaa pH:ta hapetin vaikuttaisi hiuksessa hyvin hitaasti ja  
vaalentaisi hiusta vain vähän. Kun hapetin sekoitetaan emäksisen vaalennusaineen kanssa,  
nousee myös hapettimen pH ja happea vapautuu tehokkaasti ja enemmän. Yleisimmin vaa-  
lennusaineissa käytetty emäs on ammoniakki. Ammoniakkia on turvallista käyttää, sillä se  
haihtuu nopeasti. Nopeasta haihtumisesta johtuu myös ammoniakkin voimakas tuoksu. (Halal  
2002, 147-148.) Vaalennusaineissa hapettimena käytetään vetyperoksidin ohella persulfaatte-  
ja, kuten kalium- ja natriumpersulfaatteja. Persulfaatit eivät tuoksu yhtä voimakkaasti kuin  
ammoniakki. Persulfaatit tehostavat hapettumisreaktioita, mutta niiden on todettu aiheutta-  
van esimerkiksi allergista kosketusihottumaa. (Robbins 2002, 190; Zviak 1986, 222; Helsingin  
allergia- ja astmayhdistys 2011.)

### 3.1.2 Hapetin

Hiuksen vaalentaminen ei onnistu ilman hapetinta. Yleisin hapetin niin hiusten vaalentamises-  
sa kuin muussakin värjäamisessä on vetyperoksidi, jonka kemiallinen kaava on  $H_2O_2$ . Hiusal-  
ammattilaiset käyttävät hapettimesta ilmaisu hapete, joka tarkoittaa hapetinta sisältävää  
liuosta. Vetyperoksidin happi hapettaa hiuksen kuitukerroksessa olevan melaniinin värittä-  
mäksi. Puhdas vetyperoksidi on aivan liian voimakasta käytettäväksi hiussalongeissa. Hiusal-  
ammattilaiset käyttävät vetyperoksidia, joka on laimennettu vedellä. Vetyperoksidin tilavuus  
voidaan ilmoittaa joko painoprosentteina tai tilavuusprosentteina. Volume -termi kertoo ha-  
pettimen voimakkuuden tilavuusprosentteina (vol-% tai til-%). Esimerkiksi 20 vol. vetyperoksi-  
di tarkoittaa sitä, että se sisältää 6 % vetyperoksidia ja 94 % vettä. Mitä suurempi tilavuuspro-  
sentti on, sitä enemmän hapetin sisältää vetyperoksidia. Termi ”volume” kertoo myös siitä,



kuinka paljon happikaasua vapautuu, kun vetyperoksidi hajoaa, (Halal 2002, 145) eli kertoo, kuinka monta litraa happea siitä vapautuisi litrasta vetyperoksidiliuosta sen ollessa kaasumaisessa muodossa. (Zviak 1986, 221).

Vetyperoksidin ja muiden hapettimien toimintaperiaate on vapauttaa happea. Vetyperoksidi reagoi herkästi metalli-ionien, UV-valon ja lämmön vaikutuksesta. Myös metallisuolojen jäät ja tietyt orgaaniset aineet voivat katalysoida hapen vapautumista vetyperoksidista (Zviak 1986, 222). Hapettimia onkin tästä syystä säilytettävä aina läpinäkymättömässä pullossa, ettei vetyperoksidi reagoisi minkään ulkoisen tekijän kanssa. Vetyperoksidi on happo-stabiloitu esimerkiksi fosforihapolla, ettei siinä oleva happi vapautuisi ennaikaisesti. Hapettavat aineet voivat syövyttää silmiä, ihoa ja keuhkoja, ja hapettimia tulisi käsitellä varoen ja noudattaa turvallisen käytön ohjeita. (Halal 2002, 145-146.)

### 3.2 Vaalentamisen vaikutukset hiukseen

Melaniinin lisäksi myös hiuksen keratiini on altis hapettumisreaktiolle. Hiusten vaalentaminen vaarantaa keratiinin ioni-, vety- ja disulfididoksia. Mitä suurempi pH vaalennusaineessa on ja mitä kauemmin se vaikuttaa hiuksessa, sitä suuremmiksi vauriot kasvavat. Vaalennusprosessin tarkka kontrolloiminen minimoi vauriot keratiinissa. (Halal 2002, 149.)

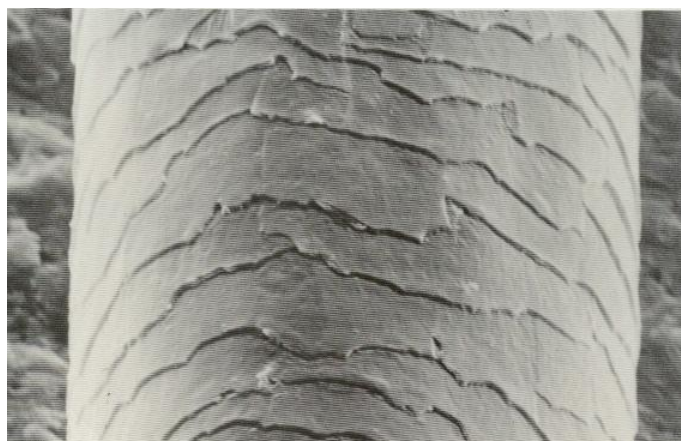
Hiusten vaalentaminen voi vahingoittaa hiusten lisäksi hiuspohjaa ja hiukset voivat katkeilla. Hapetinta ei tulisi käyttää suositeltua määrää enempää. Vaalennettu hius ei käyttäydy enää luonnollisen, käsittelemättömän hiuksen tavoin (Kuva 4). Vaalennettu hius on huokoinen ja sen suomukerros on avautunut ja rikki (Kuva 5). Tästä syystä vaalennettu hius kuivuu hitaammin. Hius voi tuntua vaalennuksen jälkeen hauraalta ja karkealta sekä se voi takkuuntua helposti. Vaalennettu hius ei ole enää lähellekään yhtä vahva kuin käsittelemätön hius. Yksittäiset hiussäikeet katkeavat helpommin ja hiuksen hauraus alentaa hiuksen kestävyyttä mahdollisia seuraavia käsittelykertoja ajatellen. Vahingoittunut, hauras hius imee itseensä enemmän väriä ja hoitoainetta. (Halal 2002, 150.)

Kevyt vaalentaminen miedoilla aineilla aiheuttaa vain vähäisiä muutoksia hiuksen rakenteessa. Hyvä hoitoaine ja muu hiusten hoitaminen korjaa vähäiset rakennevauriot ja pehmentää hiusta. Voimakas tai hiusten toistuva vaalentaminen muuttaa hiuksen rakennetta radikaalisti. Jo yksittäinen voimakas vaalennus voi heikentää hiuksen vetolujuutta jopa 15 %. Lisäksi vaalentamisen jälkeen hiuspohja voi kuivua ja ärtyä ja se voi tuntua kireältä. (Halal 2002, 150.)

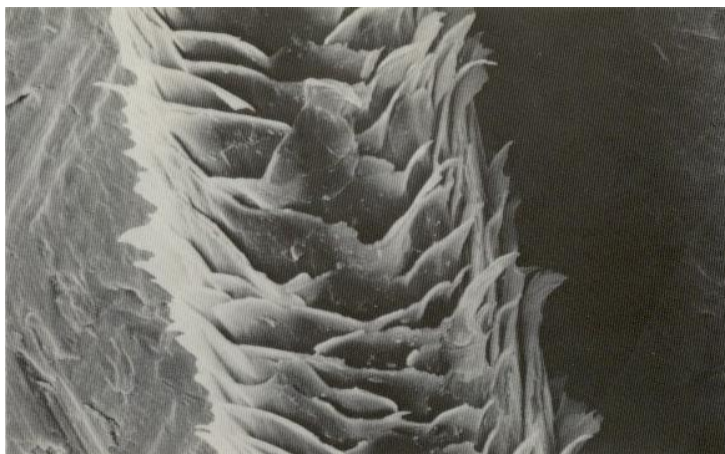
Robbinsin mukaan (2002, 155) hiusten vaalentaminen vaikuttaa ensimmäisenä hiuksen melaniiniin, mutta koska hiukset ovat pääasiassa proteiinia ja sisältävät hapettumisherkkiä ryhmiä, kuten disulfididoksia, heikentyvät myös hiuksen proteiinit vaalennuksen aikana. Vaalennus

voi hajottaa jopa 15 % - 25 % kystiiniaminohapon disulfididoksista. Tämän lisäksi hiuksen märkävenyvyys laskee suunnilleen yhtä monta prosenttia kuin mitä hiuksen disulfididoksia on katkennut prosentteina. Vaalennus heikentää solukalvoja (solusysteemiä) ja kuitukerroksen sekä suomukerroksen komponentteja, mikä voi loppujen lopuksi johtaa suomukerroksen irtautumiseen kuitukerroksesta. Yleisesti ottaen suurimmat muutokset tapahtuvat kuitenkin hiuksen pinnassa eikä hiuksen kuitujen sisällä. Lisäksi hiusten latvat vaurioituvat enemmän kuin hiuksen tyviosat, sillä latvassa hius on usein kuluneempi ja yleensä vaalennusaine vaikuttaa latvassa kauemmin.

Hiuspohjassa oleva tali suojaa hiuspohjaa vaalentamisen negatiivisilta vaikutuksilta, joten hiuksia ei tulisi pestä juuri ennen vaalentamista. Mikäli hiuspohja on rikki, punainen, haavoil-la, ärtynyt tai herkkä, ei vaalennusainetta tulisi levittää aivan hiuspohjaan asti tai hiuksia ei tulisi vaalentaa ollenkaan ennen kuin hiuspohja on kunnossa. Vaalennuksen jälkeen hiukset tulee pestä ja hoitaa huolellisesti vaalennetuille hiuksille tarkoitetuilla aineilla, jotta kaikki alkalijäänteet saadaan pois hiuksen keratiinista. Mikäli jäänteitä ei huuhdella hiuksista pois huolellisesti, voivat ne jatkaa vahingontekoa hiuksessa. (Halal 2002, 153.) Koska hius on hyvin kestävä materiaalia, ei yksittäinen vaalennus vielä tuhoa hiuksia kokonaan. Kaikkein kuluttavinta hiusten kannalta on, jos hiusta käsitellään useilla eri voimakkailla käsittelytavoilla yhtä aikaa. UV-säteily vaalentaa hiuksen melaniinia ja tuhoaa etenkin hiuksen suomukerrosta. Tämän vuoksi hiusten vaalentamista tulisi välttää, jos hius on altistunut ensin voimakkaasti UV-säteilylle. (Robbins 2002, 190.)



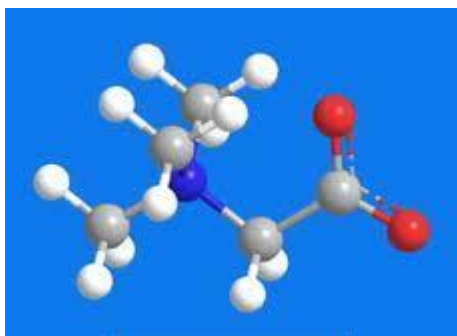
Kuva 4: Terveen, käsittelemättömän hiuksen mikroskooppikuva. Suomukerros on ehjä ja suomut ovat sulkeutuneet. (Linkhaircare 2011.)



Kuva 5: Hiusten vaalentaminen on kova käsittely hiukselle. Mikroskooppikuvassa näkyy kuinka suomukerroksen suomut ovat avautuneet ja hius on näin ollen hauraampi kuin terve hius. (Link-haircare 2011.)

#### 4 Betaiini

Betaiini, eli trimetyyliglysiini, on pieni aminohapon kaltainen molekyyli. Betaiinimolekyyli sisältää kvaternäärisen typpiä johon on kiinnittyneenä kolme metyyliä (kuva 6). (Nevalainen 2008.) Betaiinia esiintyy luonnostaan kasveissa, eläimissä, bakteereissa sekä ihmiskehossa. Osmolyytit, kuten betaiini, suojaavat proteiineja ja soluja osmoottisen paineen haitallisilta vaihteluilta suurissa suolapitoisuuksissa ja pienissä vesipitoisuuksissa. (Gummer C.L, Jutila K., Nevalainen H., Pulliainen K. & Väkeväinen H. 2010.) Osmolyytit ylläpitävät solujen kosteustasapainoa, sillä ne pystyvät toimimaan veden kuljettajina (Wikipedia 2011). Osmoosia tapahtuu, kun vesi kulkeutuu puoliläpäisevän kalvon läpi väkevämmästä liuksesta laimeampaan pyrkien tasoittamaan mahdolliset pitoisuuserot. Erot tasoittuvat veden siirtymällä sille puolelle kalvoa, jossa vesipitoisuus on pienempi eli veteen liuenneiden aineiden pitoisuus on suurempi. (Solunetti 2006.)



Kuva 6: Betaiinimolekyyli (American Chemical Society 2011.)

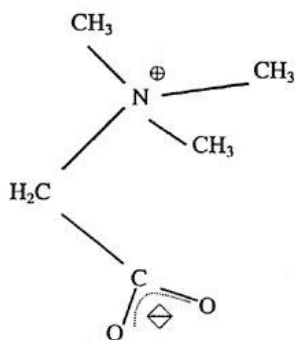
Solut, jotka ovat osmoottisen paineen alla, tuottavat ja keräävät osmolyyttejä kuten betaiinia. Fysikaalinen perusta betaiinin suojaavalle vaikutukselle pohjautuu siihen, että betaiini pystyy toimimaan proteiinien pinnalla auttaen niitä säilyttämään alkuperäisen rakenteensa. Kun proteiinit pystyvät toimimaan hydraatissa muodossaan, ne toimivat normaalisti, vaikka läsnä olisi sen toimintaa vaikeuttavia pitoisuuksia suolaa. (Gummer et al. 2010.) Solut säätelevät tilavuuttaan ja vesitasapainoaan absorboimalla osmolyyttejä tai työntämällä niitä pois. Monet organismit, kuten kasvit, meren selkärangattomat, hait, rauskut ja nisäkkäät käyttävät betaiinia osmolyyttinä. Mitä suolaisempi ja kuivempi ympäristö on, sitä enemmän betaiinia löytyy elävistä soluista. (Nevalainen 2011.)

Betaiini on luonnonmukainen ainesosa. Sitä saadaan sokerijuurikasmelassista uutamalla ja kromatografista erotusmenetelmää käyttäen. Betaiini on valkoista, makean ja kitkerän makuista, sokerin näköistä kristallimaista kidettä. Betaiini auttaa vähentämään pinta-aktiivisten aineiden aiheuttamia vahinkoja proteiineissa ja se myös suojaa ihoa pinta-aktiivisten aineiden ärsytyksiltä. Betaiini toimii tehokkaana ihon kosteuttajana yhdessä glyserolin kanssa. (Gummer et al. 2010.) Betaiini liukenee veteen, etanoliin, glyseroliin ja propyleeniglykoliin. Sataan grammaan vettä liukenee 160 grammaa betaiinia ja sataan grammaan etanolia liukenee 8,7 grammaa betaiinia. Betaiini on yhteensopiva anionisten, kationisten ja ionittomien aineiden kanssa. (Nevalainen 2011.)

Hiuksella on hyvin funktionaalinen, proteiinirikas rakenne ja se muodostaa tehokkaan suojan ulkopuolisia stressitekijöitä, kuten kuumuutta ja ilmankosteutta vastaan. Hiuksen rakenteen säilyttäminen on erittäin tärkeää näiden stressitekijöiden vaikutusten alla. Hiuksissa ei ole metabolista aktiivisuutta, eivätkä ne korjautu itsestään, koska itse hius on kuollutta ainetta. Tästä syystä hiusten ulkoinen kosteus ja niiden proteiinien suojaaminen on hyvin tärkeää. (Gummer et al. 2010.)

#### 4.1 Betaiinin kemiallinen koostumus ja fysikaaliset ominaisuudet

Betaiini muodostaa vahvoja vetysidoksia vesipitoisissa liuoksissa muuttamalla veden aktiivisuutta. Karboksyyliyhdyt, eli COO- ryhmät, pyrkivät yhdistymään ympärillä olevan veden vetyatomien kanssa. Vesimolekyylit ovat suuntautuneet betaiinin ympärille kahden vastakkaisen voiman takia: positiivisesti varautunut typpi-atomit vetää veden negatiivisesti varautunutta happiatomia puoleensa ja tyypin liittyneet poolittomat metyyli-ryhmät vastaavasti vastustavat poolista vettä (kuva 7). (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000.)



Kuva 7: Betaiinin kemiallinen kaava. (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000.)

Betaiini ei sido vettä niin kuin monet humektantit, vaan se toimii veden kuljettajana. Betaiini vapauttaa tarvittaessa vesimolekyylit nopeasti ympäristönsä käyttöön. Tästä on hyötyä muun muassa siitä syystä, että solut saavat veden helposti käyttöönsä. Kun vesi on vapaasti solujen käytettävissä, säilyy esimerkiksi suun limakalvojen vesitasapaino parempana. Betaiini on siis erittäin hyödyllinen ainesosa suunhoitotuotteissa, sillä vesitasapainon säilyttämisen lisäksi se suojaa suun limakalvoja pinta-aktiivisten aineiden ärsyttäviltä vaikutuksilta. Betaiini pystyy toimimaan osmolyytinä jopa matalissa lämpötiloissa, sillä 15 % betaiini-vesiliuos jäätyy -22°C:ssa ja 50 % betaiini-vesiliuos -32°C:ssa. Betaiini pystyy toimimaan puskuroivana ainesosana happamissa liuoksissa, sillä se kestää pH:n muutokset. (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000.)

Lisäämällä suuria määriä betaiinia veteen saadaan vaikeasti veteen liukenevat aineet liukenemaan paremmin. Esimerkiksi huoneenlämpöinen 50 % vesi-betaiiniliuos liuottaa 2 % allantoiinia, joka on neljä kertaa enemmän kuin mitä se liukenesi pelkkään veteen. Tästä on hyötyä kosmeettisten tuotteiden valmistuksessa, sillä näin ollen vettä ei tarvitse lämmittää suuria määriä ja lopputuotteissa betaiini saa humektantin kaltaisia ominaisuuksia, vaikkei betaiini varsinainen humektantti olekaan. Tällä menetelmällä lopputuotteen 0,15 %:n allantoiinipitoisuus tarkoittaa betaiinin 3,7 % pitoisuutta. Salisylihapon saa liukenemaan 50 % vesi-betaiiniliuokseen aina 5 %:iin asti. Tuotteet, jotka on tehty 50 % vesi-betaiiniliuokseen, ovat vähemmän ärsyttäviä iholle kuin pelkkään veteen tehdyt tuotteet. (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000.)

Betaiini nopeuttaa hydrofiilisten paksuntavien ainesosien turpoamista ja parantaa niiden paksunnostehoa noin 20 %. Pinta-aktiiviset aineet, kuten natriumlauryylisulfaatti tai kookosamidopropylibetaiini, vaikuttavat ihon soluihin (niiden membraaneihin ja proteiineihin) voiden vahingoittaa niitä. Lisäämällä betaiinia tuotteisiin, jotka sisältävät pinta-aktiivisia aineita, vähenevät myös pinta-aktiivisten aineiden aiheuttamat vahingot soluissa. Betaiini lisää samoiden vaahtoavuutta kun pinta-aktiivisina aineina käytetään natriumlaurylieetterisulfaattia ja amfoteerisiä pinta-aktiivisia aineita. Tätä on hyödynnetty muun muassa kehittämällä hel-

posti huuhteltavia vauvasampoita, jotka sisältävät vähän pinta-aktiivisia aineita eivätkä mitään ylimääräisiä vaahtoamista edistäviä aineita. (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000.)

#### 4.2 Betaiinin tuotanto ja valmistus

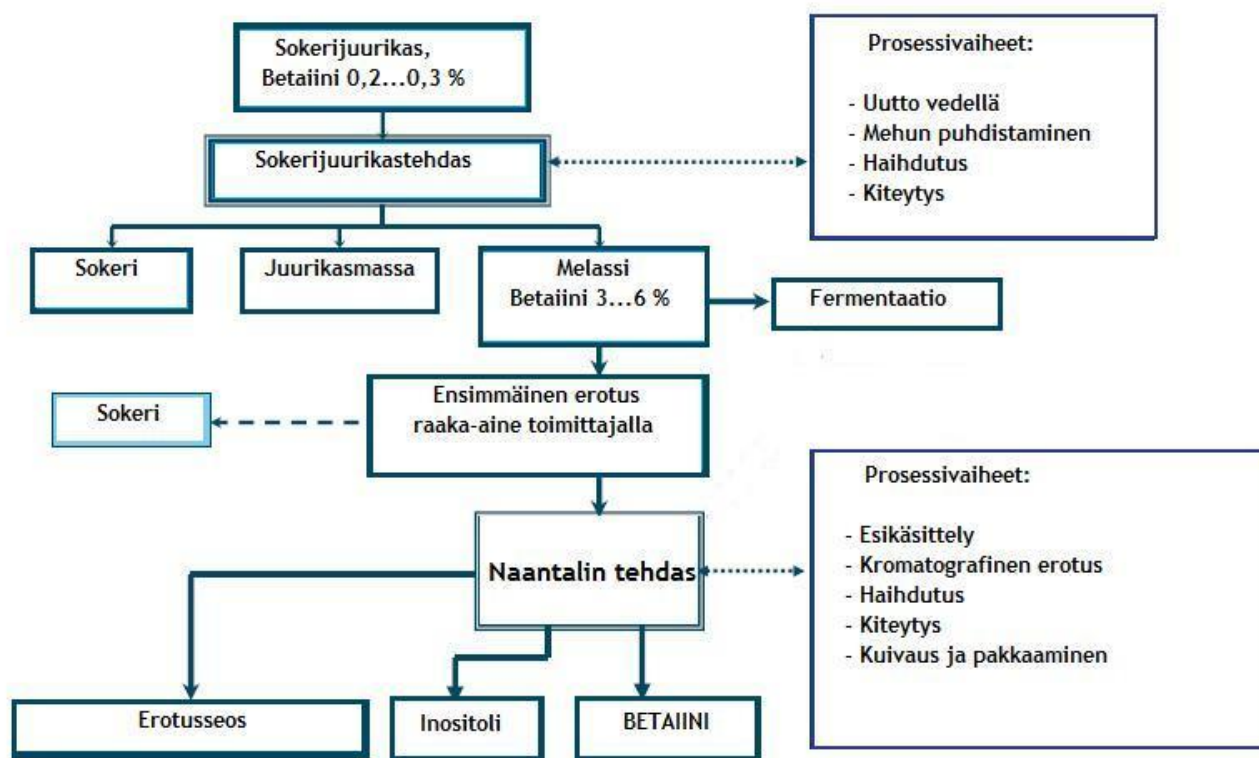
Finnfeeds Finland Oy:llä on tehdas Naantalissa, jossa betaiinia valmistetaan sokerijuurikasme-  
lassista uuttamalla. Raaka-aineena tehdas käyttää sokerijuurikasmelasseista erotettuja liuk-  
sia. Naantalista tuotetusta betaiinista yli 95 % menee vientiin yli 60 eri maahan. Betaiinia käy-  
tetään muun muassa hiusten-, ihon- ja suunhoitotuotteissa, elintarvikkeissa, rehuissa, lääk-  
keiden valmistuksessa, lentokentille tarkoitetuissa liukkaudentorjunta-aineissa, luontaistuot-  
teissa, lämmönsiirtonesteissä ja fermentoinnissa. (Nevalainen 2008.)

Naantalissa tuotetusta betaiinista suurin osa käytetään siipikarjan-, sian- ja kalanrehujen  
valmistukseen. Betaiinin avulla edistetään eläinten terveyttä ja kasvua. Luontaistuotteissa  
betaiinilla pyritään vähentämään elimistössä syntyvän haitallisen aminohapon, homokysteiinin  
määrää. Homokysteiinin määrän vähentäminen elimistössä vähentää myös sydän- ja verisuoni-  
tautien riskiä. Fermentointiteollisuudessa betaiini toimii vitamiinien, antibioottien ja amino-  
happojen valmistuksen apuaineena. Fermentointi tarkoittaa käymisreaktiota, jossa mikrobeja  
tai tumallisia soluja kasvatetaan joko solujen tai solumassan aineenvaihduntatuotteiden tuot-  
tamiseen (Finnish Bioindustries 2011). Lämmönsiirtonesteissä betaiini toimii glykolin korvaa-  
jana. Betaiini on täysin myrkytön ja ympäristöystävällinen korvike ja sillä on loistavat kor-  
roosionesto- ja kylmänvirtausominaisuudet. (Nevalainen 2008.)

Nevalainen (2008, 7) kuvaa betaiinin valmistusprosessin seuraavasti:

*”Betaiini valmistetaan sokerijuurikkaasta. Juurikastehtaassa sokerijuurikkaat pestään, pilkotaan ja uutetaan vedellä. Juurikkaasta saatavat vesiliukoiset komponentit muodostavat raakamehun, joka puhdistetaan lisäämällä siihen hiilidioksidia sekä kalsiumhydroksidia mehun karbonoitumisprosessissa. Tämä puhdistettu ohut mehu tiivistetään paksuksi siirapiksi, joka on nimeltään melassia. Melassi sisältää betaiinia 5 % ja sokeria noin 50 %. Betaiini erotetaan melassista kromatografista erotusmenetelmää käyttäen. Betaiini, inositoli ja erotusseos kerätään talteen erillisinä osioina. Tämän jälkeen ne konsentroidaan, eli tiivistetään, ja kiteytetään edelleen sokeriksi, inositoliksi ja beta-iiniksi (kuvio 1).”*

Sen lisäksi että betaiini valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista, se valmistetaan myös täysin luonnonmukaisesti; vain vettä käytetään liuottimena (Finnfeeds Finland Oy 2011).



Kuvio 1: Betaiinin valmistusvaiheet (Nevalainen 2011.)

#### 4.3 Betaiinin käyttö kauneudenhoitoalalla

Betaiinia käytetään kosteuttavana ainesosana hiustenhoitoaineissa sekä sampoissa, kosteusvoiteissa, vauvan talkissa ja hammastahnoissa. Betaiinia esiintyy luonnostaan jokaisen iholla. Ihon solut keräävät betaiinia aktiivisesti osmoottisen paineen ja UV-säteilyn aikana. (Finnfeeds Finland Oy 2011.)

Noin 10-15% väestöstä kokee jonkin asteisia ongelmia suun limakalvoissa. Suu voi kuivua lääkeytyksen, koko elimistöön vaikuttavien sairauksien, sädehoidon ja stressin vaikutuksesta. Betaiinin käyttö suunhoitotuotteissa antaa miellyttävän tunteen suuhun. Suun limakalvo on kostea ja sileä. Osa suun limakalvosta ei ole keratinisoitunutta ja nämä kohdat ovat herkempiä ulkopuolisille häiriötekijöille. Hammastahnat sisältävät usein pinta-aktiivisia aineita kuten natriumlauryylisulfaattia tai kookosamidopropylibetaiinia. Betaiini vähentää näiden aineiden aiheuttamia ärsytyksiä suun limakalvoilla. Betaiinin on todettu myös helpottavan suun kuivumistaudin oireita sen kosteuttavien vaikutusten ansiosta. Betaiini pehmentää hammastahnan vaahtoa ja kosteuttaa suun lisäksi huulia. (Finnfeeds Finland Oy 2011.) Betaiini ei ole bakteereita tuhoava aine suunhoitotuotteissa. (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000).

Iho tarvitsee paljon kosteutta. Iho toimii vesieristeenä estäen liiallisen veden haihtumisen iholta. Iho myös suojaa kehoa veden osmoottiselta imeytymiseltä. Ihon uloimman osan kosteus on tärkeää, jotta se säilyttäisi elastisuutensa ja koostumuksensa. Vettä tarvitaan myös ihon entsyymireaktioihin. Ihon kuivumista aiheuttaa muun muassa UV-säteily, alhainen ilman kosteus sekä stressi. Betaiini kosteuttaa, suojaa ja pehmentää ihoa ja lisäksi se suojaa mekaanista ja kemiallista ärsytystä vastaan. Iho uusiutuu noin kuukaudessa ja tähän tasapainoiseen ihon uusiutumiseen tarvitaan keratinosyyttikerrosten hyvää vesitasapainoa. Solujen optimaalinen vesipitoisuus säätelee entsyymireaktioita jotka kontrolloivat keratinisoitumista. Betaiini vaikuttaa lisäksi ihotuntumaan, auttaa kollageenin tuotannossa, vauhdittaa fibroblast-solujen kasvua ja vähentää tuotteiden tahmaisuutta. (Finnfeeds Finland Oy 2011.)

#### 4.4 Betaiinin vaikutukset hiukseen

Hiuksen proteiinit koostuvat aminohapoista ja myös aminohapon kaltaista betaiinia on luonnostaan hiuksessa. (Nevalainen 2008.) Hiukset eivät korjaudu itsestään, joten ne tarvitsevat ulkoista kosteutusta pysyäksään kauniina, kiiltävinä ja terveinä. Kemialliset ja mekaaniset käsittelyt ja UV-säteily rasittavat ja tuhoavat hiuksen järjestäytyntä proteiinirakennetta. Hiuksen vesipitoisuus vaikuttaa sen staattisiin ominaisuuksiin, vetolujuuteen ja käsiteltävyyteen. Hiuksen kosteustasapainon ollessa kohdallaan, hius on vahvempi ja kestävämpi. Koska betaiini on tärkeä osmolyytti, säilyttää se myös tehokkaasti hiuksen kosteustasapainon. Betaiini suojaa hiuspohjaa ärsytyksiltä, parantaa sampoiden vaahtoutuvuutta, antaa lisää kiiltoa hiuksille ja pysyy stabiilina pH:n muuttuessa. (Finnfeeds Finland Oy 2011.) Käyttämällä betaiinipitoista hoitoainetta, hiukset tuntuvat terveemmiltä ja pehmeämmiltä ja niiden kuiva- ja märkäkammattavuus paranee (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000).

## 5 Tutkimuksen toteutus

Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran mukaan (1997, 137) kvantitatiivisessa tutkimuksessa korostetaan yleispäteviä syyn ja seurauksen lakeja. Tässä näkökulmassa todellisuus rakentuu objektiivisesti todettavista tosiasioista. Kvantitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus ja se perustuu kohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen tilastojen sekä numeroiden avulla. Syy- ja seuraussuhteiden lisäksi kvantitatiivisessa tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita erilaisista luokitteluista, vertailusta ja numeerisiin tuloksiin perustuvasta asian selittämisestä. Määrälliseen tutkimukseen sisältyy runsaasti erilaisia tilastollisia ja laskennallisia analyysimenetelmiä. (Jyväskylän yliopisto.) Tutkimukseni tehtiin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää käyttäen ja otantamenetelmänä on käytetty näytteitä. Näytteet otettiin kymmeneltä testihenkilöltä, jotka olivat kaikki naisia. Tutkimuksen testihenkilöiksi soveltuvat kaikenikäiset naiset, kunhan heillä oli käsittelemättömät hiukset.



Tutkimuksen suorittaminen aloitettiin talvella 2011 valitsemalla testihenkilöt. Valitsemani testihenkilöt antoivat luvan näytteiden ottoon ja niiden analysoimiseen täyttämällä suostumuslomakkeen (liite 2). Näytteet otettiin Hyvinkäällä Hiusstudio f.a.m.e:ssä. Testihenkilöiltä otettiin ensimmäiset näytteet kahden viikon sisällä. Hiusnäytteet otettiin jokaiselta testihenkilöltä erikseen ja näytteet laitettiin välittömästi näytepusseihin keräämisen jälkeen, jotta näytteet eivät olisi sekoittuneet keskenään. Näytepusseihin päälle kirjoitettiin testihenkilön nimi ja päivämäärä. Hiusnäytteet toimitettiin analysoitavaksi toimeksiantajalle keväällä 2011. Analysointi tapahtui nestekromatografista tutkimusmenetelmää käyttäen.

## 5.1 Tutkimustehtävä

Toimeksiantajani Finnfeeds Finland Oy on teettänyt vuonna 2008 tutkimuksen, jossa selvitetiin sisältääkö hius luonnostaan betaiinia ja kasvaako sen määrä hiuksessa betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä. Tutkimustuloksista selvisi, että hius sisältää luonnostaan betaiinia. Tutkimus osoitti betaiinin määrän kasvavan hiuksessa betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä. Vuonna 2008 tehdyn tutkimuksen pohjalta haluttiin betaiinia tutkia lisää.

Tutkimusongelma: Betaiinin vaikutukset vaalennettuun hiukseen.

Lähestyin ongelmaa kahden kysymyksen kautta:

1. Väheneekö hiuksen luonnollinen betaiinimäärä hiuksessa vaalennuksen jälkeen?
2. Saadaanko betaiinin määrä hiuksessa palautumaan tai kasvamaan betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä?

## 5.2 Finnfeeds Finland Oy

Tutkimukseni toimeksiantaja on Finnfeeds Finland Oy, joka on osa laajempaa Danisco - konsernia. Danisco perustettiin vuonna 1989. Danisco valmistaa rehu-, ravitsemus-, kosmetiikka-, lääke- ja kemianteollisuuden aineita. Näitä raaka-aineita Danisco toimittaa suurille tehtaalle maailmanlaajuisesti. Danisco-konserni on maailman johtava luonnonmukaisten aineiden valmistaja. Yritys vaikuttaa 80 eri toimipisteessä 47 eri maassa ja sillä on yli 6800 työntekijää. Tuotantoa Daniscolla on yli 25 eri maassa. Daniscon pääkonttori sijaitsee Tanskassa, Kööpenhaminassa. Danisco-konserni pyrkii toiminnassaan edistämään luonnonmukaisuutta ja kestäväää kehitystä. Yrityksellä on tutkittua tietoa raaka-aineistaan ja tuotteistaan. (Danisco 2011.)

Finnfeeds Finland Oy aloitti toimintansa Naantalissa vuonna 1953, kun Suomen Sokeri aloitti siellä sokerin valmistuksen. Vuonna 1979 luonnon betaiinista tuli Naantalin tehtaan valmistama päätuote. Finnfeeds Finland Oy toimittaa sokerijuurikas pohjaisista liuoksista eristettyä luonnon betaiinia muun muassa kosmetiikkateollisuuteen eri yrityksille Suomessa. Finnfeeds Finland Oy:llä on tehdas Naantalissa ja henkilöstön määrä siellä on noin 70 sekä Kantvikin toimipisteessä 30. (Naantalin Satama 2011.)

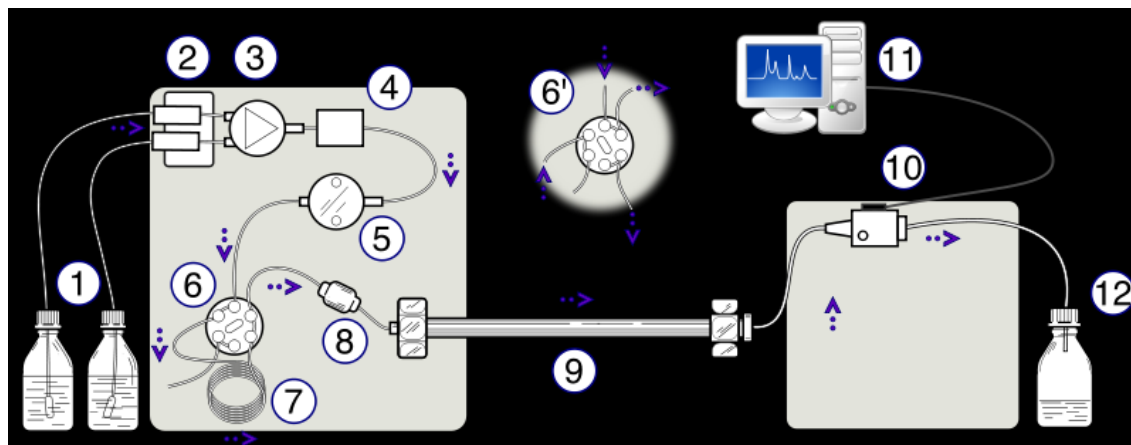
### 5.3 Nestekromatografia

Tutkimuksessa käytettiin betaiinin erottamiseksi näytehiuksista nestekromatografista tutkimusmenetelmää. Analysoitavan aineen määrittäminen saattaa häiritä näytteessä olevat muut aineet. Nämä muut aineet saadaan erotettua kromatografisten menetelmien avulla. Kromatografian avulla seoksesta voidaan erottaa kemialliselta rakenteeltaan samanlaisia aineita. Kromatografisia menetelmiä on useita. Eräs näistä on nestekromatografia. Kaikki kromatografiset menetelmät perustuvat aineiden erilaiseen etenemiseen huokoisessa materiaalissa. Kromatografisissa menetelmissä yhdisteet puhdistetaan, eristetään ja analysoidaan. Kromatografiassa tutkittava yhdiste jakautuu kahden faasin välille. Näistä faaseista toinen pysyy paikallaan (stationaarinen faasi) ja toinen liikkuu (liikkuva faasi) määrättyyn suuntaan. Liikkuva faasi voi olla neste tai kaasu, joka kulkee stationaarisen faasin läpi. Stationaarinen faasi ei saa liueta liikkuvaan faasiin. Stationaarinen faasi on joko kiinteä aine tai neste. (Lehtonen & Sihvonen 2004.)

Mikäli liikkuvan faasin mukana tulee jotakin yhdistettä, jonka taipumus liikkuvaan faasiin on pienempi kuin kiinteään faasiin, rikastuu se paikallaan pysyvään faasiin. Rikastumista tapahtuu kunnes tulee puhdasta liuotinta, joka puolestaan uuttaa hitaasti aineen irti siirtäen sen seuraavaan kohtaan. Yhdisteet, joilla on eri kemialliset rakenteet, liikkuvat faasissa myös eri nopeudella. Kromatografiassa adsorptio eli liikkuvan aineen kiinnittyminen tapahtuu paikallaan pysyvän aineen pintaan heikoin dipoli-dipoli tai van der Waals -sidoksin. (Lehtonen & Sihvonen 2004.)

Nestekromatografiaa (LC, liquid chromatography) käytetään yleisesti haihtumattomien orgaanisten yhdisteiden tutkimuksessa. Arvion mukaan vain noin 20 %:a tunnetuista orgaanisista yhdisteistä on haihtuvia. Korkean erotuskyvyn nestekromatografian, eli HPLC:n (high performance liquid chromatography) edellytyksenä on, että erotettavat yhdisteet liukenevat johonkin liuottimeen tai liuotinseokseen, jonka nestekromatografiassa käytetty laitteisto kestää. HPLC:n avulla saadaan käytännöllisesti katsoen lähes mikä tahansa näyte erotettua, analysoidua ja/tai puhdistettua. HPLC on yksi tämän päivän käytetyimmistä analyttisistä tekniikoista (Doland, Kirkland, Snyder 2010, 2, 35.)

Korkean erotuskyvyn nestekromatografiassa käytetään korkeaa painetta pakottamaan ajoliuoksen kulkemaan kolonnien läpi. Nämä kolonnit on pakattu hyvin hienojakoisilla jauheilla. Nestekromatografiassa käytetään lähes aina pakattuja kolonneja, jotka on tehty yleensä ruostumattomasta teräksestä tai teräsputkeen asetettavasta lasiputkesta, joka on puolestaan pakattu sopivalla stationaarifaasilla. (Lehtonen & Sihvonen 2004.)



Kuva 8: Nestekromatograafinen tutkimuslaitteisto. 1. Ajoliuokset, 2. Monitiventtiili, 3. Gradienttiventtiili, 4. Liikkuvan faasin sekoitusastia/puskuriastia, 5. Korkeapaine pumppu, 6. Näytteensyöttöventtiili, 7. Näyteympyrä, 8. Esikolonne, 9. Analyysi-kolonne (HPLC-kolonne), 10. Detektori, 11. Datan hankinta ja analysointi, 12. Jätteen keräysastia. Nestekromatografialaitteistossa näytteen syöttö tapahtuu näytteensyöttöventtiilin avulla. Silmukka täytetään näyteliuoksella ja pumppu työntää silmukan sisällön kolonniin. (Wikimedia Commons 2011.)

#### 5.4 Aiemmat tutkimukset

Finnfeeds Finland Oy toteutti vuonna 2008 tutkimuksen ”10 men”, jonka tarkoituksena oli selvittää löytyykö hiuksesta luonnostaan betaiinia ja saadaanko sen määrä hiuksessa kasvaan betaiinipitoista sampoota käyttämällä. Tutkimusryhmässä oli kahdeksan aikuista miestä ja kaksi lasta, joilla oli lyhyet, käsittelemättömät hiukset. Hiukset leikattiin ja kerättiin talteen lähtötilanteessa. Tämän jälkeen testihenkilöt käyttivät 5 % betaiinia sisältävää sampoota kuuden viikon ajan. Kuuden viikon kuluttua uudet hiusnäytteet kerättiin analysoitavaksi. Tutkimuksen mukaan testihenkilöiden hiuksista löytyi betaiinia jo ennen sampoon käyttöä. Kuuden viikon betaiinipitoisen sampoon käytön jälkeen betaiinin määrä kasvoi jokaisen testihenkilön hiuksissa. Betaiinin määrä kasvoi enimmillään 2066,66 % ja vähimmillään 40 %. (Nevalainen 2008.)

Finnfeeds Finland Oy on teettänyt Hazel Pool Associatesilla kolme eri tutkimusta betaiinin vaikutuksista hiukseen. Ensimmäisessä tutkimuksessa tutkittiin betaiinipitoisen sampoon ja geelin vaikutuksia. Toisessa tutkimuksessa tutkittiin puolestaan hiuksiin jätettävän betaiinipi-

toisen hoitoaineen vaikutuksia hiukseen. Kolmannessa tutkimuksessa tutkittiin hiuksen venyvyyttä ja kestävyttä, kun hiusta oli ensin vaalennettu ja sen jälkeen käsitelty betaiinipitoisilla tuotteilla.

Vuonna 1998 tutkittiin betaiinipitoista sampoota ja hoitoainetta sekä niiden vaikutuksia hiukseen. Tutkimuksen toteutti Hazel Pool Associates. Tutkimus toteutettiin kampaamoissa puolipäätestauksena. Betaiinipitoista sampoota ja geeliä testattiin siten, että testattavien henkilöiden puoli päätä käsiteltiin sampoollla/geelillä, joka ei sisältänyt betaiinia. Toinen puoli käsiteltiin betaiinipitoisella sampoollla/geelillä. Kukaan tutkimukseen osallistuneista ei tiennyt kumpi puoli päätä oli käsitelty betaiinipitoisella tuotteella. Testin tulokset osoittivat, että betaiinipitoinen sampoo antoi hoitavamman tunteen hiukselle niin märkänä kuin kuivanakin sekä lisäsi hiuksen kiiltoa. Betaiinipitoinen geeli antoi paremman tunnun hiukselle, lisäsi hiuksen kiiltoa ja tuuheudentunnetta. Betaiinin määrä testituotteissa oli 2 %. Sampootutkimuksen testihenkilöillä oli normaalit tai kuivat hiukset. Geelitutkimuksen testihenkilöillä oli ohuet hiukset. (Hazel Pool Associates 1998.)

Vuonna 2001 Hazel Pool Associates toteutti Finnfeeds Finland Oy:lle tutkimuksen hiuksiin jätettävästä betaiinipitoisesta hoitoaineesta. Salonkিতেsteissä testihenkilöiden hiukset pestiin puolipäätestinä laadukkaalla, hoitavalla sampoollla ja hoitoaineella. Hoitoaine, johon betaiinipitoista hoitoainetta tutkimuksessa verrattiin, sisälsi silikoneja ja vehnäproteiineja (wheat protein), joten se oli jo valmiiksi hyvin hoitava hoitoaine. Tästä huolimatta, jo 2 % betaiinin lisäys hoitoaineeseen lisäsi hiusten kiiltoa ja antoi pehmeämmän tunteen hiuksille. Tutkimus tehtiin kymmenelle testihenkilölle, joilla oli värjätyt, permanentatut tai vahingoittuneet hiukset. (Hazel Pool Associates 2001.)

Betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä varsinkin itämaista hiusta voidaan vahvistaa. Tähän johdopäätökseen on tultu Hazel Pool Associationin tekemän tutkimuksen mukaan. Tutkimuksessa vertailtiin kerran vaalennetun eurooppalaisen ja kaksi kertaa vaalennetun itämaisen hiuksen vetolujuutta ennen ja jälkeen hiuksen käsittelemistä betaiinilla. Aluksi hiusnäytteet käsiteltiin 15 % :ssa natriumlauryylisulfaattiliuoksessa 60 sekunnin ajan. Tämän jälkeen näytteitä huuhdeltiin 60 sekuntia, ylimääräinen vesi puristettiin pois ja näytteet käsiteltiin 5 %:ssa betaiiniliuoksessa. Märkiä hiussuortuvia vedettiin yksitellen niin kauan, että ne katkesivat. Hiusten vetolujuutta testattiin laitetekniikalla. Stressi/kuormitus -käyrien analysointiin käytettiin tietokoneohjelmaa. Tutkimuksessa oli kymmenen eri mittausparametria. Testitulokset osoittivat, että eurooppalaisen hiuksen kuudessa kymmenestä mittausparametrissa oli huomattavia muutoksia. Hius oli vahvistunut, sillä se säilytti vaalenuksesta huolimatta alkuperäisen kestävytensä ja katkeili vähemmän. Itämaisessa hiuksessa kahdeksassa kymmenestä mittausparametrissa oli huomattavia muutoksia. Kaksi kertaa vaalennettu itämainen hius venyi paljon

pidemmälle ennen katkeamistaan, mistä syystä hius oli vähemmän hauras. Itämainen hius oli elastisempi ja vahvempi betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen. (Woodruff 2002, 33-36.)

## 6 Tutkimus

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää testihenkilöiden hiusten luonnollinen betaiinipitoisuus sekä selvittää väheneekö sen määrä hiusta vaalennettaessa. Tämän lisäksi tarkoituksena oli selvittää palautuuko tai kasvaako betaiinin määrä hiuksessa kuuden viikon betaiinipitoisten testituotteiden käytön jälkeen. Näiden tutkittavien asioiden pohjalta betaiinille oli tarkoitus saada lisää markkinoinnillista arvoa.

Tutkimuksen ohella haluttiin selvittää, havaitsivatko testihenkilöt hiuksissaan ja hiuspohjansa kunnossa ulkoisia muutoksia kuuden viikon betaiinipitoisten testituotteiden käytön jälkeen. Testihenkilöt arvioivat hiustensa ja hiuspohjansa kuntoa lähtötilanteessa ja kuuden viikon jälkeen he arvioivat samat asiat uudestaan. Testihenkilöt tekivät arvioinnin vastaamalla heille tehtyyn kyselylomakkeeseen. Koska tämä hiusten ja hiuspohjan ulkoinen arviointi tapahtui testihenkilöiden omien tuntemusten perusteella, ei sitä voida pitää validina. Arvioinnin tuloksia analysoin tarkemmin pohdintaosuudessa.

### 6.1 Otoksen valinta

Tutkimusryhmään valittiin kymmenen naista, iältään 15-40-vuotiaita. Heillä kaikilla oli lähtötilanteessa luonnonväriset, käsittelemättömät, pitkät tai puolipitkät hiukset. Lähtötilanne oli kaikilla mahdollisimman samankaltainen. Ennen tutkimuksen aloittamista jokaiselta testihenkilöltä hankittiin suostumus tutkimukseen osallistumisesta (liite 1). Antaessaan suostumuksensa testihenkilöt sitoutuivat toimimaan annettujen ohjeiden mukaisesti. Lisäksi varmistettiin, ettei heidän sillä hetkellä käyttämänsä shampoo ja hoitoaine sisältänyt betaiinia. Testihenkilöiltä ei varmistettu, sisälsivätkö heidän aikaisemmin käyttämänsä shampoot ja hoitoaineet betaiinia.

### 6.2 Hiusnäytteet

Testihenkilöiltä leikattiin hiusnäytteet kolmeen kertaan. Ensimmäinen näyte leikattiin testihenkilöiden käsittelemättömästä hiuksesta, jotta saatiin selville hiuksen luonnollinen betaiinipitoisuus. Tämän jälkeen testihenkilöiden hiuksista vaalennettiin osioita kahteen kertaan. Osiot vaalennettiin vaalennusaineella, joka oli sekoitettu 3 % hapettimeen. Osioiden annettiin vaalentua puoli tuntia kerrallaan yhtä vaalennuskertaa kohden. Ensimmäisen ja toisen vaalennuskerran välissä hiukset pestiin ja kuivattiin huolellisesti. Kun hiukset oli vaalennettu kahteen kertaan, leikattiin niistä uusi hiusnäyte. Tämän jälkeen testihenkilöt saivat betaiinia

sisältävän sampoon ja hoitoaineen käyttöönsä. He pesivät hiuksensa ja käyttivät hoitoainetta vähintään joka toinen päivä kuuden viikon ajan. Testisampoo (sampoon ainesosaluettelo liitteessä 2) sisälsi betaiinia 2 % ja hoitoaine 5 % (hoitoaineen ainesosaluettelo liitteessä 2). Testihenkilöt saivat käsitellä hiuksiaan sekä käyttää muotoilutuotteita normaalisti pesukertojen välissä. Kuuden viikon jälkeen testihenkilöiden vaalennetuista hiusosioista leikattiin vielä viimeiset hiusnäytteet. Kaikki kolmekymmentä hiusnäytettä toimitettiin Finnfeeds Finland Oy:lle analysoitavaksi.

Betaiinin erotus ja analysointi tapahtuivat Danisco:n I&T tutkimuskeskuksessa Kantvikissa. Erotusmenetelmä ja analysointi tapahtuivat samalla tavalla kuin vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa. Tarkempi kuvaus erotuksen ja analysoinnin kulusta löytyy Nevalaisen opinnäytetyöstä (2008, 19.)

### 6.3 Tutkimustulokset

Tekemäni tutkimuksen tulosten mukaan betaiinin määrä testihenkilöiden hiuksissa vaihteli suuresti niin alkutilanteessa, vaalennuksen jälkeen kuin lopputilanteessakin. Kaikilla testihenkilöillä oli betaiinia hiuksissaan lähtötilanteessa, mutta selkeästi pienempiä määriä kuin vuonna 2008 tutkittujen testihenkilöiden hiuksissa. Betaiinin määrä on ilmoitettu mg/g hiusta ja kaikista näytteistä tehtiin vain yksi määrittäminen. Viidellä testihenkilöllä betaiinin määrä hiuksissa oli lähtötilanteessa alle 0,0005 mg/g hiusta. Neljällä testihenkilöllä hiusten betaiinipitoisuus oli 0,001 mg/g hiusta ja suurin betaiinipitoisuus oli yhdellä testihenkilöllä 0,002 mg/g hiusta (taulukko 2). Vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa betaiinin määrä testihenkilöiden hiuksissa oli lähtötilanteessa vähintään 0,001 mg/g hiusta ja enintään 0,022 mg/g hiusta. Betaiinipitoisen sampoon käytön jälkeen betaiinin määrä testihenkilöiden hiuksissa kasvoi vuonna 2008 prosentuaalisesti vähimmillään 40 % ja enimmillään 2066,66 %.

Se, miksi tutkimuksen mukaan testihenkilöiden betaiinin määrät hiuksissa lähtötilanteessa olivat huomattavasti pienempiä kuin aiemman tutkimuksen lähtötilanteessa, selittynee sillä, että aiemmassa tutkimuksessa miespuoliset testihenkilöt olivat lyhythiuksia ja näytteet otettiin lähempää hiuspohjaa, missä hius on luonnollisesti terveempi ja mitä ilmeisemmin sisältää enemmän betaiinia. Tekemäni tutkimuksen lähtötilanteiden hiusnäytteet otettiin puolestaan naisten pitkistä hiuksista, lähempää latvaa, missä hius on käsitellympää ja siksi vaurioituneempaa kuin lähempänä hiuspohjaa oleva hius.

Testihenkilöiden hiusten betaiinipitoisuudet hiuksessa vaalennuksen jälkeen vaihtelivat paljon. Osalla betaiinin määrä hiuksessa kasvoi ja osalla väheni (taulukko 3). Kolmella testihenkilöllä betaiinin määrä hiuksessa vaalennuksen jälkeen oli alle 0,0005 mg/g hiusta. Suurin betaiinipitoisuus vaalennuksen jälkeen oli yhdellä testihenkilöllä, 0,008 mg/g hiusta. Kahdella tes-

tihenkilöllä hiusten betaiinipitoisuus vaalennuksen jälkeen oli 0,003 mg/g hiusta, kolmella 0,001 mg/g hiusta ja yhdellä 0,007 mg/g hiusta. Viidellä testihenkilöllä hiusten betaiinin määrä kasvoi vaalennuksen jälkeen, kahdella pysyi samana ja kolmella väheni.

Prosentteina betaiinin määrän kasvu oli 200 %:n - 1600 %:n välillä. Kolmella testihenkilöllä betaiinipitoisuuden väheneminen vaalennuksen jälkeen oli 50 % (taulukko 4). Mitään johdonmukaista selitystä ei kuitenkaan löydy sille, miksi osalla testihenkilöistä betaiinin määrä kasvoi vaalennuksen jälkeen. Testihenkilöiden hiukset pestiin vaalennuksen jälkeen betaiinia sisältämättömällä sampoollla ja hoitoaineella. Ei ole mahdollista, että vaalennuksen jälkeen käytetyt shampoo ja hoitoaine olisivat lisänneet betaiinin määrää hiuksessa. On kuitenkin mahdollista, että testihenkilöiden käyttämät muut hiustuotteet ovat voineet sisältää betaiinia. Lähtötilanteessa tarkastettiin vain testihenkilöiden sillä hetkellä käyttämänsä shampoo ja hoitoaine. Lähtötilanteen ja vaalennuksen jälkeen saadut tulokset betaiinin määrästä hiuksissa olivat molemmissa tapauksissa niin vähäiset, ettei voida yksiselitteisesti todeta betaiinin määrän vähenevän hiuksessa vaalennuksen vaikutuksesta.

Kuuden viikon betaiinipitoisen sampoon ja hoitoaineen käytön jälkeen betaiinin määrä testihenkilöiden hiuksissa kasvoi huomattavasti lähtötilanteeseen ja vaalennettuun hiukseen verrattuna yhdeksän testihenkilön kohdalla. Yhden testihenkilön kohdalla kävi niin, että betaiinin määrä hänen hiuksissaan väheni testituotteiden käytön jälkeen. Betaiinin määrä hänen hiuksissaan kasvoi runsaasti lähtötilanteen alle 0,0005 mg/g:sta vaalennuksen jälkeiseen 0,007:ään mg/g hiusta, mutta kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen betaiinin määrä väheni 0,001:een mg/g hiusta. Tämä väheneminen on prosentteina 14,28 % (taulukko 4). Toisen testihenkilön kohdalla kävi niin, että jo hiusten vaalennus lisäsi hänen hiustensa betaiinipitoisuutta lähtötilanteen alle 0,0005:stä mg/g hiusta vaalennuksen jälkeiseen 0,008:aan mg/g hiusta, mutta testituotteiden käytön jälkeen luku oli 0,775 mg/g hiusta (taulukko 6). Betaiinin määrän kasvu kyseisen testihenkilön hiuksessa on noin 21 kertaa suurempi kuin suurimman käytetyn standardin korkeus. Prosentteina tämä betaiinin määrän kasvu lähtötilanteesta vaalennuksen jälkeiseen tilanteeseen on 1600 % ja vaalennuksesta lopputilanteeseen verrattuna 9687,50 % (taulukko 4).

Koska betaiinin määrät kaikkien testihenkilöiden hiuksissa olivat niin vähäiset lähtötilanteessa ja vaalennuksen jälkeen, oli betaiinin määrän kasvu hiuksessa kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen yhtä poikkeusta lukuun ottamatta todella suuri (taulukko 5). Testihenkilöistä yhdeksällä kymmenestä hiusten betaiinipitoisuus kasvoi 700 % - 9687,50 % välillä, kun vaalennuksen jälkeisiä ja lopputilanteen arvoja verrattiin keskenään.

Testi- henkilö	Betaiinin määrä hiuksissa ennen käsittelyä mg/g hiusta	Betaiinin määrä hiuksissa vaalennuksen jälkeen mg/g hiusta	Betaiinin määrä hiuksissa kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen mg/g hiusta
1	0,001	< 0,0005	0,046
2	< 0,0005	< 0,0005	0,015
3	< 0,0005	0,001	0,028
4	< 0,0005	0,003	0,034
5	< 0,0005	0,007	0,001
6	0,001	0,003	0,027
7	0,001	0,001	0,007
8	0,001	< 0,0005	0,030
9	0,002	0,001	0,036
10	< 0,0005	0,008	0,775

Taulukko 2: Betaiinin määrä hiuksissa lähtötilanteessa, vaalennuksen jälkeen ja testituotteiden käytön jälkeen

Testi- henkilö	Betaiinin määrän kasvu /väheneminen alkutilan- ne vs. vaalennus mg	Betaiinin määrän kasvu /väheneminen vaalennus vs. lopputilanne mg
1	↓ 0,0005 mg	↑ 0,0455 mg
2	Pysyi samana	↑ 0,0145 mg
3	↑ 0,0005 mg	↑ 0,027 mg
4	↑ 0,0025 mg	↑ 0,031 mg
5	↑ 0,0065 mg	↓ 0,006 mg
6	↑ 0,002 mg	↑ 0,024 mg
7	Pysyi samana	↑ 0,006 mg
8	↓ 0,0005 mg	↑ 0,030 mg
9	↓ 0,001 mg	↑ 0,035 mg
10	↑ 0,0075 mg	↑ 0,767 mg

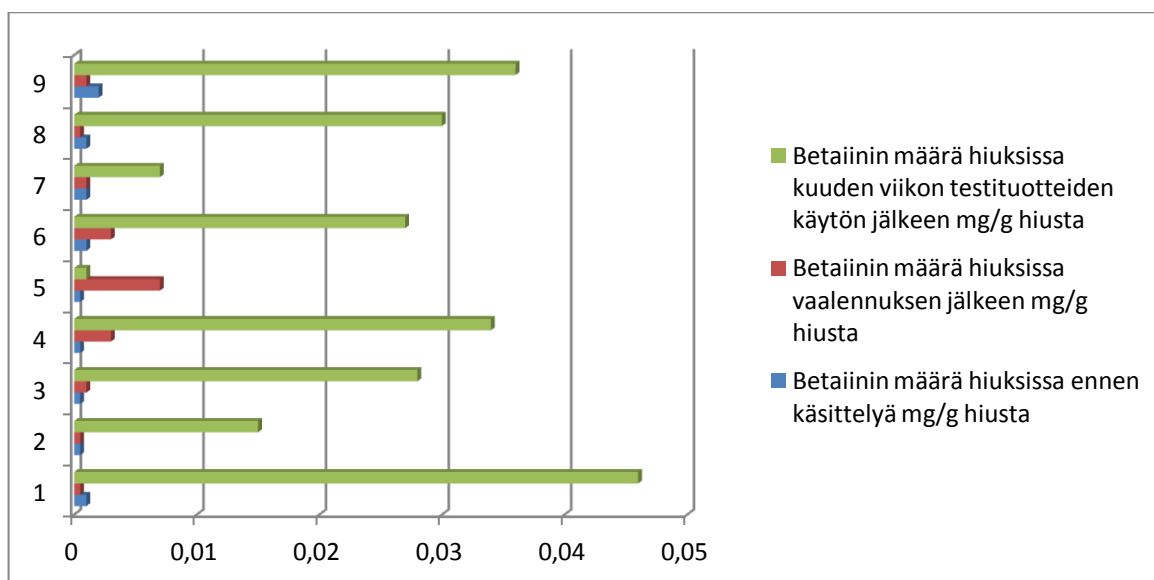
Taulukko 3: Betaiinin määrän kasvu (nuoli ylöspäin↑)/väheneminen (nuoli alaspäin↓) milligrammoina



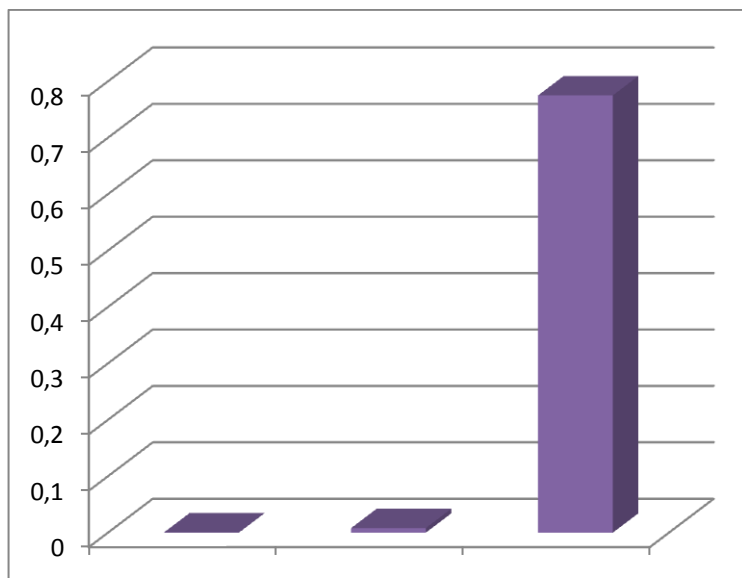
Testi- henkilö	Betaiinin määrän kasvu /väheneminen alkutilan- ne vs. vaalennus %	Betaiinin määrän kasvu /väheneminen vaalennus vs. lopputilanne %
1	↓ 50 %	↑ 9200 %
2	Pysyi samana	↑ 3000 %
3	↑ 200 %	↑ 2800 %
4	↑ 600 %	↑ 1133,33 %
5	↑ 1400 %	↓ 14,28 %
6	↑ 300 %	↑ 900 %
7	Pysyi samana	↑ 700 %
8	↓ 50 %	↑ 6000 %
9	↓ 50 %	↑ 3600 %
10	↑ 1600 %	↑ 9687,50 %

Taulukko 4: Betaiinin määrän kasvu (nuoli ylöspäin ↑)/väheneminen (nuoli alaspäin ↓) prosentteina

Seuraavan sivun taulukoihin oli hyvin vaikea saada järkeviä mitta-asteikkoja, sillä alkutilanteen ja vaalennuksen jälkeiset luvut olivat jo valmiiksi hyvin pieniä. Niin pienessä mitta-asteikossa jo kymmenyksien lisäykset lopputilanteeseen verrattuna näyttävät taulukossa todella suurilta, vaikka kyseessä on edelleen pienet luvut.



Taulukko 5: Betaiinin määrä hiuksissa testihenkilöittäin. Vasen sarake näyttää testihenkilön numeron. Taulukkoon 5 on merkitty vain yhdeksän testihenkilöä. Kymmenennelle testihenkilölle on oma taulukkonsa (taulukko 6), sillä kyseisen testihenkilön hiusten betaiinipitoisuudet poikkesivat niin huomattavasti muiden testihenkilöiden hiusten betaiinipitoisuuksista.



Taulukko 6: Testihenkilö 10:n betaiinin määrä hiuksessa. Vasemmalta oikealle; käsittelemättömän hiuksen betaiinimäärä, keskimmaisessä betaiinin määrä vaalennuksen jälkeen ja oikeanpuoleisessa betaiinin määrä kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen. Lähtötilanteessa tämän testihenkilön hiusten betaiinimäärä oli alle 0,0005 mg/g hiusta, vaalentamisen jälkeen 0,008 mg/g hiusta ja betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen 0,775 mg/g hiusta.

## 7 Lopuksi

Tutkimustulosten perusteella jäi näyttämättä se, mitä tutkimuksella varsinaisesti haettiin, eli väheneekö betaiinin määrä hiuksessa sitä vaalennettaessa. Toinen tutkittava asia oli selvittää saadaanko betaiinin määrä hiuksessa palautumaan tai kasvamaan betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä. Tutkimustulosten perusteella voi todeta, että hiusten betaiinipitoisuus saadaan kasvamaan betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä. Testihenkilöistä yhdeksällä hiusten betaiinipitoisuus kasvoi huomattavasti kuuden viikon betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen. Yhdessä tapauksessa testihenkilön hiusten betaiinipitoisuus kasvoi hieman alkutilanteesta sen jälkeen kun hiusta oli vaalennettu. Testituotteiden käytön jälkeen betaiinipitoisuus kyseisellä testihenkilöllä laski. On mahdollista, että kyseinen testihenkilö ei käyttänyt annettuja testituotteita tai noudattanut annettuja ohjeita. Tämä selittäisi sen, ettei betaiinin määrä hänen hiuksissaan kasvanut testituotteiden käytön jälkeen. Kukaan ei ole ollut näkemässä pesivätkö testihenkilöt hiuksensa annettujen ohjeiden mukaan annetuilla tuotteilla. Kaikissa muissa tapauksissa betaiinin määrä kasvoi lopputilanteessa huomattavasti vaalennetun hiuksen betaiinimäärään verrattuna.

## 7.1 Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti

Jotta kyseessä olisi tieteellinen tutkimus, tulee sen olla validi ja reliabeli.

*”Reliabelius tarkoittaa mittaustulosten toistettavuutta. Mittauksen tai tutkimuksen reliabelius tarkoittaa siis sen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia.”* (Hirsjärvi ym. 1997, 213.)

Tutkimukseni reliabeliutta olisi lisännyt, jos tutkimuksen otos olisi ollut suurempi ja jos betaiinin määrä olisi mitattu hiusnäytteistä vähintään kaksi kertaa. Tutkimus on toteutettu ja raportoitu siten, että se on toistettavissa. Jos tutkimus toistettaisiin, tutkimusasetelma pysyisi samana, mutta tästä tutkimuksesta lyhyen ajan sisällä samoja testihenkilöitä ei voisi käyttää, mikä vähentäisi tutkimuksen luotettavuutta. Vanhat testihenkilöt käyttivät betaiinipitoisia tuotteita kuuden viikon ajan, joten betaiinin määrä kasvoi heidän hiuksissaan huomattavasti. Tästä syystä lähtötilanteen arvot olisivat aivan toisenlaiset, mikäli tutkimuksen tekisi lyhyen ajan sisällä uudelleen samoilla testihenkilöillä. Samoja testihenkilöitä voisi käyttää siinä tapauksessa, mikäli tutkimus tehtäisiin uudelleen esimerkiksi vuoden päästä, jolloin testihenkilöiden hiukset olisivat kasvaneet ja leikattu. Tällöin kaikki testiin kuuluvat toimenpiteet, kuten hiusten vaalennus ja testituotteiden käyttö, tehtäisiin leikatulle hiukselle laboratorio-oloissa. Tämä mahdollistaisi sen, ettei hiukseen, eikä testituloksiin pääsisi vaikuttamaan muut hiustuotteet, joita testihenkilöt mahdollisesti käyttävät tutkimuksen aikana. Tutkimustulos voisi vuoden päästä olla taas erilainen.

Käsitteen validius Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara (2000, 144) määrittelevät siten, että heidän mukaansa se vastaa kysymykseen, mittaavatko tutkimuksen muuttujat sitä, mitä niiden oli tarkoituskin mitata.

Tutkimus on validi, sillä tutkimuksen muuttujat mittasivat sitä, mitä niiden oli tarkoituskin mitata. Hiusten näytteet kerättiin kolmeen kertaan. Hiusten näytteiden keräämisellä ja analysoimisella pyrittiin vastaamaan kolmeen kysymykseen: kuinka paljon testihenkilöiden hiukset sisälsivät luonnostaan betaiinia, väheneekö betaiinin määrä hiusten vaalennuksen jälkeen ja saadanko betaiinin määrä nousemaan hiuksessa testituotteiden käytön jälkeen. Tutkimus vastasi näihin kysymyksiin, joten sitä voidaan pitää validina. Mittaukset tehtiin tarkasti juuri kyseisistä näytteistä ja menetelmänä käytettiin samaa tekniikkaa kuin vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa. Tästä syystä tutkimustani voidaan verrata vuonna 2008 tehtyyn tutkimukseen. Hiusten näytteet otettiin eri kohdista vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa kuin tutkimuksessani. Vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa hiusten näytteet otettiin lähempää hiuspohjaa ja tutkimuksessani lähempää latvaa. Tutkimukseni olisi validimpi, mikäli näytteet olisi otettu samasta kohdasta kuin vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa. Tutkimukseni validiteettia puoltaa se,

että yhdeksällä testihenkilöllä kymmenestä betaiinin määrä hiuksissa kasvoi testituotteiden käytön jälkeen ja betaiinin määrän kasvu testihenkilöiden hiuksissa oli todella selkeä.

## 7.2 Pohdinta

Tutkimuksessa saatiin vastaus vain toiseen tutkimusongelman kahdesta kysymyksestä. Vastaus saatiin siihen, että hiusten betaiinipitoisuus saadaan kasvamaan betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä. Vastausta ei saatu siihen, väheneekö hiusten luonnollinen betaiinipitoisuus hiusta vaalennettaessa. Koska hiusten vaalentaminen on kova rasite hiukselle, oletin itsekin hiusten luonnollisen betaiinipitoisuuden vähenevän hiuksissa vaalennuksen jälkeen. Tutkimustulokset osoittivat, että viidellä testihenkilöllä kymmenestä oli enemmän betaiinia hiuksissaan vaalennuksen jälkeen kuin lähtötilanteessa. Kolmella testihenkilöllä hiusten betaiinipitoisuus laski ja kahdella pysyi samana.

Olisi ollut hyvä, jos tutkimukseen olisi saanut vuonna 2008 tehdyn tutkimuksen tavoin miespuolisia, lyhythiuksisia testihenkilöitä. Tämä olisi varmistanut sen, että tutkimuksen lähtökohta olisi ollut samankaltainen kuin vuonna 2008 tehdystä tutkimuksesta. Otoksen valintaan vaikuttivat käytännön syyt. Oli vaikeaa löytää testihenkilöitä, joiden hiuksia ei olisi käsitelty ollenkaan. Mikäli tutkimuksessa olisi käytetty miespuolisia testihenkilöitä, heidän kaikki hiuksensa olisi pitänyt vaalentaa riittävän näytehiusmäärän takaamiseksi. Miehiä olisi ollut oletettavasti vaikeampi saada osallistumaan tutkimukseen, jossa heidän hiuksensa olisi myös vaalennettu leikkaamisen lisäksi. Naispuoliset testihenkilöt puolestaan osallistuivat tutkimukseen mielellään, kunhan heidän hiustensa vaalentaminen ei ollut liian näkyvää. Tästä syystä testihenkilöiden hiuksista vaalennettiin vain osioita, mikä edesauttoi sitä, ettei lopputulos ollut liian radikaali. Näytehiuksia saatiin otettua silti riittävästi, koska testihenkilöillä oli pitkät hiukset.

Tehtävänäni oli hankkia tutkimukseen sopivat testihenkilöt, saada heidän suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta sekä ohjeistaa heitä käyttämään testituotteita oikein tutkimuksen onnistumisen varmistamiseksi. Tämän lisäksi toteutin hiusnäytteiden keräämisen ja hiusten vaalentamisen. Hiusten näytteet toimitin toimeksiantajalleni, joten en päässyt henkilökohtaisesti seuraamaan varsinaista hiusnäytteiden käsittelyä ja analysointia laboratoriossa. Mielestäni olisi hyvä, jos samat näytteet analysoitaisiin samanaikaisesti jossain riippumattomassa laboratoriossa, jotta tulokset saataisiin analysoitua mahdollisimman objektiivisesti. Tämä lisäisi tutkimuksen luotettavuutta.

On tutkittu, että betaiini muun muassa vahvistaa ja kosteuttaa hiuksia sekä lisää hiusten kiiltoa. Tutkimuksen testihenkilöiltä kysyttiin mielipidettä heidän käyttämistään betaiinipitoisista tuotteista. Testihenkilöitä pyydettiin arvioimaan, havaitsivatko he ulkoisia muutoksia hiuk-

sissaan ja hiuspohjassaan. Testihenkilöt eivät etukäteen tienneet, minkälaisia vaikutuksia betaiinilla aikaisempien tutkimusten mukaan on hiuksiin ja hiuspohjaan. Kyselyn tulokset osoittivat, että betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen testihenkilöiden hiusten ja hiuspohjan kunto paranivat. Hiusten kiilto lisääntyi ja hiuksista tuli helpommin kammattavat sekä käsiteltävät. Hiusten katkeilu väheni ja hiuksista tuli pehmeämmän tuntuiset. Lisäksi testihenkilöt, joilla oli lähtötilanteessa hiuspohjan kutinaa, kertoivat sen vähentyneen betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen. Nämä asiat vahvistavat jo aiempia tutkimustuloksia betaiinin vaikutuksista.

Betaiini ylläpitää hiusten kosteustasapainoa, sillä se suojaa hiuksen proteiinirakennetta ja toimii veden kuljettajana. Betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä hiusten betaiinipitoisuus kasvaa. Näin ollen hiukseen saadaan lisää suojaavaa ja kosteuttavaa ainesosaa. Vaalennettu hius tarvitsee paljon kosteutusta, jota saa betaiinipitoisia tuotteita käyttämällä. Testihenkilöt kertoivat hiustensa tuntuvan pehmeämmiltä kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen, vaikka niitä oli vaalennettu. Tämä johtuu mitä todennäköisimmin siitä, että betaiinipitoiset tuotteet kosteuttivat testihenkilöiden hiuksia, hiusten kunto parani ja ne tuntuivat pehmeämmiltä.

Hiusten vaalentaminen aiheuttaa hiuksen disulfidididosten katkeamista. Disulfidididosten katkeaminen vaikuttaa negatiivisesti hiuksen märkävenyvyyteen ja hius katkeaa helpommin. Hius voi tuntua vaalennuksen jälkeen myös hauraalta ja karkealta sekä se voi takkuuntua helposti. Vaalennettu hius ei ole enää lähellekään yhtä vahva kuin käsittelemätön hius. Siitäkin huolimatta, että testihenkilöiden hiuksia vaalennettiin, kertoivat he hiustensa katkeavan vähemmän lopputilanteessa lähtötilanteeseen verrattuna. Kaksi testihenkilöä kertoi lähtötilanteessa hiustensa katkeilevan erittäin paljon, mutta lopputilanteessa kaikki kymmenen testihenkilöä kertoivat hiustensa katkeilevan melko vähän tai erittäin vähän. Kun testihenkilöiltä kysyttiin, oliko betaiinipitoisten tuotteiden käytöllä apua johonkin erityiseen ongelmaan heidän hiuksissaan tai hiuspohjassaan, vastasi suurin osa, että hiusten kammattavuus ja käsiteltävyys parani. Itse huomasin monen testihenkilön kohdalla, että heidän hiuksensa olivat pehmeämmän tuntuiset testituotteiden käytön jälkeen, vaikka hiuksia oli vaalennettu. Vaikka nämäkin tulokset perustuivat testihenkilöiden sekä minun omaan arviooni, on mielenkiintoista huomata jo kuuden viikon betaiinipitoisten tuotteiden käytöllä olevan suuri vaikutus hiuksiin hyvin monella osa-alueella.

Tutkimuksessani yhdellä testihenkilöllä oli luonnonkiharat hiukset. Hän oli tämä erikoistapaus, jonka hiuksissa betaiinin määrä kasvoi valtavasti kuuden viikon betaiinipitoisten testituotteiden käytön jälkeen (9687,50 %). Jo vaalennuksen jälkeen tämän testihenkilön hiusten betaiinipitoisuus kasvoi 1600 %. Leikkasin itse hiusnäytteet testihenkilöiden hiuksista, joten pystyin myös analysoimaan hiuksia silmämääräisesti ja tunnustelemaan tuntuivatko heidän hiuksensa erilaisilta testin lopputilanteessa. Erikoistapauksen hiukset olivat jo ennen vaalennusta

ja erityisesti vaalennuksen jälkeen todella kuivat ja huonokuntoiset. Oli vaarana, että hänen hiukset menevät vaalennuksen jälkeen niin takkuun, ettei niiden selvittämiseen auta muu kuin hiusten leikkaaminen lyhyeksi. Tämän erikoistapauksen hiusten kunto oli silminnähdessä parempi lopputilanteessa. Testihenkilö totesi myös itse hiustensa olevan paremmassa kunnossa. Arvioni hänen hiustensa kunnosta betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen oli se, että hiukset tuntuivat erittäin paljon pehmeämmiltä.

### 7.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimukseni perusteella nousi esiin kysymyksiä, jotka voisivat toimia jatkotutkimusaiheina.

Ehdotan jatkotutkimusaiheiksi seuraavia tutkimusongelmia:

1. Miksi suurimmalla osalla testihenkilöistä betaiinin määrä hiuksissa kasvoi hieman vaalennuksen jälkeen lähtötilanteeseen verrattuna, vaikka oletuksena oli, että betaiinin määrä vähenee hiusta vaalennettaessa?

Edellä mainittuun tutkimusongelmaan liittyviä lisäkysymyksiä voisivat olla: voivatko esimerkiksi eri brändien vaalennusaineet tai pidempi vaikutusaika vaikuttaa lopputulokseen ja miten testihenkilöiden käyttämät muut hiustuotteet vaikuttavat tutkimuksen lopputulokseen? Tutkimus tulisi tehdä mahdollisesti kokonaan, eli lähtötilanteesta lopputilanteeseen, laboratoriossa. Näytehiukset leikattaisiin testihenkilöiltä etukäteen ja laboratoriossa käsiteltäisiin näitä irtohiuksia. Tällöin saataisiin testeihin häiritsevästi vaikuttavat tekijät eliminoitua paremmin.

2. Väheneekö betaiinin määrä lyhyessä, vaalennetussa hiuksessa?

Tutkimus tehtäisiin henkilöille, joilla on mahdollisimman lyhyet, käsittelemättömät hiukset, mutta mistä saisi vielä tarpeeksi hiusnäytettä leikattua. Betaiinia on tutkitusti enemmän hiusten tyviosassa kuin latvassa. Testituloksista saisi luotettavimmat, kun sama tutkimus tehtäisiin lyhyisiin hiuksiin. Tutkimuksessa käytettäisiin miespuolisia testihenkilöitä, jotta tutkimusta voisi verrata paremmin vuonna 2008 tehtyyn tutkimukseen, joka toteutettiin myös miespuolisille testihenkilöille.

3. Miten betaiini vaikuttaa eri hiuslaatuihin?

Tutkimuskohteina voisi olla ryhmiä eri hiustyypeittäin, esimerkiksi luonnonkiharat tai värjätyt hiukset. Olisi mielenkiintoista tutkia luonnonkiharaa hiusta ja betaiinin vaikutusta siihen. Aiemmin pohdinnassani kerroin tutkimuksen erikoistapauksesta, jonka betaiinin määrä hiuksissa kasvoi betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen. Tästä syystä olisi todella mielenkiintoista

tutkia luonnonkiharaa hiusta lisää. Onko mahdollista, että kaikissa luonnonkihariissa hiuksissa tapahtuisi samoin? Luonnonkihara hiuslaatu on luonnostaan hyvin paljon kuivempi kuin normaali hiuslaatu ja betaiini tutkitusti parantaa hiusten kosteustasapainoa.

#### 4. Kuinka kauan betaiini pysyy hiuksessa?

Jos testihenkilöt lopettaisivat betaiinipitoisten tuotteiden käytön kuuden viikon jälkeen ja käyttäisivät seuraavat kuusi viikkoa joitain muita tuotteita, joissa ei ole betaiinia, säilyisikö hiuksen saavuttama betaiinipitoisuus ennallaan? Lisäksi tähän aiheeseen liittyen yksi tutkittava asia voisi olla se, mikä on maksimimäärä betaiinia, jota hiukseen voi sitoutua. Tällöin tutkittaisiin pidemmältä aikaväliltä betaiinipitoisten tuotteiden käyttöä ja sitä miten paljon betaiinia voi sitoutua hiukseen. Hiusnäytteitä otettaisiin tasaisin väliajoin ja seurattaisiin kuinka paljon betaiinin määrä voi lisääntyä hiuksessa. Tämä voisi olla tosin vaikea toteuttaa, sillä testihenkilöiden tulisi olla hyvin sitoutuneita tutkimukseen käyttämällä annettuja testituotteita annetuilla ohjeilla. Toinen mahdollisuus tässä tutkimuksessa olisi se, että hiusnäytteet kerättäisiin testihenkilöiltä valmiiksi ja tutkimus toteutettaisiin laboratorio-olosuhteissa irtuhiuksiin. Näin tutkimuksesta saisi luotettavamman.

Ennen tutkimusten aloittamista testihenkilöiltä varmistetaan, etteivät he käytä betaiinipitoisia tuotteita kyseisellä hetkellä, eivätkä ole käyttäneet vähään aikaan ennen tutkimusta. Jatkotutkimusten lähtötilanteiden luotettavuuden kannalta olisi tärkeää tiedustella testihenkilöiltä vähintään kolme heidän aiemmin käyttämäänsä sampoota ja tutkia etteivät ne sisällä betaiinia.

Jatkotutkimuksissa aineiston määrän tulisi olla suurempi ja otantatavan tarkemmin määritelly. Hirsjärvi ym. (1997, 179) mukaan otanta voidaan tehdä monin tavoin, kuten yksinkertaisella satunnaisotannalla, systemaattisella otannalla, ositetulla otannalla ja ryväotannalla. Pitäisin jatkotutkimuksessa perusteltuna otantamenetelmänä ositettua otantaa, jonka avulla pyritään varmistamaan, että otos on mahdollisimman edustava tutkimuksen kannalta merkittävien ryhmien osalta.

## Lähteet

Dell'Acqua, G., Leporatti, R., Rigano, L. 2000. Benefits of Trimethylglycine (Betaine) in Personal-Care Formulations. *Cosmetics & Toiletries* vol. 115(12): 47-54.

Dolan, J. W., Kirkland, J. J., Snyder, L. R. 2010. Introduction to Modern Liquid Chromatography. 3. painos. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Finnfeeds Finland Oy. 2011. Betaine from sugar beet. Hair, skin and oral care.

Finnish Bioindustries. Biotekniikan sanasto. Viitattu 8.7.2011.  
<http://www.finbio.net/sanasto/>

Halal, J. 2002. Hair Structure and Chemistry Simplified. 4. painos. Albany: Milady, Thomson Learning.

Hazel Pool Associates. 1998. Natural Extract AP. A Report for Finnsugar Bioproducts.

Hazel Pool Associates. 2001. Leave-On Hair Conditioner. A Report for Finnfeeds Danisco Cultor.

Helsingin allergia- ja astmayhdistys. 2011. Allergiset kosketushoito- ja hoitomuutokset. Viitattu 3.9.2011.  
[https://www.kosmetiikka-allergia.fi/prime\\_7.aspx](https://www.kosmetiikka-allergia.fi/prime_7.aspx)

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2000. Tutki ja kirjoita. 6. Uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Johnson, D. H. 1997. Hair and Hair Care. 1. painos. New York: Marcel Dekker Inc.

Juvan lukio. Kemia luento. Kemia - keskeinen luonnontiede. Viitattu 1.9.2011.  
<http://www.juvanlukio.fi/media/kemia/KE1/KE1-luennot>.

Jyväskylän yliopisto. Määrällinen tutkimus. Viitattu 21.8.2011.  
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Lehtonen, P. O., Sihvonen M-L. 2004. Laboratorioalan analyttinen kemia. Helsinki: Edita Prima Oy.

L'oréal. 2011. Hair Science. Viitattu 8.7.2011. [http://www.hair-science.com/\\_int/\\_en/topic/topic\\_sousrub.aspx?tc=ROOT-HAIR-SCIENCE^PORTRAIT-OF-AN-UNKNOWN-ELEMENT^SUPERB-CHEMISTRY&cur=SUPERB-CHEMISTRY](http://www.hair-science.com/_int/_en/topic/topic_sousrub.aspx?tc=ROOT-HAIR-SCIENCE^PORTRAIT-OF-AN-UNKNOWN-ELEMENT^SUPERB-CHEMISTRY&cur=SUPERB-CHEMISTRY)

Nevalainen, H. 2008. Betaiinin penetroituminen hiukseen. Opinnäytetyö. Tikkurila: Laurea-ammattikorkeakoulu.

Oshimura, E. 2008. Hair and Amino Acids. *Cosmetics & Toiletries*. Vol. 123. No. 3. 61-66.

Procter&Gamble. 2011. Hair Structure. Viitattu 6.7.2011.  
<http://www.pgbeautygroomingscience.com/hair-structure.html>

Robbins, C. R. 2002. Chemical and Physical Behavior of Human Hair. 4. painos. New York: Springer-Verlag.

Solunetti. 2006. Osmoosi. Viitattu 1.9.2011.  
<http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/osmoosi/2/>



Wikipedia. 2011. Osmolyte. Viitattu 1.9.2011. <http://en.wikipedia.org/wiki/Osmolyte>

Wikipedia. 2011. Ångström. Viitattu 17.8.2011.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/%C3%85ngstr%C3%B6m>

Woodruff, J. 2002. Cosmetics & Toiletries magazine. Vol. 117. No.3. 33-36.

Zviak, C. 1986. The Science of Hair Care. 7.painos. New York: Marcel Dekker Inc.

## Kuvat

- Kuva 1: Hiuksen rakenne. (Hairskinbody+soul 2011. Teksti suomennettu ja lisätty kuvaan itse.) Viitattu 30.8.2011. <http://hairskinbodysoul.wordpress.com/>.....9
- Kuva 2: Hiuksen sidokset. (Procter&Gamble 2011. Teksti suomennettu ja lisätty kuvaan itse.) Viitattu 30.8.2011. <http://www.pgbeautygroomingscience.com/how-to-get-long-lasting-volume.html>.....12
- Kuva 3: Hiuksen läpileikkaus. (Subrina 2007. Teksti muokattu ja lisätty kuvaan itse.) Viitattu 30.8.2011. [http://www.subrina.si/en/Learn\\_more/Structure\\_of\\_the\\_hair\\_strand.html](http://www.subrina.si/en/Learn_more/Structure_of_the_hair_strand.html).....12
- Kuva 4: Terveen käsittelemättömän hiuksen mikroskooppikuva. Suomukerros on ehjä ja suomet ovat sulkeutuneet. (Linkhaircare 2011.) Viitattu 30.8.2011. <http://www.linkhaircare.com.sg/diseases.html>.....17
- Kuva 5: Hiusten vaalentaminen on kova käsittely hiukselle. Mikroskooppikuvassa näkyy kuinka suomukerros suomet ovat avautuneet ja hius on näin ollen hauraampi kuin terve hius. (Linkhaircare 2011.) Viitattu 30.8.2011. <http://www.linkhaircare.com.sg/diseases.html>.....18
- Kuva 6: Betaiinimolekyyli (American Chemical Society 2011.) ACS. 2011. Viitattu 8.7.2011. [http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=PP\\_ARTICLEMAIN&no\\_id=841&content\\_id=CNBP\\_025220&use\\_sec=true&sec\\_url\\_var=region1&\\_\\_uuid=6211d14e-99be-4739-99d2-525d292dc63b](http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_ARTICLEMAIN&no_id=841&content_id=CNBP_025220&use_sec=true&sec_url_var=region1&__uuid=6211d14e-99be-4739-99d2-525d292dc63b).....18
- Kuva 7: Betaiinin kemiallinen kaava. (Dell'Acqua, Leporatti & Rigano 2000.) ( Dell'Acqua, G., Leporatti, R., Rigano, L. 2000. Benefits of Trimethylglycine (Betaine) in Personal-Care Formulations. *Cosmetics & Toiletries* vol. 115(12): 47-54. ....20
- Kuva 8: Nestekromatograafinen tutkimuslaitteisto. 1. Ajoliuokset, 2. Monitiventtiili, 3. Gradienttiventtiili, 4. Liikkuvan faasin sekoitusastia/puskuriastia, 5. Korkeapaine pumppu, 6. Näytteensyöttöventtiili, 7. Näyteympyrä, 8. Esikolonne, 9. Analyysi-kolonne (HPLC-kolonne), 10. Detektori, 11. Datan hankinta ja analysointi, 12. Jätteen keräysastia. Nestekromatografialaitteistossa näytteen syöttö tapahtuu näytteensyöttöventtiilin avulla. Silmukka täytetään näyteliuksella ja pumppu työntää silmukan sisällön kolonneihin. (Wikimedia Commons. 2011.) Viitattu 14.7.2011. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HPLC\\_apparatus.svg?uselang=fi](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HPLC_apparatus.svg?uselang=fi).....26

## Kuviot

Kuvio 1: Betaiinin valmistusvaiheet (Nevalainen 2011.) .....	22
--	----

## Taulukot

Taulukko 1: Hiuksen aminohapot ja niiden määrät Zviakin mukaan (1986, 14-17.) .....	10
Taulukko 2: Betaiinin määrä hiuksissa lähtötilanteessa, vaalennuksen jälkeen ja testituotteiden käytön jälkeen. ....	31
Taulukko 3: Betaiinin määrän kasvu/väheneminen milligrammoina. ....	31
Taulukko 4: Betaiinin määrän kasvu/väheneminen prosentteina. ....	32
Taulukko 5: Betaiinin määrä hiuksissa testihenkilöittäin. Vasen sarake näyttää testihenkilön numeron. ....	32
Taulukko 6: Testihenkilö 10:n betaiinin määrä hiuksessa. Vasemmalta oikealle; käsittelemättömän hiuksen betaiinimäärä, keskimmaisessa betaiinin määrä vaalennuksen jälkeen ja oikeanpuolimmaisessa betaiinin määrä kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen. Lähtötilanteessa tämän testihenkilön hiusten betaiinimäärä oli alle 0,0005 mg/g hiusta, vaalentamisen jälkeen 0,008 mg/g hiusta ja betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen 0,775 mg/g hiusta. ....	33

Liitteet

Liite 1: Suostumuslomake tutkimukseen osallistumisesta



## SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

Projektin nimi: SH2011

Yhteystiedot: Aini Honkanen  
Keskikatu 13 H 2, 05800 Hyvinkää  
050 529 3723  
Heli Nevalainen, Finnfeeds Finland Oy  
Sokeritehtaantie 20, 02460 Kantvik  
040 741 9448

**Tutkimuksen tavoitteena** on selvittää palautuuko hiuksen betaiinipitoisuus luonnolliselle tasolle vaalennuskäsittelyn ja pitkäaikaisen betaiinipitoisten tuotteiden käytön jälkeen. Betaiini on aminohapon kaltainen aine, jota saadaan luonnosta; sokerijuurikkaasta. Tutkimuksen ajan käytetään testituotteita, joka on valmistettu EU:n kosmetiikkadirektiivin (76/768/ETY) mukaisesti käyttäen vain turvallisia ja hyväksytyjä raaka-aineita.

Tutkimukseen ei tule osallistua, jos tiedät olevasi yliherkkä jollekin kosmetiikka raaka-aineelle tai hajusteelle, joita on testituotteissa. (Liite 1)

Tutkimus on kolmivaiheinen. Tutkimuksen alussa testihenkilöltä leikataan hiusnäyte, josta analysoidaan laboratorioissa hiuksen luonnollinen betaiinipitoisuus. Toisessa vaiheessa hiusta vaalennetaan kaksi kertaa, jonka jälkeen hiuksesta leikataan uudet näytteet analysoitavaksi. Kolmannessa vaiheessa testihenkilö käsittelee hiuksensa annetuilla testituotteilla, normaalisti käyttämiensä tuotteiden sijaan, kuuden viikon ajan. Testihenkilön olisi hyvä pestä ja hoitaa hiuksensa joka toinen päivä parhaiden testitulosten saavuttamiseksi. Kuuden viikon testituotteiden käytön jälkeen hiukset leikataan uudelleen ja kerätään talteen analysoitavaksi.

Tutkimus on vapaaehtoinen ja se kestää kuusi viikkoa.

---

## SUOSTUMUS

Ymmärrän, että tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Suostun noudattamaan saamiani ohjeita, mutta olen vapaa keskeyttämään osallistumiseni milloin tahansa, syytä ilmoittamatta. Ymmärrän, että näytteet käsitellään nimettöminä.

**Allekirjoitus:**

---

**Nimen selvitys:**

---

**Päivämäärä:**

---

## Liite 2: Testituotteiden ainesosaluettelot

### Sampoon ainesosaluettelo:

Sodium Laureth Sulfate

Cocamidopropyl Betaine

Betaine

Sodium Chloride

PEG—7 Glyceryl Cocoate

Phenoxyethanol, Iodopropynyl Butylcarbamate

Parfum

Citric Acid

CI 47005

CI 61570

Deionised water

### Hoitoaineen ainesosaluettelo:

Aqua

Betaine

Cetearyl Alcohol

Hydroxyethylcellulose

Cetrimonium Chloride

Phenoxyethanol

Ethylhexylglycerin

Parfum

Citric Acid