

Opinnäytetyö (AMK)

Kemiantekniikka

2022

Tia Mäkinen

UUTTOVEDEN KATIONIEN VAIKUTUS PESU- JA NATURAL- PROSESSOITUUN KAHVIIN

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Kemiantekniikka

Kevät 2022 | 58 sivua ja 5 liitesivua

Tia Mäkinen

UUTTOVEDEN KATIONIEN VAIKUTUS PESU- JA NATURAL-PROSESSOITUUN KAHVIIN

Kahvimarjat tulee prosessoida, jotta niiden siemeniä voidaan kutsua raakakahviksi. Kahvin käsittelytapa vaikuttaa merkittävästi kahvin makuun, sillä prosessoinnin aikana muodostuvat kahvin maun esiasteet. Paahtamisen aikana syntyy satoja kemiallisia reaktioita, jotka määräävät kahvin lopullisen makuprofiilin.

Uuttamisen tehtävänä on liuottaa kiinteistä kahvisoluista yhdisteitä lopulliseen kahviin. Kahvi kuitenkin sisältää veteen liukenemattomia makumolekyylejä. Kun veteen lisätään mineraaleja, niiden kationit muodostavat hydrofobisten molekyylien kanssa kompleksin, joka parantaa molekyylien liukoisuutta tehden kahvista paremman makuisen.

Opinnäytetyö toteutettiin Peräkylä Coffee:n toimeksiantona, jonka tarkoituksena oli tutkia aistinvaraisesti kahvin uuttoveteen lisättävien kationien vaikutusta kahvin makuun. Aistinvaraisessa analyysissä käytettiin kuutta vesinäytettä ja kahta kahvia. Panelistit pisteyttivät 12 kahvinäytettä. Natural-prosessoitu kahvi korostui kaikkien vesinäytteiden kohdalla. Magnesiumin lisääminen kuitenkin korosti vain pesuprosessoidun kahvin hapokkuutta.

Asiasanat:

kahvi, aistinvarainen arviointi, kationit, vesi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Chemical Engineering

Spring 2022 | 58 pages and 5 pages in appendices

Tia Mäkinen

THE IMPACT OF CATIONS IN BREWING WATER ON WASHED AND NATURAL COFFEE

Coffee cherries need to be processed in order to call the seeds green coffee. The mode of processing coffee markedly affects its flavor as the flavor precursors are formed during processing. Roasting coffee induces hundreds of chemical reactions determining the final flavor profile of the coffee.

Extraction dissolves compounds to the final coffee solution from solids particles of coffee cells. However, coffee contains some insoluble molecules. When minerals are added to water the cations will interact with hydrophobic compounds forming complexes which increase the solubility of hydrophobic molecules, thus improving coffees flavor.

The thesis was conducted as an assignment for Peräkylä Coffee with the aim of researching the impact of added cations in brewing water on the coffee flavor by sensory analysis. Six water samples and two coffees were used in the sensory analysis. The panelists scored 12 different coffee samples. The natural processed coffee was highlighted with every water sample. However, adding magnesium enhanced the acidity of washed coffee only.

Keywords:

coffee, sensory evaluation, cations, water

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	8
2 KAHVIN MAKUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	9
2.1 Kasvatusympäristö	10
2.2 Viljelykäytännöt	10
2.3 Genotyyppi	11
2.4 Prosessointi	12
2.4.1 Natural-prosessointi	13
2.4.2 Pesuprosessointi	13
2.5 Pesu- ja natural-prosessoidun kahvin erot	14
2.6 Paahtaminen	15
3 UUTTAMINEN	19
3.1 Keskimääräinen uuttosaanto	19
3.2 Diffuusio ja advektio	21
3.3 Partikkelikoko	23
3.4 Veden rooli uuttamisessa	24
3.4.1 SCAE:n vesistandardi	24
3.4.2 Vesikemia	25
4 KAHVIN LAADUN MÄÄRITTÄMINEN	28
4.1 Erikoiskahvin määritelmä	28
4.2 Fysikaaliset menetelmät	29
4.3 Aistinvarainen analyysi	29
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	33
5.1 Sensoripanelistit	33
5.2 Mittausmenetelmä	35
5.3 Vesinäytteiden valmistaminen	35
5.4 Kahvinäytteiden valmistaminen	38

6 TULOKSIEN TARKASTELU	40
6.1 Prosessointitavan vaikutus	40
6.1.1 Aroma / tuoksu	43
6.1.2 Flavor / Maku	44
6.1.3 Aftertaste / jälkimaku	45
6.1.4 Acidity / hapokkuus	46
6.1.5 Body / suuntuntuma	47
6.1.6 Balance / tasapaino	48
6.2 Mineraalipitoisuuksien vaikutus	49
6.2.1 Pesty	50
6.2.2 Natural	51
7 YHTEENVETO JA POHDINTA	52

LIITTEET

Liite 1. Panelistien pisteytykset

Liite 2. Studentin T-testin tulokset

Liite 3. *World Brewers Cup Scoresheet – Cumpulsory Service -*
pisteytystaulukko

KAAVAT

Kaava 1: Einstein–Smoluchowskin relaatio (Gagné 2020) 23

KAAVIOT

Kaavio 1: Kahvin partikkelikokojakauma. 38

Kaavio 2: Overall attribuutin pisteet. 41

Kaavio 3: Attribuuttien tilastollinen merkitsevyys vesinäytteittäin. 42

KUVAT

Kuva 1: Kahvimarjan rakenne. (Mukaillen (Esquivel & Jiménez 2019.)) 9

Kuva 2: Kahvin käsittely lohkokaaavana, oikealla pesty ja vasemmalla natural. 12

Kuva 3: Klorogeenihapon hajoaminen kiniini- ja kofeiinihapoksi. 17

Kuva 4: Muita kahvin merkittäviä happoja. 17

Kuva 5: Coffee Brewing Control Chart; ideaalinen alue kuvattu punaisella.	20
Kuva 6: Diffuusio.	22
Kuva 7: Kationin vaikutus vesimolekyylien järjestäytymiseen.	26
Kuva 8: Flavor Wheel: kahvin aistinvaraisia ominaisuuksia. (SCA 2021).	30
Kuva 9: Pisteytettävät attribuutit.	35
Kuva 10: Pesuprosessoidun kahvin luottamusvälit vesinäytteittäin.	50
Kuva 11: Natural-prosessoidun kahvin luottamusvälit vesinäytteittäin.	51

TAULUKKO

Taulukko 1: SCA:n vesistandardit.	25
Taulukko 2: Käytettyjen vesinäytteiden pitoisuudet.	36
Taulukko 3: Vesinäytteitä vastaavat kahvinäytteet.	40
Taulukko 4: Attribuutin aroma pisteet.	43
Taulukko 5: Attribuutin flavor pisteet.	44
Taulukko 6: Attribuutin aftertaste pisteet.	45
Taulukko 7: Attribuutin acidity pisteet.	46
Taulukko 8: Attribuutin body pisteet.	47
Taulukko 9: Attribuutin balance pisteet.	48
Taulukko 10: Kahvinäytteiden overall-attribuuttien keskiarvo.	49
Taulukko 11: Panelistien A-F pisteet.	59
Taulukko 12: Studentin T-testin tulokset.	61

KESKEISET TERMIT

Attribuutti	Ominaisuus (SCA 2021)
HCO ₃ ⁻	Vetykarbonaatti eli bikarbonaatti (Colonna-Dashwood 2016)
Hydraatio	Veden tai veden alkuaineiden (H tai OH) lisääminen molekyylikokonaisuuteen (UIPAC 2019)
Hydrofobinen	Vettä hylkivä ei-polaarinen ryhmä tai molekyyli (UIPAC 2019)
Hydrofiilinen	Herkästi polaaristen liuottimien (erityisesti veden) kanssa vuorovaikuttava molekyylikokonaisuus tai substituentti (UIPAC 2019)
Kompleksi	Ionista tai keskusatomista muodostuva koordinaatiokompleksi, johon on sitoutunut molekyyliä tai ioneja ympäröivästä ryhmästä (UIPAC 2019)
Pyrolyysi	Yhden tai useammin kovalenttisen sidoksen katkeaminen altistuessa korkealle lämpötilalle (UIPAC 2019)
Substituentti	Atomi tai molekyyli, joka korvaa yhden tai useamman vedyn hiiliketjussa, lukuunottamatta happiryhmään kiinnittyneitä vetyatomeja (UIPAC 2019)

1 JOHDANTO

Kahvin historian merkittävimpiä käännekohtia kutsutaan aalloiksi. Ensimmäisen aallon myötä kahvi kaupallistui ja tuli kaikkien saataville. Toisen aallon myötä suuret kahvilaketjut toivat kuluttajien saataville espressopohjaiset maitojuomat kuten cappuccinon. Kolmas aalto on keskittynyt kahvin laatuun ja läpinäkyvyyteen tuottaen sen kestäväen kehityksen mukaisesti. Neljäs aalto kuvaa tieteellistä lähestymistapaa kahviin: pyritään virheettömään kupilliseen hyödyntäen kemiaa, fysiikkaa ja matemaattista mallinnusta.

Prosentuaalisesti kahvin tärkein ainesosa on vesi, sillä kahvi muodostuu 98 % vedestä. Vesi liuottaa kahvipavun makuyhdisteitä jauhetusta kahvista muodostaen kemiallisia sidoksia kahvipavun molekyylien kanssa, jotka päätyvät kahviliuokseen. Tätä prosessia kutsutaan kahvin uuttamiseksi. Kahvin uuttamiseen ja sen lopulliseen makuun vaikuttavat monet eri tekijät, jotka esitellään teoriaosuudessa. Lopullisen kahvikupillisen maku on monen muuttujan summa.

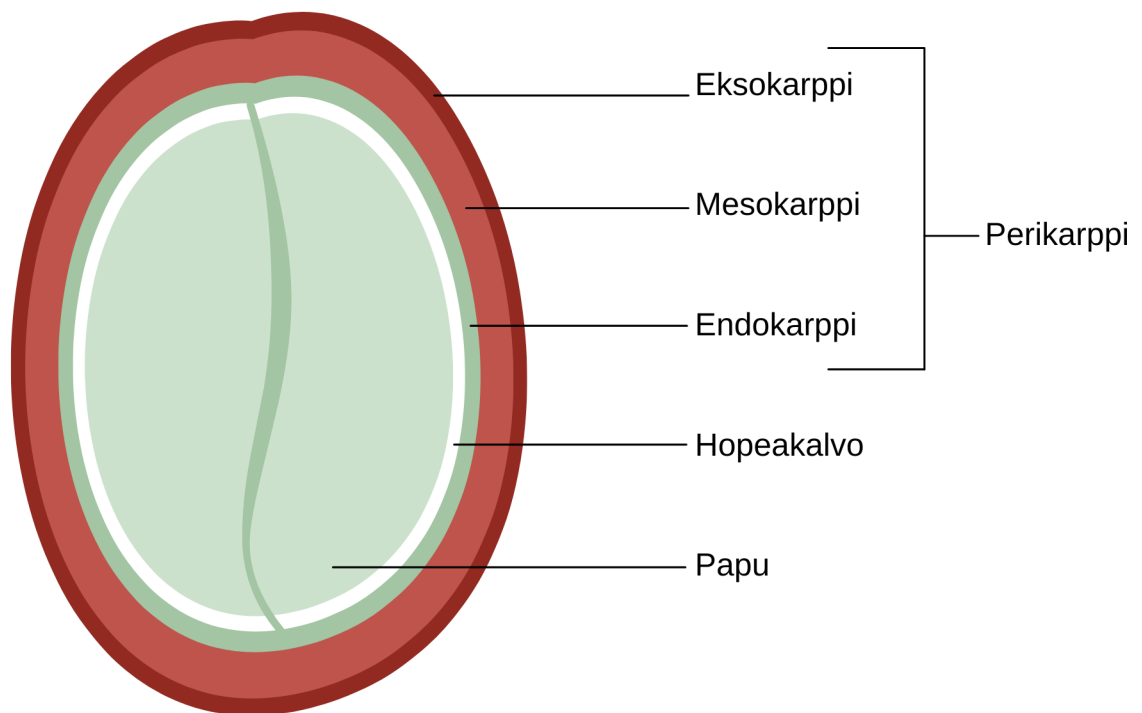
Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään neljännen aallon mukana jo kertynyttä tietoa ja selvitetään aistinvaraisella analyysillä, miten kahviliuoksen maku muuttuu, kun uuttamisessa käytetään erilaisia vesinäytteitä. Vesinäytteiden mineraalipitoisuudet eroavat toisistaan, jolloin ne myös uuttavat kahveista erilaisia makukokonaisuuksia. Arvioinnissa käytetään kuutta eri vesinäytettä ja kahta eri kahvia. Arviointia on valittu suorittamaan kuusi tarkoin valittua ja Suomen kärkipäähän sijoittuvaa panelistia, jotka arvioivat 12 eri kahvinäytettä.

Alun keskeiset termit ovat kohdistettu kahvialan ihmisille, joille opinnäytetyö on osaltaan myös suunnattu. Opinnäytetyö toteutettiin yritykselle Peräkylä Coffee, joka on yhden Suomen arvostetuimman kahviammattilaisen Jarno Peräkylän yritys. Päätaavoite on selvittää, millaisia eroavaisuuksia kahden eri kahvin väliltä löytyy, kun käytetään samaa vesinäytettä. Toissijainen tavoite on selvittää, mikä vesinäyte toimii parhaiten tietyn kahvin kanssa. Hypoteesina on, jokin tietty vesinäyte korostaisi pestyä kahvia ja toinen taas natural kahvia

2 KAHVIN MAKUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Kahvin fysikaalisista, kemiallisista sekä aistinvaraisista ominaisuuksista 40 % muodostuu ennen sadonkorjuuta. (Hadeem ym. 2018). Näihin luokitellaan kasvatusympäristö, viljelykäytännöt ja lajikkeen genotyyppi. (Illy & Viani 2005, 49–50). Loput 60 % kahvin ominaisuuksista muodostuvat sadonkorjuun jälkeisistä vaiheista. (Hadeem ym. 2018). Kahvi kasvaa pensaassa marjoina, jonka sisällä on tavallisesti kaksi siementä eli kahvipapua. Marjat tulee lajitella, prosessoida ja kuivata, jonka jälkeen niitä kutsutaan raakakahviksi (kuva 2). Sitten raakakahvi voidaan pakata, kuljettaa eteenpäin ja lopulta paahtaa. (Hoffmann 2018, 31–37.)

Kahvimarja muodostuu perikarpista, hopeakalvosta (eng. *Silver skin*) ja pavusta (kuva 1). Perikarppi on jaettu kolmeen osaan: eksokarppi, joka on marjan kuori, mesokarppi, joka on hedelmäliha ja tämän sisällä pektiinikerros (eng. *Mucilage*) sekä endokarppi, joka ympäröi hopeakalvoa ja papua (myös endospermi). (Esquivel & Jiménez 2019.)



Kuva 1: Kahvimarjan rakenne. (Mukaiillen Esquivel & Jiménez 2019.)

2.1 Kasvatusympäristö

Kahvin alkuperä vaikuttaa sen makuun useiden tekijöiden kautta. Ilmastotekijöiksi luokitellaan maaperä, korkeus sekä tuulen ja sateen määrä. Nämä vaikuttavat kahvipensaan terveyteen ja sen kykyyn muodostaa makuja. Merenpinnasta korkeammalle sijoitettu plantaasi kasvaa viileämmässä ilmastossa ja varjoisissa olosuhteissa. Tällöin kahvi kypsyy hitaammin antaen tälle makeamman, kompleksisemmän ja hapokkaamman makuprofiilin. (Petrich 2018.) Mitä korkeammalla merenpinnasta kahvi kasvatetaan, sitä suurempi on lämpötilojen vaihtelu. Termojakson laaja amplitudi päivä- ja yölämpötilojen välillä vaikuttaa marjojen rakenteeseen. Tällöin marjoihin muodostuu paksumpi pektiini-kerros ja korkeampi sokeripitoisuus. Lisäksi tämä lisää veteen liukenevien aromaattisten komponenttien määrää. (Illy & Viani 2005, 21–76.)

Kahvi kasvaa pääsääntöisesti trooppisella ja subtrooppisella vyöhykkeellä, mutta viime aikoina sen kasvatusta on esiintynyt myös Kiinan Yuannin ylängöllä. (Ascrizzi & Flamini 2020). Sademäärä ja sen vaihtelu vaikuttaa suoraan kahvin tasalaatuiseen kasvamiseen. Arabica kahvit vaatii vähintään 1200 mm sadevettä vuosittain selvitäkseen, mutta se ei saa kuitenkaan ylittää 2000–2400 mm. Liian sateiset alueet tuottavat kahvimarjojen epäsäännöllistä kypsymistä. Ideaalisin tilanne kahvin muodostumiselle olisi vuorottelevat sade- ja kuivajaksot. (Illy & Viani 2005, 21–76.)

2.2 Viljelykäytännöt

Korkealaatuiseen kahviin vaaditaan oikeanlainen maaperä, joka sisältää ravintoaineita ja alkuaineita sopivassa tasapainossa. Tärkeimmät alkuaineet kahvin maun muodostumisen kannalta ovat typpi (N), kalium (K), kalsium (Ca), sinkki (Zn) ja boori (B). Eri alkuaineet vaikuttavat eri komponenttien tuotantoon. (Illy & Viani 2005, 21–76.)

Typpi vaikuttaa aminohappojen ja proteiinien muodostumiseen ja on päätekijä kofeiinin muodostumiselle. Endogeeninen (kasvin sisäinen) kalium vaikuttaa

sitruunahapon ja kokonaissokeripitoisuuden määrään. Kalsium parantaa kasvin vastustuskykyä, suojaa kasvitaudeilta ja on myös välttämätön kasvin soluseinämien muodostamiselle. Sinkki vaikuttaa proteiinien ja hiilihydraattien aineenvaihduntaan. Boori vaikuttaa satoon edistämällä kukintaa. (Illy & Viani 2005, 21–76.)

2.3 Genotyyppi

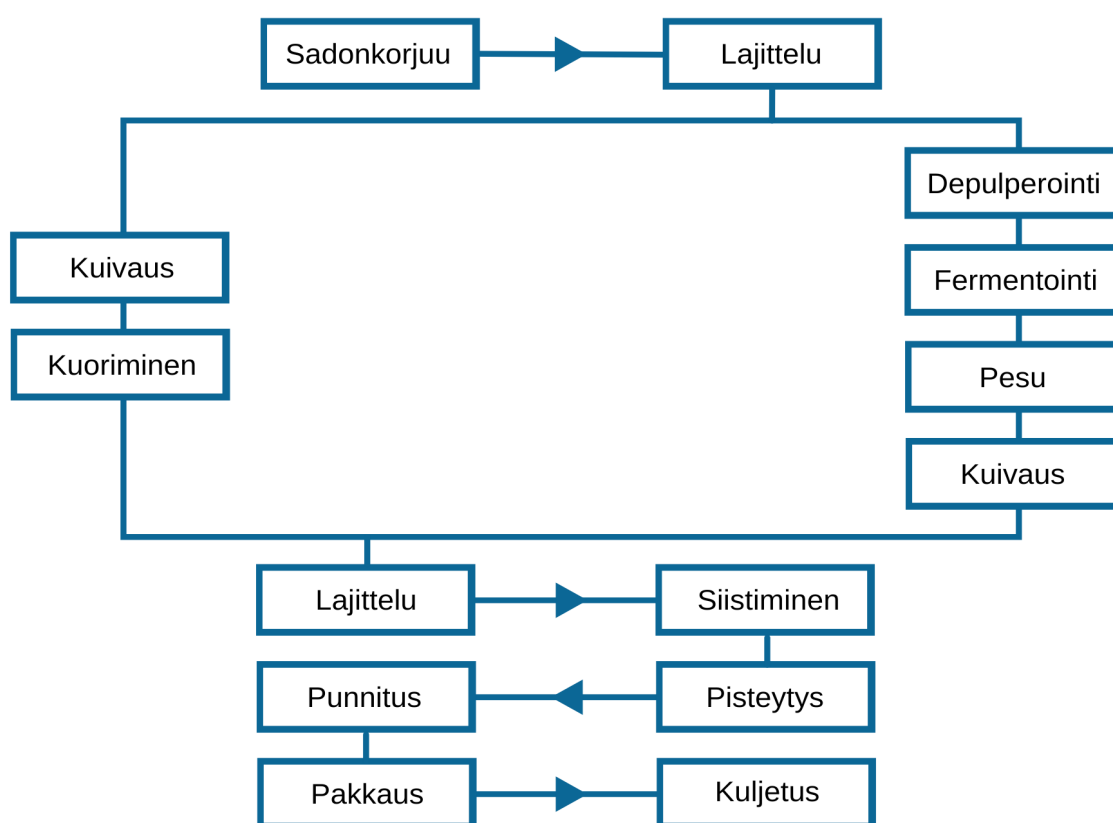
Kahvin genotyypistä puhuttaessa viitataan sen lajiin tai lajikkeisiin. *Genus Coffea* -suvun yleisin lajike on *Coffea arabica* eli Arabica, jolla on kymmeniä eri alalajeja. Arabican jälkeen toiseksi yleisin kahvilajike on *Coffea canephora* eli Robusta. Genotyypit eivät kuitenkaan vielä suoraan korreloi tietynlaisen makuprofiilin kanssa, vaan siihen vaikuttaa merkittävästä alkuperästä. Esimerkiksi Arabican Typica-lajikkeessa makuprofiilit saattavat vaihdella paljonkin riippuen onko kahvi kasvanut Kolumbiassa vai Brasiliassa. (Illy & Viani 2005, 21–76).

Arabica lajikkeessa on yhteensä 60 % enemmän öljyä kuin Robustassa. Monet haihtuvat aromaattiset yhdisteet sitoutuvat öljypisaroihin ja näin ne saadaan mukaan uuttoon ja itse kahviuomaan. Tämä lipidifraktio saattaa selittää Arabican ja Robustan välisiä laatueroja. (Illy & Viani 2005, 21–76). Paahdetussa kahvissa esiintyy eniten linolihappoa. Arabican diterpeeneihin kuuluvat kafestoli ja kahweoli, jotka hajoavat paahdon aikana. (Belitz ym. 2009.) Hydrofobiset aromiyhdisteet muodostuvat lipideistä ja tuottavat kahviin suuntuntuman (eng. *Body*). (Hadeem ym. 2018). Paahdon aikana muodostuva pavun sisäinen paine saa lipidit kulkeutumaan solujen keskustasta papujen pintaan. Lipidit peittävät pavun pinnan mikrometrin kokoisina pisaroina. (Bevelry ym. 2020.) Papujen pinnalla lipidit suojelevat solujen sisällä olevia haihtuvia maku- ja aromiyhdisteitä, joilla on korkea höyrynpaine huoneenlämmössä. (Belchior 2019; Dias ym. 2012.)

Kahvi sisältää sekundaarisia metaboliitteja, fenoliyhdisteitä, jotka muodostuvat genotyypin ja viljelykäytäntöjen yhteisvaikutuksesta. Fenoliyhdisteiden tavoite

on suojata kasvia stressiolosuhteissa. Fenoliaineenvaihdunnassa kasvi indusoituu puolustuksena ympäristön stressiolosuhteisiin muodostaen klorogeenihappoja. Raakakahvin fenolifraktion tärkeimmät pääkomponentit ovatkin klorogeenihappoja (CGA), jotka vaikuttavat merkittävästi kahvin laatuun ja kahvin maun muodostumiseen. Nämä määräävät kahvin hapokkuuden ja liiallisissa määrissä vaikuttavat makuun negatiivisesti. Muita kahvissa esiintyviä fenoliyhdisteitä ovat tanniinit, lignaanit ja antosyaanit. (Farah ym. 2006.)

2.4 Prosessointi



Kuva 2: Kahvin käsittely lohkokaaavana, oikealla pesty ja vasemmalla natural.

Korkealaatuisen kahvin saavuttamiseksi sadonkorjuun aikana tulee kerätä vain kypsiä marjoja. Kypsä marja on tavallisesti tumman punainen, mutta se voi olla myös keltainen tai oranssi, mikä määräytyy kahvin genotyypin mukaan. (Esquivel & Jiménez 2019.) Marjoissa olevien kahvisiementen kosteuspitoisuus

on noin 60 % ja kuivattuna sen tulisi olla 11 – 12 %. Kahvin kaksi käytetyintä prosessointitapaa on natural- ja pesuprosessointi. (Hoffmann 2018, 31–37; Dias ym. 2012.) Opinnäytetyössä ei keskitytä muihin prosessointitapoihin.

2.4.1 Natural-prosessointi

Kahvin vanhin ja yleisin prosessointitapa on natural-prosessointi, joka tunnetaan myös nimellä aurinkokuivaus ja kuivaprosessointi. Kahvimarjat asetetaan patiolle, jossa niitä käännellään säännöllisesti, jotta ne eivät homehdu, fermentoidu tai mätäne. (Hoffmann 2018, 31–37; Ascrizzi & Flamini 2020.) Kun marjat ovat täysin kuivuneet, niistä poistetaan mekaanisesti uloimmat kerrokset ja hedelmäliha kokonaisuudessaan. (Klingel ym. 2020). Prosessointitapa lisää kahviin luontaisesti marjaisia ja hedelmäisiä makuja sen alkuperästä tai lajikkeesta riippumatta. (Hoffmann 2018, 31–37).

2.4.2 Pesuprosessointi

Sadonkorjuun jälkeen pesuprosessoinnin ensimmäinen vaihe (myös märkäprosessointi) on erottaa marjoista mekaanisesti uloimmat kerrokset depulpperilla, jossa marja kulkee pyörivän sylinterin läpi vahingoittamatta papua. Erottelun jälkeen papujen ympärillä on vielä hopeakuori, pergamentti sekä limakerros, joka tunnetaan pektiinikerroksena. Tämän jälkeen pavut laitetaan puhtaaseen vesitankkiin. Papujen ympärillä oleva mesokarppi-kerros fermentoituu pois. Mesokarppi muodostuu pääsääntöisesti vedestä (84,2 %), mutta siinä on myös proteiineja, sokereita sekä pektiiniä, joka on suurimolekyylinen hiilihydraatti. Fermentoinin aikana mikrobit kasvavat hajottaen pektiinit ja sokerit orgaanisiksi hapoiksi, alkoholeiksi ja muiksi aineenvaihduntatuotteiksi. (Klingel ym. 2020; Belitz ym. 2009; Hadeem ym. 2018.)

Kun fermentoinnissa käytetään maitohappobakteereja, pH pysyy melko lähellä luontaista käymisen tasoa pitäen käymisflooran vakiona, jolloin lopputuotteesta

tulee laadukas. (S. Avallone ym. 2002.) Fermentoinnin aika on riippuvainen useasta muuttujasta. Esimerkiksi lämpötila toimii katalysaattorina nopeuttaen prosessia. Kun fermentointi on suoritettu, marjat pestään ja kuivataan. Kuivaus tapahtuu joko patiolla tai mekaanisesti. (Hoffmann 2018, 31–37; Dias ym. 2012.)

2.5 Pesu- ja natural-prosessoidun kahvin erot

Kahvissa esiintyvät erilaiset bioaktiiviset amiinit ovat tyypipitoisia orgaanisia emäksiä, jotka toimivat laadun indikaattoreina. Esimerkiksi histamiinia on esiintynyt vain heikkolaatuisessa kahvissa. Dias ym. raportoivat amiinien kokonaismäärän suuremmaksi natural-prosessoidussa kahvissa. Tähän luultavasti liittyy kahvien epätasainen kuivuminen. (Dias ym. 2012.) Kahvimarjan prosessointitapa vaikuttaakin merkittävästi kahvin kemialliseen kokonaisuuteen ja näin lopulliseen kahviliuokseen. (Kleinwächter & Selmar 2010).

Prosessoinnin aikana muodostuu makuyhdisteiden esiasteita, jotka kehittyvät paahtoprosessissa. Esimerkiksi hydroksikanelihappo hajoaa paahton aikana mausteisiksi makukomponenteiksi, kun taas sokerit ja polysakkaridit muodostavat makeita karamellisoituneita yhdisteitä. (Kleinwächter & Selmar 2010.)

Aiemmin on käynyt jo ilmi, että natural-prosessoidussa kahvissa on enemmän makeita aromeja, sillä mesokarppi-kerros pysyy mukana koko prosessoinnin ajan. Kypsänä kerättyjen kahvimarjojen pavut alkavat itämään, mikä puolestaan aktivoi entsyymejä metaboloiden polysakkareja. Pesu-prosessoidussa kahvissa ensyymit ovat aktiivisempia, jolloin sokereita hajoaa enemmän kuin natural-prosessoinnin aikana. Kleinwächter & Selmar osoittivat tutkimuksessaan (2010), että pesuprosesoidun raakakahvin fruktoosi- ja glukoosipitoisuudet laskivat merkittävästä kuivauksen ensimmäisenä päivänä. Tämä todistaa, ettei mesokarpin fermentoituminen prosessoinnin aikana ole ainoa kahvin

makeuteen vaikuttava tekijä, vaan kahvin aineenvaihduntaprosessi vaikuttaa myös makuun. (Kleinwächter & Selmar 2010.)

Polysakkaridit vaikuttavat haihtuvien yhdisteiden läsnäoloon kahviuomassa myönteisesti, lisäten kahvin viskositeettia ja kermaista suuntuntumaa, jota kutsutaan ”bodyksi”. Tästä syystä natural-prosessoidussa kahvissa on tavallisesti täyteläisempi suuntuntuma. (Nunes ym. 2001.)

Eri prosessointitavat tuottavat erilaisia vapaita aminohappoja, jotka ovat kahvin maun esiasteita. Pesu-prosessoidussa kahvissa on korkeammat pitoisuudet glutamiinihappoa, kun taas natural-prosessoidussa kahvista löytyy enemmän gamma-aminovoihappoa (GABA). Mikäli fermentointiaika on pitkä pesuprosessoidussa kahvissa, muodostuu siihenkin gamma-aminovoihappoa, mutta silti pienempiä määriä kuin natural-prosessoituun kahviin. (Hadeem ym. 2018.)

Natural-prosessoidun kahvin laatu on helpommin selitettävissä, sillä prosessointi määrää kahvin lopullisen koostumuksen, joka muodostuu proteiinista, vapaista amino- ja rasvahapoista, pieni- ja korkea molekyylipainoisista sekä pelkistävästä sokereista. Paahtaessa pesu-prosessoidun kahvin esterit tuottavat hedelmäisiä ja kukkaisia aromeja. Monosakkaridien vähentyessä, stakyoosin, sorbitolin, soluseinämien polysakkaridien ja lipidien pitoisuudet kasvavat. Pesu-prosessoinnin aineenvaihduntatuotteet: primaariset ja sekundaariset metaboliitit ovat tärkeitä maun kannalta, sillä paahtossa ne hajoavat haihtuviksi ja haihtumattomiksi yhdisteiksi, jotka määräävät kahvin katkeruuden, pigmentin, makeuden, aromin ja rungon. (Hadeem ym. 2018.) Riippumatta kahvin prosessointitavasta, niiden polysakkaripitoisuudet ovat molemmilla korkeammat paahtamisen jälkeen. (Nunes ym. 2001).

2.6 Paahtaminen

Kahvin paahtamisen seurauksena raakakahvin kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet muuttuvat satojen kemiallisten reaktioiden myötä. Paahton

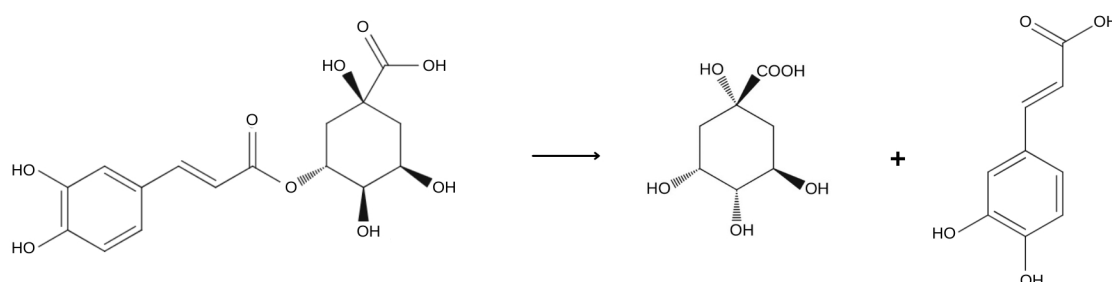
merkityksellisimmät muuttujat ovat aika ja lämpötila, joita hallitsemalla voidaan vaikuttaa suoraan paahdon lopputulokseen kuten karamellisoitumiseen, maillard-reaktioon, hapettumiseen sekä värin ja aromien muodostumiseen. (Mohammed & Mehaya 2020; Hadeem ym. 2018.) Paahto voidaan jakaa neljään päävaiheeseen: kuivaus, kehitys, hajoaminen ja täysi paahto. (Belitz ym. 2009).

Paahdossa tapahtuu pyrolyysille ominaisia kemiallisia muutoksia kuten sokereiden karamellisoituminen ja haihtuvien yhdisteiden muodostuminen. Eri kemialliset reaktiot vaikuttavat makuun eri tavoin. (Belchior 2019.) Raakakahvi sisältää kaikki makujen esiasteet, jotka kehittyvät paahdossa syntyvien reaktioiden tuotteina. Kahvin aromiin vaikuttaa merkittävästi aminohapot ja peptidit. (Montavon ym. 2003.) Fysikaalisia muutoksia ovat pavun tilavuuden kasvu 50–80 %:lla, rakenteen ja värin muutos. Ensimmäiset muutokset tapahtuvat 50 °C:ssa kudossolujen proteiinien denaturoituessa ja veden haihtuessa. (Belitz ym. 2009.)

Maillard reaktion päätuote on 2,6-dimetyylipyratsiini (Ascrizzi & Flamini 2020) ja reaktio alkaa noin 150 °C:ssa. Reaktiota tapahtuu lämmön seurauksena hiilihydraattien ja aminohappojen välillä. Reaktiossa kahvipavut vaihtavat väriä, mikä johtuu melanoidien tuotannosta. Melanoidit ovat suuria molekyyliä ja vaikuttavat kahvin aromiseen rakenteeseen. (Belchior 2019.) Tarkemmin ottaen melanoidit ovat tyyppiä sisältäviä polypoyrroleita ja niitä muodostuu kondensaatioreaktioiden seurauksena. (Montavon ym. 2003).

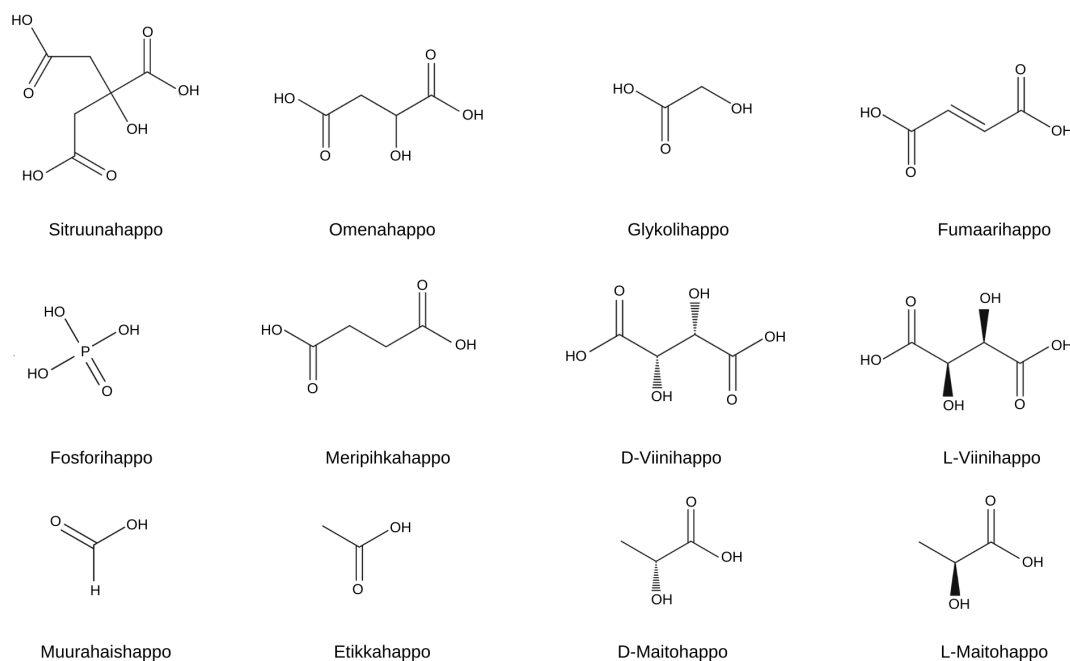
Maillard reaktion kesto ja pienetkin lämpötilamuutokset vaikuttavat merkittävästi kahvin lopulliseen makuprofiiliin. Maillard-reaktiossa hedelmäisiä ja makeita makuvahteita tuottavat hapot vähenevät, joten reaktion pituus halutaan pitää hallinnassa. Paahdon yltäessä 170 °C:seen monimutkaiset hiilihydraatit hajoavat pienemmiksi sokerimolekyyleiksi, joka lisää kahvin makeutta. (Belchior 2019.) Fysikaalinen hajoaminen tapahtuu 180–200 °C:ssa, jolloin papu poksahuttaa lämmön aiheuttaman paineen myötä vapauttaen kahvin aromit. Lopullinen paahtovaihe saavutetaan, kun kahvin kosteuspitoisuus on asettunut 1,5–3,5 %. (Belitz ym. 2009.)

Raakakahvi sisältää erilaisia fenoliyhdisteitä. Fenolihapoista esiintyy eniten klorogeenihappoa. (Mohammed & Mehaya 2020.) Klorogeenihapon lämpöhajoaminen alkaa noin 210 °C:ssa. Hajoamistuotteita ovat kiniini- ja kofeiinihappo. Hajoaminen on esitetty kuvassa 3. (Belchior 2019; Montavon ym. 2003.)



Kuva 3: Klorogeenihapon hajoaminen kiniini- ja kofeiinihapoksi.

Hapot hajoavat herkästi lämmön vaikutuksesta uusiksi yhdisteiksi. Hapoilla on merkittävä vaikutus kahvin makuprofiilin muodostumiseen. Kahvin tärkeimpiä happoja on esitetty kuvassa 4. Sitruuna- ja viinihapot tuottavat hedelmäisiä ja makeita vivahteita. Lämpötilaa säätämällä saadaan kahville haluttu makeus. (Belchior 2019.)



Kuva 4: Muita kahvin merkittäviä happoja.

Muita merkittäviä reaktioita ovat Streckerin hajoaminen, joka riippuu Maillard-reaktiosta. Streckerin hajoamisen myötä syntyy aromi- ja makumolekyylejä sekä typen heterosyklisiä yhdisteitä ja oksatsoleja. (Ascrizzi & Flamini 2020.) Reaktiossa aminohapot reagoivat karbonyyliryhmien kanssa muodostaen mm. aldehydejä ja ketoneita. (Belchior 2019.)

3 UUTTAMINEN

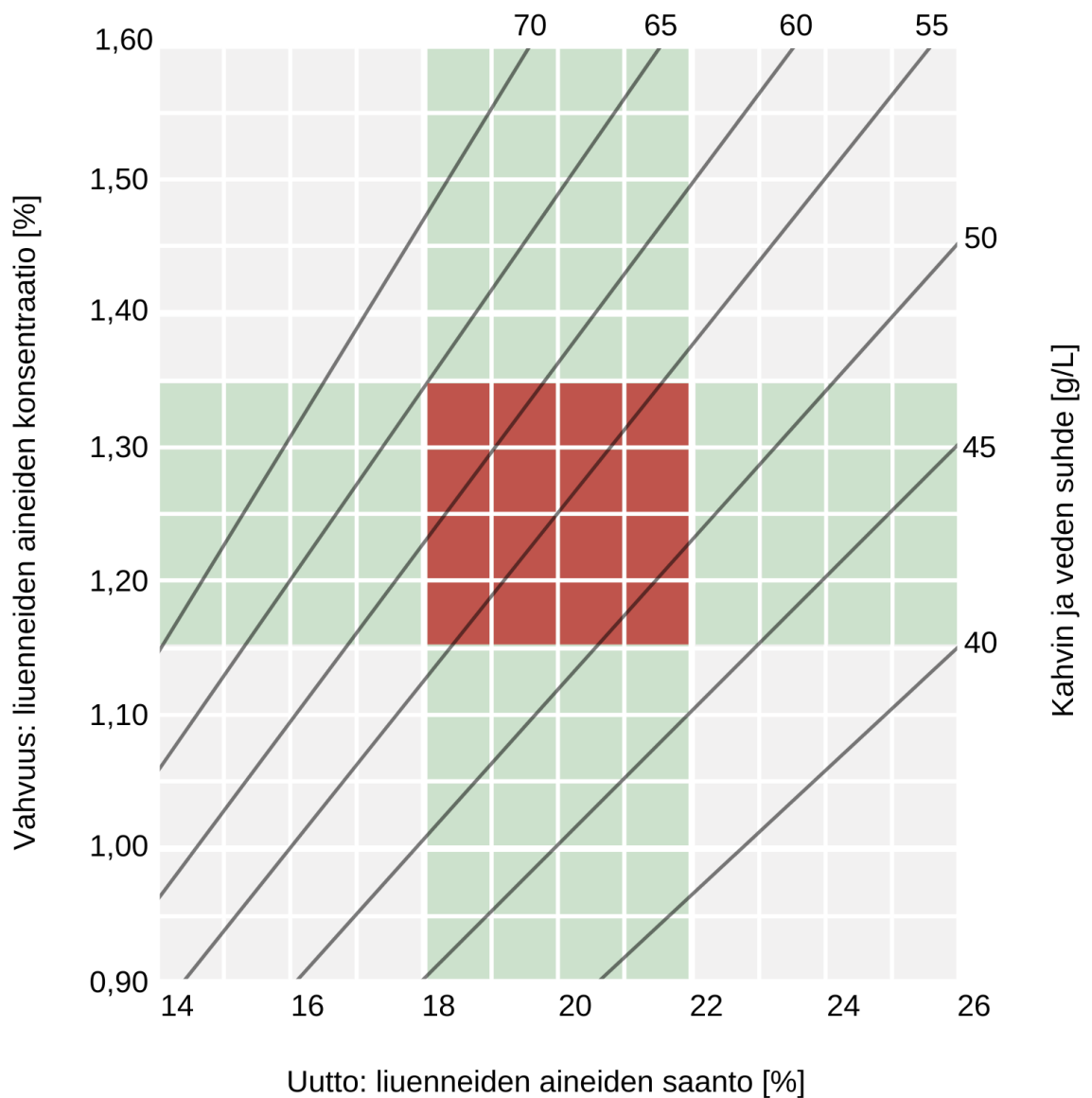
Uutto on välttämätön vaihe kahvin valmistamisessa, sillä se mahdollistaa liukoisten ja haihtuvien yhdisteiden päätyminen valmiiseen kahviuomaan. (Farah ym. 2006). Aluksi vesi tulee imeyttää kahvipartikkeleihin, minkä jälkeen massasta liuotetaan yhdisteet veteen ja lopuksi uutettu kahvi erotetaan kiintoaineesta. (Cordoba ym. 2020).

3.1 Keskimääräinen uuttoaanto

Keskimääräinen uuttoaanto kuvaa kuivan kahvin massaosuutta, joka on uutettu ja liuotettu kahviuomaksi. Noin 30–32 % on ääriarvo, joka voi päätyä valmiiseen kahviuomaan. Keskimääräinen uuttoaanto eroaa konsentraatiosta, sillä konsentraatiossa otetaan huomioon myös käytetyn veden määrä. Suurin osa molekyyleistä ei kuitenkaan liukene, kuten selluloosasta muodostuvat kahvisolujen seinämät. Uuttovesi liuottaa kahvisoluista nestefaasissa liukoisia kemiallisia yhdisteitä kahviuomaan. Kahviliuokseen päätyy kokoelma huonosti uutuneita yhdisteitä, hyvin uutuneita yhdisteitä sekä jotain näiden väliltä. Tämän takia puhutaan keskimääräisestä uuttoaannosta, sillä yhdisteet eivät uutu tasaisesti. (Gagné 2020, 1–17; Illy & Viani 2005 259–287.)

Makuaisti on subjektiivinen ominaisuus, jolloin kuluttajien makumieltymykset vaihtelevat ja tämä tekee kahvin laadun määrittämisestä poikkeuksellisen vaikeaa. (Illy & Viani 2005 316–345). Kahvin kemiallisen rakenteen tutkiminen on monimutkaista, sillä on vaikeaa löytää korrelaatio kahviin uutuneiden yksittäisten kemikaalien pitoisuudesta suhteessa toisiinsa ja juoman laatuun. (Moroney ym. 2016.) Uuttamisen työkaluksi on kehitetty Coffee Brewing Control Chart -taulukko (kuva 5), joka kuvaa ideaalista keskimääräistä uuttoaantoa. Taulukossa on esitetty ideaaliseksi alueeksi 18–22 %. Tähän lukuun vaikuttaa mm. paahto, myllyn suorituskyky, uuttomenetelmä ja raakakahvin laatu. Keskimääräinen uuttoaanto on osoittautunut suuntaa antavaksi työkaluksi, jolla on kuitenkin rajoitteita. (Gagné 2020, 1–17.)

Kahvisolut sisältävät sadoittain erilaisia kemiallisia yhdisteitä, joita uuttamalla muodostuu kahviuoman lopullinen maku. Kaikki yhdisteet eivät uutu samalla nopeudella, minkä vuoksi keskimääräinen uuttosaanto ei kuvaa kahvin laatua. Uuttosaannon yltäessä 28 %:iin lähes kaikki kahvisolun sisältävät yhdisteet ovat uuttuneet kahviliuokseen, mutta uutonopeuksien vaihtelun vuoksi kahvi ei luultavasti maistu hyvältä. Hitaasti uuttuvat yhdisteet voivat maistua karvaalta tai metalliselta. Toisaalta taas 15 %:in kohdalla monet makeat komponentit ovat jääneet uuttumatta. Keskimääräisen uuttosaannon ei siis toivota jäävän kumpaakaan ääripäähän, vaan idealliselle alueelle. (Gagné 2020, 1–17.)



Kuva 5: Coffee Brewing Control Chart; ideaalinen alue kuvattu punaisella.

Kuvassa 5 on esitetty *Coffee Brewing Control Chart* – taulukko. Jos valitaan ideaaliselta alueelta (punainen alue) keskipiste, nähdään vasemmalta asteikolta liuenneiden kiintoaineiden konsentraation olevan 1,25 %. Vasenta asteikkoa vastaava arvo luetaan ala-akselilta (liuenneiden aineiden saanto) ja nähdään tämän olevan 20 %. Kahvin ja veden suhde luetaan viivan päätepisteestä eli tässä tapauksessa kahvia käytetään 55 g yhtä litraa kohden (55 g/L).

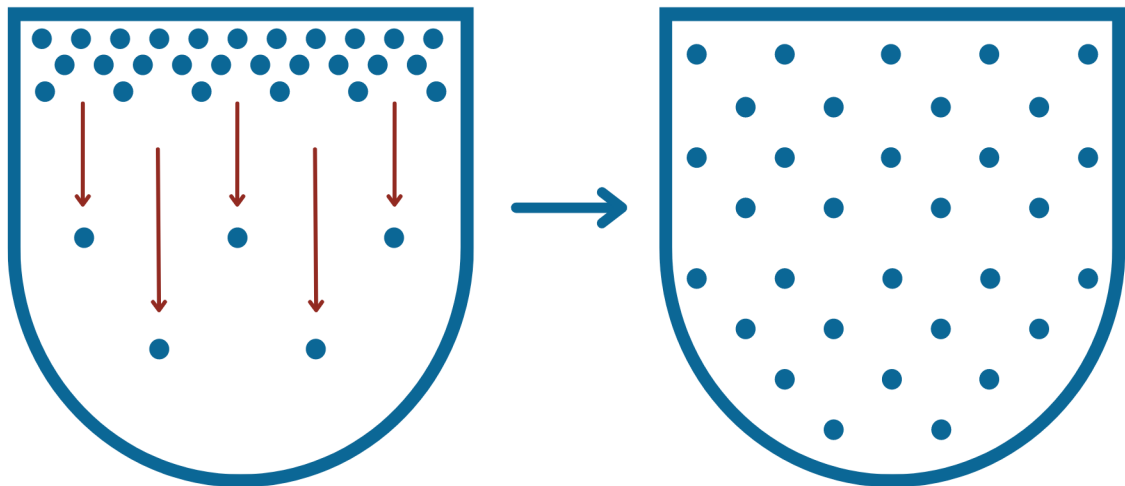
3.2 Diffuusio ja advektio

Jauhetun kahvin fyysisten muutosten tiedostaminen auttaa ymmärtämään kahvin uuttoprosessia sekä siinä esiintyvää ilmiötä, diffuusiota. (Maille ym. 2021). Jauhettu kahvi muodostuu ehjien kahvisolujen klustereista, joiden päällä on rikkoutuneita kahvisoluja. (Moroney ym. 2016). Mateus ym. (2007) esittivät mallin, jossa veden koskettaessa kahvihiukkasen pintaa ensimmäistä kertaa, hiukkaset turpoavat ja rikkoutuneiden kahvisolujen sisältämät liukoiset yhdisteet huuhtoutuvat ja kulkeutuvat nopeasti kauas kahvihiukkasista diffuusion mukaisesti. Malli perustui mittaustulokseen, jossa laserdiffraktiolla havaittiin kahvihiukkasten keskimääräisen tilavuuden kasvuksi 23 % uuton kestäessä 15 minuuttia. Maille ym. (2021) tutkivat myös kahvipartikkelien turpoamista laserdiffraktiomittauksella osoittaen, ettei immersion ensimmäisen 5 minuutin aikana esiintynyt turpoamista ja vasta 8,5 minuutin kohdalla tilavuuden kasvu oli 15 %. Näistä päästiin johtopäätökseen, ettei kahvipartikkelien fysikaalinen kasvu ole merkittävä todellisissa uuttoprosesseissa, sillä muutoksia alkoi tapahtua vasta useiden minuuttien jälkeen. Kahvin turpoamista ei täten tule ottaa huomioon uuttomallien suunnittelussa. (Maille ym. 2021.)

Kahvin uuttoprosesseissa esiintyy kaksi sen mahdollistavaa ilmiötä: advektio ja diffuusio. Yleisesti uuttoprosessissa vesi tunkeutuu kahvihiukkasten kennojen sisälle, soluihin, liuottaen molekyylejä nestefaasiin. Veden läsnäolo soluissa voidaan todistaa yhdisteiden liukenemisella. (Gagné 2020, 1–17; Mateus ym. 2007.) Uuton aikana kahvin haihtuvat ja haihtumattomat yhdisteet liuotetaan kiintoaineesta veteen. (Maille ym. 2021). Lyhyesti advektio kuljettaa yhdisteitä vesivirran mukana. Jos mietitään kahvin keittämistä perinteisesti

suodatinkeittimellä, vesi valuu ylhäältä kulkeutuen kahvipedin läpi tippuen pannuun valmiina kahviliuoksena. Tätä ilmiötä kutsutaan advektioksi ja voidaankin ajatella, että advektiossa vesi huuhtelee mukaansa kahvista liukenevat aineet. (Gagné 2020, 1–17.)

Diffuusio taas voi ilmentyä, vaikkei virtausta olisikaan, kuten kahvin valmistaminen *cupping*-protokollan mukaisesti. Diffuusio kuvaa sitä, miten osa molekyyleistä siirtyy kauemmas paikasta, jossa konsentraatio on suurempi. Molekyylit pyrkivät sekoittumaan liuoksessa tasaten konsentraatioerot. (Gagné 2020, 1–17.) Diffuusio toimii yhdisteiden uuttonopeuden rajoittavana tekijänä veden lämpötilan lisäksi, sillä korkeammassa lämpötilassa hiukkaset liikkuvat nopeammin. Diffuusio saa energian molekyylien lämpöliikkeestä. (Maille ym. 2021; Gagné 2020, 1–17.) Diffuusiota on havainnollistettu kuvassa 6.



Kuva 6: Diffuusio.

Eri yhdisteille voidaan määrittää diffuusiokerroin, D , joka vaihtelee yhdisteiden välillä. Diffuusiokerroin voidaan ratkaista Einstein–Smoluchowskin relaatiosta seuraavasti:

$$D = \mu_p k_B T$$

Kaava 1: Einstein–Smoluchowskin relaatio (Gagné 2020)

missä μ_p kuvaa tietyn kemiallisen yhdisteen liikkuvuutta nesteessä, k_B Boltzmannin vakiota ja T lämpötilaa. Yhtälöstä nähdään, että diffuusiokerroin on suoraan verrannollinen lämpötilaan eli lämpötilaa kasvattaessa liukoiset yhdisteet myös uuttuvat nopeammin. (Gagné 2020, 1–17.)

3.3 Partikkelikoko

Kahvin uuttamisessa on useita tärkeitä parametreja, jotka vaikuttavat lopulliseen kahviliuokseen. Vaikuttavia tekijöitä ovat kahvin sekä veden fysikaalis-kemialliset ominaisuudet, uuttosuhde, uuttoaika ja uuttomenetelmä. Kahvin kemiallisia ominaisuuksia ja niiden muodostumista on käsitelty aiemmissa luvuissa, mutta kahvin fysikaalisesta ominaisuudesta puhuttaessa viitataan jauhetun kahvin partikkelikokoon. Kahvia jauhaessa rikotaan kahvipavun soluja ja onkaloita, jolloin muodostuu partikkeleja, kahvijauhetta ja sen koko vaihtelee sadoista mikrometreistä noin 1500 mikrometriin. Partikkelikoko valitaan pääsääntöisesti uuttomenetelmän mukaan. (Moroney ym. 2016.)

Uuton aikana vesi kulkeutuu partikkelien solujen läpi keräten mukaansa yhdisteitä. Veden ominaisuudet, kuten lämpötila ja mineraalipitoisuudet määräävät sen, kuinka paljon ja millaisia yhdisteitä kahvikupilliseen päätyy. Tätä käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. (Hendon ym. 2014.)

Partikkelikoko vaikuttaa osaltaan uuttoon. Mitä pienemmäksi kahvia jauhetaan, sitä enemmän sillä on pinta-alaa, jolloin vesi reagoi useampien yhdisteiden kanssa. Uuton aikana eri yhdisteet diffundoituvat eri nopeudella. Hitaasti diffundoituvat yhdisteet kuten lipidit, saattavat tarttua suurempiin

kahvihiukkasiin. (Bevelry ym. 2020; Gagné 2020, 1–17.) Hydrofiiliset yhdisteet, kuten kofeiini taas uuttuu helpommin myös isommista partikkeleista, missä hiukkasten solut eivät ole yhtä jakautuneita. Pienemmissä partikkeleissa veden ei tarvitse tehdä niin suurta työtä päästäkseen kahvi huokosten sisälle liuottamaan näitä yhdisteitä mukaansa. Tämän vuoksi uuttoaika myös lyhenee. (Gagné 2020, 1–17.) Uuttoaikaa on välttämätöntä seurata, sillä makuja halutaan uuttaa valmiiseen kahviliuokseen hallitusti. (Tian ym. 2017; Hadeem ym. 2018.)

3.4 Veden rooli uuttamisessa

Kahvi muodostuu 98 % vedestä, joten oletettavastikin sillä on vaikutusta kahviliuoksen lopputulokseen. (Gagné 2020, 19–44). Vesikemiaa tarkastellessa on merkityksellistä kiinnittää huomiota kokonaiskovuuteen ja kokonaisalkaliteettiin. (Welinger ym. 2016).

Kokonaiskovuus = Kalsiumin ja magnesiumin summa joko ekvivalentteina tai molaarisina pitoisuuksina. (Welinger ym. 2016).

Alkalisuus = Kuvaa happopuskurikapasiteettiä eli sitä hapon määrää, joka tulee lisätä vesinäytteeseen, jotta pH laskee arvoon 4,3. (Welinger ym. 2016).

3.4.1 SCAE:n vesistandardi

SCAE (Specialty Coffee Association of Europe) on esittänyt standardit uuttovedelle, jotka ovat samat myös SCAA:lla (Specialty Coffee Association of America). Veden tulee olla puhdasta, tuoksutonta, väritöntä, eikä se saa sisältää kloriinia. Loput standardit on esitetty alla olevassa taulukossa. (Welinger ym. 2016.)

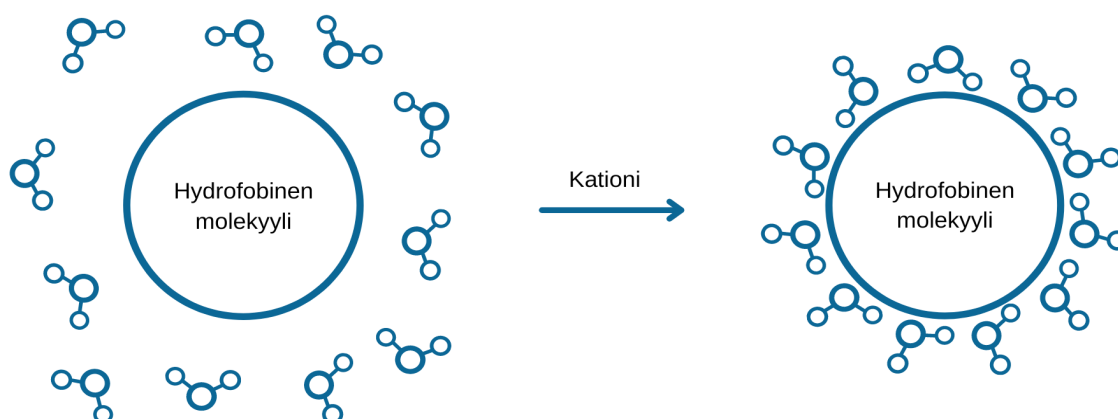
Taulukko 1: SCA:n vesistandardit.

	Tavoite	Hyväksyttävä raja
TDS (total dissolved solids)	150 mg/L	75–250 mg/L
Kalsiumin kovuus	68 mg/L	17–85 mg/L
Kokonaisalkaliteetti	40 mg/L	~ 40 mg/L
pH	7,0	6,5–7,5
Natrium	10 mg/L	~ 10 mg/L

3.4.2 Vesikemia

Kahvipavun makukomponentit esiintyvät varaukseltaan usein neutraaleina ja hydrofobisina. (Hendon ym. 2014). Kahvin uuttuvuuden kannalta on tärkeää lisätä veteen anioneja ja kationeja, jotta voidaan maksimoida makumolekyylien liukeneminen. Kationi- π -vuorovaikutuksessa kationit pääsevät sitoutumaan aromaattisen renkaan sisältävien molekyylien kanssa. Lisäämällä uuttoveteen kationeja, kuten Na^+ , Mg^{2+} tai Ca^{2+} , makukomponenttien ja ionien välille muodostuu komplekseja ja niistä tulee liukoisempia hydrofobisen ryhmän desolvaation ja kationi- π -vuorovaikutuksen myötä. Hydrofobisten ryhmien desolvatoitumisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sähköstatistisesti uuttoliuoksen hiukkaseen sitoutuneiden vesimolekyylien hajottamista ja vapauttamista. (Zhu ym. 2021.)

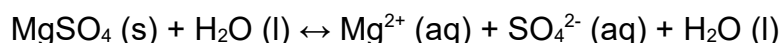
Kationien lisääminen muuttaa kavitaatiovapaata energiaa sekä liuottimen ja liuenneen aineen välistä vuorovaikutusenergiaa muuttamalla hydrofobisten molekyylien hydraatiota (ilmiö esitetty kuvassa 7). (Fransisco ym. 2020).



Kuva 7: Kationin vaikutus vesimolekyylien järjestäytymiseen.

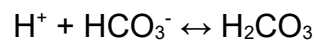
Kationit toimivat uuttajina ja anionit rakentajina. Kationit ovat varaukseltaan positiivisia ja sitoutuvat herkästi hapen ja typen kanssa, millä on uuton kannalta myönteinen vaikutus, sillä useat makumolekyylit sisältävät happea. Kaikissa makumolekyyleissä ei kuitenkaan ole happea, joten tulee miettiä, miten ne maut saadaan liuotettua kahviin. (Hendon 2019.)

Liunneen ionin ja veden välinen vuorovaikutus riippuu kuitenkin käytetystä ionista. Esimerkiksi kalsiumin (Ca^{2+}) hydraatio on eksotermisempi kuin magnesiumin (Mg^{2+}). (Hendon ym. 2014.) Natrium (Na^+) on yhdenarvoinen kationi ja sitoutuu heikosti neutraaleihin yhdisteisiin. Hendon ym. (2014) tutki viiden eri hapon sitoutumista kationeihin. Tutkimuksessa ilmeni, ettei natriumin läsnäolon vaikutus ollut merkittävä. (Hendon ym. 2014.) Magnesium-ioni on pienempi kuin kalsium. Magnesium muodostaakin mielellään yhdisteitä pienten molekyylien kuten happojen kanssa. Kalsium taas sitoutuu suurempiin molekyyleihin, jotka ovat vastuussa kahvin bodysta. (Colonna-Dashwood 2016.) Alla on esitetty magnesiumsulfaatin hajoaminen ioneiksi sen liuetessa veteen.



Anionit taas ovat varaukseltaan negatiivisia ja kahvin uuttamisen kannalta ainoa merkittävä anioni on bikarbonaatti (HCO_3^-), joka on emäksinen karbonaatti. Uuttamisessa karbonaatin tehtävä on muodostaa puskurisysteemi, jolloin pH pysyy vakiona. Kahvi sisältää paljon happoja, joten bikarbonaatti muodostaa

näistä konjugoituneen parin ottamalla protonin (H^+) ja muodostaen haposta emäksisen version. Vaikka happo on olemassa kahvijuomassa, se on järjestäytynyt niin, ettei se maistu. (Colonna-Dashwood 2016.) Liian korkea bikarbonaatti pitoisuus neutraloi kaiken hapokkuuteen, mukaan lukien marjaiset ja hedelmäiset makuvivahteet. (Hendon 2019). Alla on esitetty miten bikarbonaatti reagoi H^+ -ionin kanssa, joka aiheuttaa happamuuden. Neutraloimisen tuotteena syntyy hiilihappoa. Kahvi sisältää kuitenkin vain heikkoja happoja, joten dissosiaatio ei ole täydellistä. (Mohammed & Mehaya 2020).



Makroskooppisella tasolla vesimolekyylin ominaisuudet parantavat joidenkin molekyylien liikkuvuutta. Esimerkiksi kahvimatriisissa esiintyvät polysakkaridit ovat hydrofiilisiä, joten hiilihydraattimatriisit liukenevat helposti veteen. (Mateus ym. 2007.) Osa orgaanisista makukomponenteista ovat rakenteeltaan monimutkaisia ja saattavat sisältää sekä hydrofobisia, että hydrofiilisiä osioita. Aproottisen ominaisuutensa ja pienen kokonsa puolesta vesi reagoi näiden komponenttien kanssa vetysidoksen kautta. (Hendon ym. 2014.)

4 KAHVIN LAADUN MÄÄRITTÄMINEN

Illy ja Viani (2005) esittävät kaksi tapaa mitata laatua: filosofinen menetelmä, jossa hyödynnetään aistillisia ominaisuuksia sekä tieteellinen menetelmä, joka liittyy mittaustuloksiin ja niiden analysointiin. (Illy & Viani 2005). SCA eli Specialty Coffee Association on maailmanlaajuisesti toimiva organisaatio, joka on luonut vakiintuneita määritelmiä ja standardeja kahvialan sidosryhmille. Kahvi voidaan sen laadun perusteella luokitella erikoiskahviksi tai kaupalliseksi. (SCA 2021.)

4.1 Erikoiskahvin määritelmä

SCAA on määrittänyt termin erikoiskahvi seuraavasti: ”Termi erikoiskahvi viittaa kaikista laadukkaimpaan raakakahviin, joka paahdetaan maksimoiden sen makupotentiaali.” Tämä taas myötäilee Oxford English Dictionary:n määritystä laadusta, jossa laatu on standardi jollekin asialle, joka on paras laatuun verrattuna vastaaviin. Kahvin laatua määriteltessä, jaetaan sen attribuutit eli ominaisuudet erilaisiin ryhmiin, joita tarkastellaan ja arvioidaan. Attribuutit jaetaan karkeasti: sisäisiin ja ulkoisiin attribuutteihin. (SCA 2021.)

Sisäisiin attribuutteihin luokitellaan kahvin muoto, ulkonäkö, kemiallinen rakenne ja aistiominaisuudet. Kahvin paahtoaste, maku ja rakenne ovat myös sisäisiä attribuutteja. Ulkoiset attribuutit taas kuvaavat kahvin tietoja, kuten alkuperämaata, tuottajaa ja mahdollisia sertifikaatteja. Toisin kuin laatua, attribuutteja on helpompi tunnistaa, karakterisoida ja verrata toisiin. (SCA 2021.)

SCA lähestyykin nykyisin erikoiskahvin määritelmää attribuuttien kautta tiukkojen pisteytysvaatimusten sijaan. Ulkoisten attribuuttien laskeminen antaa laajemman kokonaiskuvan kahvin laadusta ja arvosta markkinoilla. SCA:n uusi määritelmä erikoiskahville on seuraava: ”Erikoiskahvi on kahvi tai kahvikokemus, joka on tunnistettu sen erottuvien attribuuttien ansiosta, jotka tuovat merkittävää lisäarvoa markkinoilla.” (SCA 2021.)

4.2 Fysikaaliset menetelmät

Kahvin laatua voidaan määritellä sen fyysisten ominaisuuksien kuten värin ja pavun koon perusteella. Eri tuottajamaissa luokitellaan kahvia eri parametrien mukaan. Brasiliassa on tavallista luokitella kahvia sen lajikkeen, vikojen ja maun näkökulmasta. Kolumbiassa taas kasvatuskorkeuden, papukoon ja kasvatusalueen perusteella. Pavun kosteuden ja ulkonäön pohjalta voidaan ennustaa sen laatua paahdon jälkeen. Ulkonäön luokittelussa arvioidaan sen väriä, kokoa ja muotoa sekä niiden tasalaatuisuutta. Kaikki virheet eivät kuitenkaan näy vielä raakakahvissa, vaan ilmentyvät paahdon jälkeen, kuten tilavuuden tai värien eroavaisuutena enemmistö papuihin. (Illy & Viani 2005 290–313.)

Kahvin ominaisuuksia voidaan myös arvioida tukeutuen teknologiaan ja instrumentointiin. Andre ym. (2021) tutkivat nanokomposiiteista valmistetun e-nenän kehittämistä ja sen kykyä tunnistaa kahvin aromeja. E-nenä muodostui kuudesta anturiyksiköstä, joilla tutkittiin 17 kahvinäytteen komponenttien tunnistamista. Kahvinäytteiden analysoiminen tuotti lupaavia tuloksia tämänkaltaisten työkalujen käyttämisen hyödyistä tulevaisuudessa kahvin laadunvalvonnassa. (Andre ym. 2021.)

4.3 Aistinvarainen analyysi

Standardi ISO 5492 määritelmän mukaan aistinvarainen arviointi on tieteenala, jossa tuotteiden ominaisuuksia arvioidaan ihmisen aistien avulla. (SFS-ISO 5492:2008). Kahvin laatua ei voida kuitenkaan arvioida absoluuttisesti aistinvaraisesti, sillä aistit ovat subjektiivisia. (Bressanello ym. 2021.) ”Taster’s Flavor Wheel” on aistinvaraisen analyysin työkalu, jonka on kehittänyt yhteistyönä World Coffee Research, SCA ja University of California Davis. (SCA 2021).



Kuva 8: Flavor Wheel: kahvin aistinvaraisia ominaisuuksia. (SCA 2021).

Kahvin maistamisessa hyödynnetään useita modaliteetteja eli aistikanavia. Aistinvaraisessa analyysissä aktivoituu useita eri aivoalueita, jolloin analysoitavaa kohdetta tarkastellaan muun muassa tunteiden ja muistin näkökulmasta, jotka puolestaan välittyvät modaliteettien kautta täydentäen makukokemusta. Maun aistiminen syntyy hajuaistilla havaittavan aromin ja suussa aistittavan maun vuorovaikutuksesta. (Bressanello ym. 2021; Illy & Viani 2005 316–345.)

Hajuaisti tunnistaa aromisia yhdisteitä kahdella tavalla: ortonasaalisesti ja retronasaalisesti. Ortonasaaliset hajut havaitaan sierainten kautta suoraan hengitysilmosta. Retronasaaliset hajut ovat elintarvikkeista haihtuvia yhdisteitä, jotka kulkeutuvat nenäonteloon suun ja nenänielun kautta. Aromiset yhdisteet voivat muuttaa makua intensiivisemmäksi, sillä hajuaisti on makuaistia hallitsevampi. Kahvin laatua arvioidaan aistinvaraisesti käyttäen *cupping*-protokollaa. Luotettavan tuloksen saamiseksi tulee käyttää asianmukaisesti koulutettuja sensori panelisteja. Instrumentaalisilla menetelmillä voidaan kerätä luotettavaa tietoa kahvin aromista ja mausta sekä niiden vuorovaikutuksesta, mikä osaltaan kehittää panelistien ammattitaitoa. (Bressanello ym. 2021; Illy & Viani 2005 316–345.)

Jotta jotakin molekyyliä voidaan kutsua tuoksuksi, sen on oltava haihtuva, hydrofobinen ja pieni molekyyllipainoinen (<300 Da) . Aromaattisilla molekyyileillä on hiilirunko ja jokin funktionaalinen ryhmä: alkoholi, aldehydi, alkeeni, amiini, karboksyylihappo, esterit, eetterit, halogenidit, imiini, ketoni, nitrili, sulfidi tai tioli. (Illy & Viani 2005 316–345.)

Aistinvarainen analyysin tyyppiä on kaksi: analyttinen ja hedoninen (mielitymysarviointi). Analyttisessä arvioinnissa panelistit ovat koulutettuja ammattilaisia ja tekevät arvioinnit kriittisesti. Hedonisessa arvioinnissa taas käytetään kuluttajia, joten se tunnetaan myös kuluttajatestinä. (ISO 8586:2012.) Samassa paneelissa ei tule olla molempien ryhmien edustajia, sillä kuluttajilta puuttuu koulutus, jolloin analyysi ei ole saman tasoinen ja tulokset vääristyvät. Analyttiset testit voivat olla joko erottelevia tai kuvailevia. Erottelevassa testissä pyritään löytämään tarkoitettusti valittu eroava yksilö, joka poikkeaa ryhmästä, esimerkiksi yksi erilainen kahvi kolmen joukosta. Kuvaavassa analyysissä pyritään määrittämään jonkun ominaisuuden intensiteetti, esimerkiksi aromi ja maku. (Illy & Viani 2005 316–345; ISO 8586:2012.)

Jotta aistinvaraisen analyysin tuloksista tulisi mahdollisimman luotettavat, tulee kiinnittää huomiota ympäristön olosuhteisiin, jossa arviointi suoritetaan. Ympäristössä tulee minimoida ulkoiset ärsykkeet, kuten melu, voimakkaat tuoksut sekä lämpötilan ja kosteuden ääripäät. Ympäristön tulee olla puhdas,

ulkonäöllisesti miellyttävä ja väritykseltään vaalea. (ISO 8589:2007.) Tulosten luotettavuutta lisää myös useamman panelistin käyttö samanaikaisesti. Laskemalla panelistien pisteytysten keskiarvot, yhden henkilön mahdollinen virhe arvioinnin kokonaistulokseen minimoidaan. (Illy & Viani 2005, 290–313.)

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Opinnäytetyön tutkimusosuudessa suoritetaan aistinvarainen analyysi. Analyysissä tutkitaan miten pesu- ja natural-prosessoidut kahvit eroaa toisistaan, kun ne uutetaan eri vesinäytteillä sekä mikä vesinäyte korostaa pesu- ja natural-prosessoidun kahvin ominaisuuksia parhaiten.

5.1 Sensoripanelistit

Sensoripanelistit ovat tarkasti valittu suorittamaan opinnäytetyön aistinvaraista analyysiä heidän ammattitaitonsa perusteella. Panelisto muodostuu kuudesta kahvialan ammattilaisesta.

Huhtonen, Hanna

Huhtosella on hyvin monipuolinen erikoiskahvialan ammattiosaaminen. Hän on työskennellyt baristana, josta on sittemmin siirtynyt raakakahvin pariin. Historian filosofian maisteri on yhdistänyt tutkintonsa kahvialaan keskittyen koko kahvituotannon tarkasteluun. Hän on myös ehtinyt julkaisemaan kahvikirjallisuutta ja tuomaroimaan kansallisissa kahvikilpailuissa. Näiden lisäksi Huhtonen on vielä suorittanut kahvialan korkeimman tutkinnon *Arabica Green Coffee Grading Certification* (Q-grader), jonka koulutuksen järjestää *Coffee Quality Institute*.

Kokkonen, Kaisa

Kokkonen työskentelee baristana ja kouluttajana Kaffa Roasterylla. Paahtimolla hän on ollut mukana *cupping*-tapahtumien järjestämisessä ja ohjaamisessa. Kokkonen voitti vuonna 2019 Suomen ”Vuoden Barista” -kilpailun ja oli edustamassa Suomea kahvin MM-kilpailuissa tässä arvostetussa kategoriassa. Lisäksi hän on ollut järjestämässä Helsingin Kahviviikkoa ja ylläpitää yhdessä Jarno Peräkylän kanssa pop up -kahvilaa, *Sunday Espresso Club*, jossa tuodaan kahvihelmiä maailmalta helposti kuluttajien saataville.

Korhonen, Jonna

Korhonen työskentelee Kaffa Roasterylla paahtajana ja kouluttajana, jolloin kahvin maistaminen kuuluu päivittäiseen työhön. Hän on toiminut SCAE:n Suomen maakordinaattorina ja tämän myötä ollut järjestämässä kahvitapahtumia ja osallistunut myös kansallisten kahvikilpailuiden tuomarointiin.

Latvakangas, Sampo

Latvakangas on ollut perustamassa Pauligin Kulman kahvilaa, joka on keskittynyt erikoiskahvien paahtamiseen ja valmistamiseen. Hän on työskennellyt sekä baristana, että paahtajana. Hän on elintarviketieteiden maisteri ja pro gradussaan tutki raakakahvin säilytysmenetelmien vaikutusta sen aistittavaan laatuun. Hän työskentelee nykyisin Pauligin paahtimolla Vuosaassa laadunvalvonnassa.

Parkkinen, Samuli

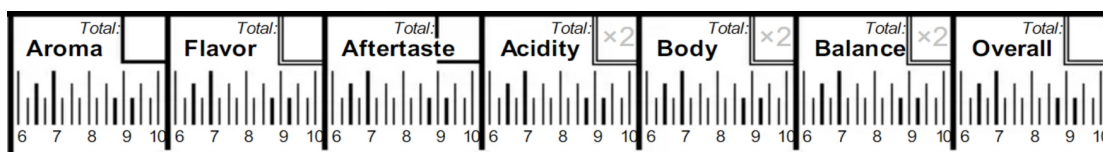
Parkkinen on työskennellyt erikoiskahvin parissa useamman yrityksen kautta ja viimeisimpänä Helsingin Kahvipaahtimolla. Hän on tehnyt aktiivisesti työtä Suomen kahvikulttuurin edistämiseksi osallistumalla Helsingin Kahviviikon ja muiden kahvitapahtumien järjestämiseen ja tuomarointiin. Hän juontaa kahvipodcastiä *Cappuzine* yhdessä Jarno Peräkylän kanssa.

Peräkylä, Jarno

Vaikka Jarno Peräkylä on opinnäytetyön toimeksiantaja, ei hänen osallistuminen aistinvaraiseen analyysiin osoita eturistiriitaa, sillä tulokset eivät vaikuta hänen yritystoimintaansa. Aiempien panelistien esittelystä on jo käynyt ilmi hänen osallisuutensa *Cappuzine* podcastin ja *Sunday Espresso Club* -pop up kahvilan parissa. Näiden lisäksi hän on kilpaillut aktiivisesti ja ollut edustamassa Suomea kahdesti kahvin MM-kisoissa kategoriassa ”Vuoden barista”. Lisäksi hän on tuomaroinut useita kilpailuja kansainvälisesti ja toiminut konsulttina kahviyrityksille.

5.2 Mittausmenetelmä

Analyysissä käytettiin *World Brewers Cup Scoresheet – Compulsory Service* -pisteystaulukkoa (kuva 9). Tässä arvioitavia attribuutteja olivat: tuoksu (eng. *Aroma*), maku (eng. *Flavor*), jälkimaku (eng. *Aftertaste*), hapokkuus (eng. *Acidity*), suuntuntuma (eng. *Body*) ja tasapaino (eng. *Balance*). Taulukossa on myös kohta kokonaisuudesta (eng. *Overall*), mutta se on jätetty huomioimatta tulosten tarkastelussa ja laskettu tämän arvoksi muiden attribuuttien keskiarvo. Lisäksi arvioinnissa painotetaan kahvinäytteiden välisiä eroja, eikä yksittäisen kupin laatu, joten hapokkuuden, suuntuntuman ja tasapainon kohdalla ei pisteitä kerrottu kahdella.



Kuva 9: Pisteytettävät attribuutit.

Pistetytys tapahtuu 0,25 pisteen tarkkuudella asteikolla 6–10.

5.3 Vesinäytteiden valmistaminen

Vesinäytteiksi valikoitui kolme tunnettua vesireseptiä sekä kolme tutkimusta varten kehitettyä. Näytteissä 1–3 käytettiin reagensseina natriumvetykarbonaattia (NaHCO_3) ja magnesiumsulfaattia (MgSO_4). Näytteet 1–3 ovat Barista Hustle:n yksinkertaistettuja reseptejä SCA:n (näyte 1), Christopher Hendonin (näyte 2) ja Scott Raon (näyte 3) vesiresepteistä. (Barista Hustle 2019). Näytteissä 4–6 käytettiin magnesiumsulfaattia (MgSO_4) ja kalsiumkarbonaattia (CaCO_3).

Taulukko 2: Käytettyjen vesinäytteiden pitoisuudet.

	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6
NaHCO ₃	68 ppm	52 ppm	84 ppm			
MgSO ₄	168 ppm	244 ppm	184 ppm	50 ppm	10 ppm	90 ppm
CaCO ₃				50 ppm	50 ppm	50 ppm

Valmistamiseen käytettiin elintarvikekelpoisia reagensseja: yllä mainitut mineraalit ja deionisoitua vettä (DI, eng. *deionized*). Näytteiden mittaamisessa käytettiin tarkkuusvaakaa sekä laboratorion mittalaseja. Jokaisesta näytteestä valmistettiin kantaliuokset, jotka laimennettiin haluttuihin pitoisuuksiin. Kaikki vesinäytteet valmistettiin päivää ennen aistinvaraisen analyysin suorittamista.

Mittausvälineiden tarkkuudet:

Näytteiden valmistamisessa käytetty 100 mL ja 1000 mL mittapullo kuuluvat DIN-standardin A luokkaan. Pienemmät mittaukset on tehty 25 mL byretillä (luokka. A). Vaa'an tarkkuus on $3000 \pm 0,01$ g.

NaHCO₃ -kantaliuoksen valmistaminen:

100 mL mittapulloon lisättiin natriumvetykarbonaatti jauhetta 1,00 g ja mittapullo täytettiin DI-vedellä viivaan saakka → kantaliuoksen pitoisuus oli 10 g/L.

MgSO₄ -kantaliuoksen valmistaminen:

100 mL mittapulloon lisättiin magnesiumsulfaattia -jauhetta 1,00 g ja mittapullo täytettiin DI-vedellä viivaan saakka → kantaliuoksen pitoisuus oli 10 g/L.

CaCO₃ -kantaliuoksen valmistaminen:

100 mL mittapulloon lisättiin kalsiumkarbonaatti jauhetta 1,00 g ja mittapullo täytettiin DI-vedellä viivaan saakka → kantaliuoksen pitoisuus oli 10 g/L.

Näyte 1:

25 mL byretillä mitattiin 6,8 mL natriumvetykarbonaatti-kantaliuosta ja 16,8 mL magnesiumsulfaatti-kantaliuosta 1 L mittapulloon. Mittapullo täytettiin viivaan saakka DI-vedellä.

Näyte 2:

25 mL byretillä mitattiin 5,2 mL natriumvetykarbonaatti-kantaliuosta ja 24,4 mL magnesiumsulfaatti-kantaliuosta 1 L mittapulloon. 1 L mittapullo täytettiin viivaan saakka DI-vedellä.

Näyte 3:

25 mL byretillä mitattiin 8,4 mL natriumvetykarbonaatti-kantaliuosta ja 18,4 mL magnesiumsulfaatti-kantaliuosta 1 L mittapulloon. 1 L mittapullo täytettiin viivaan saakka DI-vedellä.

Näyte 4:

25 mL byretillä mitattiin 5 mL magnesiumsulfaatti-kantaliuosta ja 5 mL kalsiumkarbonaatti-kantaliuosta 1 L mittapulloon. 1 L mittapullo täytettiin viivaan saakka DI-vedellä.

Näyte 5:

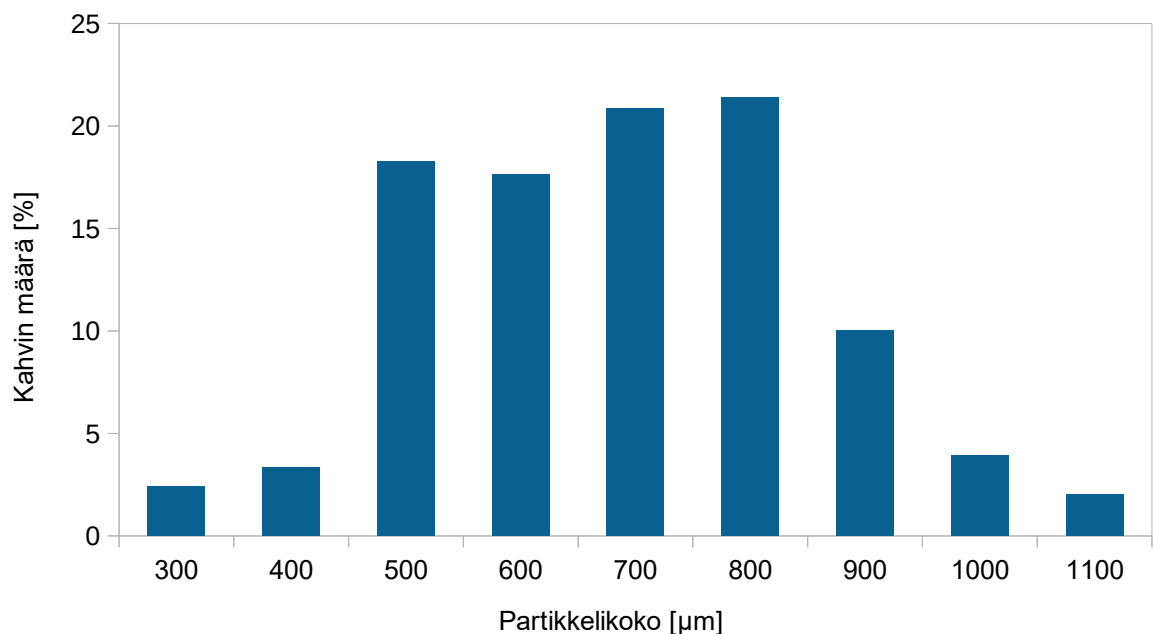
25 mL byretillä mitattiin 1 mL magnesiumsulfaatti-kantaliuosta ja 5 mL kalsiumkarbonaatti-kantaliuosta 1 L mittapulloon. 1 L mittapullo täytettiin viivaan saakka DI-vedellä.

Näyte 6:

25 mL byretillä mitattiin 9 mL magnesiumsulfaatti-kantaliuosta ja 5 mL kalsiumkarbonaatti-kantaliuosta 1 L mittapulloon. 1 L mittapullo täytettiin viivaan saakka DI-vedellä.

5.4 Kahvinäytteiden valmistaminen

Tutkimuksessa käytetyt kahvit ovat Danny Morenon El Filo tilalta, joka sijaitsee Honduraksessa Santa Barbaran alueella. Kahvit ovat Pacas lajiketta sekä kasvaneet noin 1600 metrin korkeudessa merenpinnasta. (Frukt Coffee Roasters, 2021.) Kahvit jauhettiin Mahlkönig EK43LE -myllyllä asetuksella 7,5 juuri ennen uuttamista. Jauhetun kahvin partikkelikokojakauma määritettiin seula-analyysillä käyttäen tärystintä ja KRUVE:n seuloja. Seulasarjoja oli 9 välillä 300-1100 μm ja alkuperäinen seulottava näyte oli massaltaan 50 g, joka jakautui prosentuaalisesti alla esitetyn kaavion 1 mukaisesti.



Kaavio 1: Kahvin partikkelikokojakauma.

Ennen varsinaista tutkimusta käytiin panelistien kanssa alkukeskustelu, jossa käytiin läpi arviointilomake ja ohjeet sen täyttämiseen sekä suoritettiin makuaistin kalibrointi. (ISO 8586:2012). Kaikille panelisteille annettiin samanlaiset näytteet, jotka käsiteltiin samalla tavalla ja tarjottiin samanlaisista astioista. Jokaiselle panelistille tarjottiin myös vettä ja sylkykuppi.

Kahvinäytteissä käytettiin 9 g kahvia ja 150 g vettä. Uuttoaika oli 4 minuuttia, jonka jälkeen uutto päätettiin rikkomalla pinnalle noussut kahvipeti. Panelistit suorittivat lusikalla kahvipedin rikkomisen painamalla sitä alaspäin ja samalla arvioiden näytteen aromin. Makujen tasaantumista odotettiin 8 minuuttia, jonka jälkeen niiden lämpötila oli 70 °C:ta ja maistaminen aloitettiin. Makujen intensiteetin taso vaihtelee kahvin lämpötilasta. Kahveja maisteltiin säännöllisesti eri lämpötiloissa (70–25 °C), jotta aistinvarainen analyysi olisi mahdollisimman luotettava. (Chapko & Seo 2019).

6 TULOKSIEN TARKASTELU

Kaikkien panelistien pisteet on esitetty liitteessä 1. Prosessointitavan vaikutuksen analysoinnissa on käytetty tilastollisena työkaluna Studentin T-testiä. Testin päätavoitteena on vertailla natural- ja pesuprosessoidun kahvin eroja samalla vesinäytteellä. Nollahypoteesi odottaa kahvien olevan samanlaiset. Vastahypoteesina on, että jokin vesinäyte korostaisi pestyä ja toinen natural kahvia. Oletetaan pisteytyksen olevan lähes normaalijakautunut ja muuttujien toisistaan riippumattomia. Tutkittaessa eroa, käytetään kaksipuolista testiä (eng. *Two-tailed*). Kaikki Studentin T-testin tulokset on esitetty liitteessä 2.

Merkitsevyystasoksi on valittu 5 % (alfa=0,05). Virhepäätelmän todennäköisyys (P (T<=t) kaksipuolinen)) määrää tuloksen merkitsevyyden seuraavasti:

P = 0,05 : tilastollisesti melkein merkitsevä

P = 0,01 : tilastollisesti merkitsevä

P = 0,001 : tilastollisesti erittäin merkitsevä

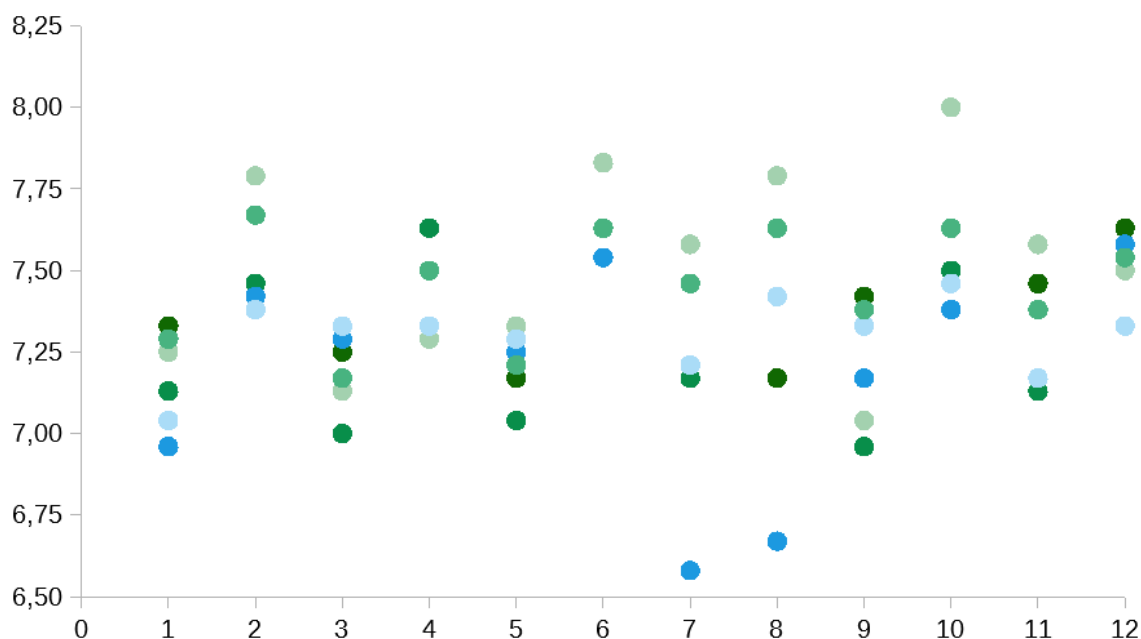
6.1 Prosessointitavan vaikutus

Samaa vesinäytettä on käytetty aina kahdessa peräkkäisessä kahvinäytteessä.

Taulukko 3: Vesinäytteitä vastaavat kahvinäytteet.

Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Parittomat luvut kahvinäytteissä on pesuprosessoituja, vastaavasti parilliset natural-prosessoituja.

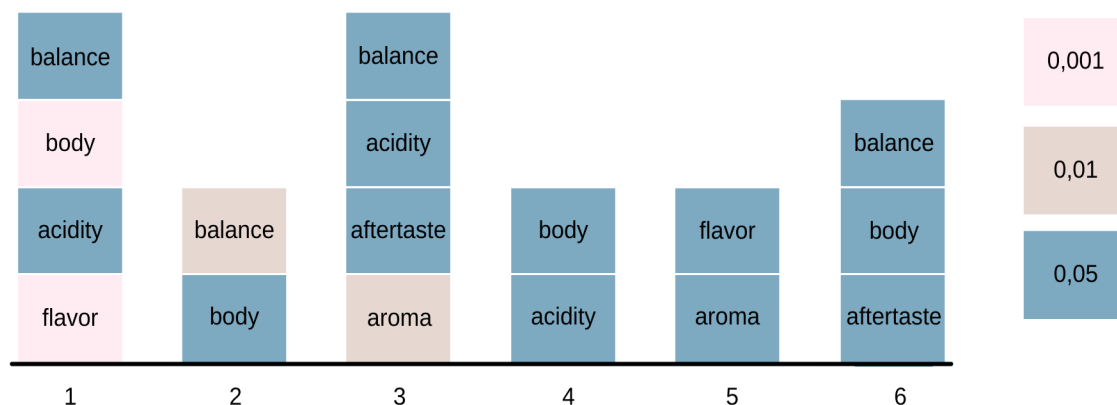


Kaavio 2: Overall attribuutin pisteet.

Yllä olevasta kaaviosta on esitetty jokaisen kahvin pisteiden keskiarvot (eng. *Overall*). Jokainen panelisti edustaa tiettyä väriä. Ensisijaista on kuitenkin selvittää mihin kohtaan kaikki pisteet kerääntyvät kaaviosta, eikä miten yksittäisen henkilön pisteet jakautuvat kaikkien 12 kahvinäytteen välillä.

Kaaviosta nähdään selvästi, että natural kahvit ovat yleisesti menestyneet pestyjä paremmin. Kuitenkin ensimmäisen kolmen vesinäytteen (kahvinäytteet 1–6) kohdalla pestyjen kahvien keskihajonta on pienempää. Kolmen viimeisen vesinäytteen (kahvinäytteet 7–12) kohdalla kuitenkin keskihajonta on suurempaa pestyillä kahveilla. Eniten mielipiteitä on jakanut vesinäyte 4 (kahvinäytteet 7 ja 8) molempien prosessointitapojen kohdalla.

Vaikka natural-prosessoitu kahvi on saanut korkeammat pisteet kaikilla vesinäytteillä verrattuna pesuprozessoituun, tilastollisesti kaikki erot eivät kuitenkaan ole olleet merkitseviä. Tilastollista merkitsevyyttä on esitetty kaaviossa 3.



Kaavio 3: Attribuuttien tilastollinen merkitsevyys vesinäytteittäin.

Kaaviossa 3 on esitetty kaikki tilastollisesti merkitsevät erot ja niiden virhepäätelmän todennäköisyydet pesu- ja natural-prosessoidun kahvien välillä vesinäytteittäin. Virhepäätelmän todennäköisyydet on ilmoitettu oikeassa reunassa ja niitä ilmennetään värikoodein. Esimerkiksi kaaviosta nähdään, että vesinäytteellä 1 ero on ollut attribuuttien balance ja acidity kohdalla tilastollisesti melkein merkitsevä ($p=0,05$) ja attribuuttien body ja flavor kohdalla tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p=0,001$).

Natural-prosessoidun kahvin korkeammat pisteet hapokkuuden kohdalla ovat olleet tilastollisesti merkittäviä kolmen eri vesinäytteen kohdalla (näytteet 1,3 ja 4), mikä on yllättävää, sillä pesuprosessoidut kahvit ovat tunnetusti hapokkaampia.

Taulukoissa 4–9 esitetään yksittäisten attribuuttien pisteet. Panelistit on nimetty A–F ja niiden järjestys on satunnaistettu. Jokainen panelisti kuitenkin edustaa samaa kirjainta jokaisessa taulukossa. Taulukon kaksi viimeistä riviä sisältää kaikkien panelistien pisteiden keskiarvon (rivi *) sekä keskihajonnan (rivi **).

6.1.1 Aroma / tuoksu

Tuoksu: Miellyttäviä kahville ominaisia tuoksuvia yhdisteitä. (Illy & Viani 2005).

Taulukko 4: Attribuutin aroma pisteet.

	Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7,50	7,75	7,50	7,50	7,50	7,75	7,50	7,75	7,50	7,75	7,50	7,50
B	7,25	7,50	8,00	7,75	7,50	8,00	7,50	8,00	7,50	8,00	7,50	7,50
C	7,25	7,50	7,00	7,75	7,25	7,75	6,50	6,75	7,25	7,75	7,00	7,50
D	7,50	7,75	7,00	7,25	7,75	7,75	7,75	8,00	7,25	7,75	7,50	7,50
E	7,25	7,00	6,75	7,50	7,50	7,75	7,75	7,50	7,75	7,50	8,00	7,75
F	7,50	8,00	7,00	7,75	7,00	7,50	7,00	7,50	7,00	7,50	7,00	7,5
*	7,38	7,58	7,21	7,58	7,42	7,75	7,33	7,58	7,38	7,71	7,42	7,54
**	0,14	0,34	0,46	0,20	0,26	0,16	0,49	0,47	0,26	0,19	0,38	0,10

* Keskiarvo

** Keskihajonta

Taulukosta nähdään, että lähes poikkeuksetta natural-prosesoitu kahvi on saanut paremmat pisteet. Eroja huomioidessa tulee tarkastella myös keskihajontaa.

Näytteen 3 ($P=0,0103$) ja 5 ($P=0,0429$) kohdalla natural-prosessoidut kahvit ovat tilastollisesti melkein merkitseviä. Natural-prosesoitu kahvi on toiminut parhaiten näytteellä 3 verrattuna muihin vesinäytteisiin.

6.1.2 Flavor / Maku

Maku: Maut havaitaan kielen eri osassa. (Clarke & Vitzthum 2001, 67). Makua kuvatessa mietitään, millaisia erilaisia makuja kahvista löytyy ja kuinka miellyttäviä ne ovat pisteyttäjälle. (Hoffmann 2018. 67).

Taulukko 5: Attribuutin flavor pisteet.

	Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7,25	7,75	7,00	7,50	7,25	7,75	7,50	7,75	7,50	8,00	7,50	7,75
B	7,00	7,50	7,25	7,25	7,25	7,75	7,25	7,50	7,25	7,75	7,00	7,25
C	6,75	7,50	7,50	7,25	7,25	7,50	6,75	6,75	7,25	7,50	7,00	7,50
D	7,25	8,00	7,00	7,25	7,25	8,25	7,75	7,50	6,75	8,25	7,75	7,50
E	7,00	7,25	7,25	7,50	7,50	7,00	7,25	7,00	7,50	7,50	7,25	7,75
F	6,75	7,25	6,75	7,50	7,25	7,50	7,25	7,75	7,00	7,50	7,25	7,50
*	7,00	7,54	7,13	7,38	7,29	7,63	7,29	7,38	7,21	7,75	7,29	7,54
**	0,22	0,29	0,26	0,14	0,10	0,41	0,33	0,41	0,29	0,32	0,29	0,19

* Keskiarvo

** Keskihajonta

Suurimmat erot ovat näytteillä 1 ja 5 ja selkeästi pienin näytteellä 4. Näytteen 1 kohdalla ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($P=0,0009$) ja näytteen 5 kohdalla melkein merkitsevä ($P=0,0482$). Natural-prosessoitu kahvi on toiminut parhaiten näytteellä 1.

Panelisti D on arvioinut kaikille näytteille suurimmat erot kun taas panelisti E on arvioinut kaikki kupit melko samanlaisiksi. Nämä tulokset vaikuttavat keskihajontaan.

6.1.3 Aftertaste / jälkimaku

Jälkimaku: Suuhun jäävä maku kahvin nielemisen jälkeen. (Clarke & Vitzthum 2001, 158).

Taulukko 6: Attribuutin aftertaste pisteet.

	Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7,25	7,50	7,00	7,50	7,00	7,50	7,50	7,50	7,25	7,25	7,25	7,50
B	7,00	7,25	7,00	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,25	7,25	7,00	7,25
C	7,00	7,25	7,25	7,50	7,00	7,50	6,50	6,50	7,00	7,25	7,25	7,50
D	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	8,00	7,50	7,75	6,75	8,25	7,75	7,75
E	7,50	7,25	7,50	7,25	7,00	8,25	7,00	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25
F	6,75	7,25	7,00	7,50	7,00	7,25	7,25	7,75	7,00	7,25	7,00	7,25
*	7,13	7,33	7,13	7,38	7,08	7,67	7,17	7,29	7,08	7,42	7,25	7,42
**	0,26	0,13	0,21	0,14	0,13	0,38	0,38	0,49	0,20	0,41	0,27	0,20

* Keskiarvo

** Keskihajonta

Näyte 3 ($P=0,0127$) korostaa jälkimakua eniten natural-prosessoidulla kahvilla ja ero on melkein merkitsevä. Tilastollisesti melkein merkitsevä ero löytyy myös näytteellä 6 ($P=0,0250$).

6.1.4 Acidity / hapokkuus

Hapokkuus: Miellyttävä ja toivottu maku. Eroaa happamuudesta ja kitkeryydestä. (Illy & Viani 2005.)

Taulukko 7: Attribuutin acidity pisteet.

	Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7,25	7,75	7,25	7,50	7,00	7,50	7,25	7,50	7,25	7,50	7,25	7,25
B	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	7,25	7,00	7,25
C	6,75	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	6,50	6,50	7,00	7,25	7,00	7,75
D	7,00	8,00	7,25	7,00	7,25	8,00	7,50	7,75	7,25	8,00	7,75	7,50
E	7,50	7,50	7,50	7,50	7,00	7,50	7,00	7,00	7,25	7,25	7,25	7,50
F	7,25	7,50	7,25	7,75	7,25	7,75	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	7,25
*	7,13	7,58	7,33	7,42	7,21	7,63	7,08	7,25	7,17	7,42	7,25	7,42
**	0,26	0,26	0,13	0,26	0,19	0,21	0,34	0,45	0,13	0,30	0,27	0,20

* Keskiarvo

**Keskihajonta

Tilastollisesti muihin attribuutteihin verrattuna natural-prosesoitu kahvi korostui hapokkuuden kohdalla tähän mennessä eniten. Näytteiden 1 (P=0,0284), 3 (P=0,0108) ja 4 (P=0,250) kohdalla natural-prosesoitu kahvi on tilastollisesti melkein merkittävästi parempi.

On mahdollista, että vesinäytteiden bikarbonaatit (HCO_3^-) ovat puskuroineet kahvien happoja liikaa, jolloin tämä attribuutti ei noussut edukseen pesuprosessoitujen kahvien kohdalla.

6.1.5 Body / suuntuntuma

Suuntuntuma: Käytetään yleisimmin body, joka muodostuu kahvin viskositeetistä. (Illy & Viani 2005).

Taulukko 8: Attribuutin body pisteet.

	Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7,25	7,50	7,25	7,50	7,25	7,50	7,50	7,75	7,50	7,50	7,50	7,75
B	7,00	7,50	7,25	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,50
C	7,00	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	6,75	7,00	7,25	7,25	7,50	7,75
D	7,25	7,50	7,50	7,75	7,25	7,25	7,50	8,00	7,25	7,75	7,25	7,25
E	7,50	7,75	7,25	7,50	7,00	7,50	7,25	7,25	7,25	7,50	7,50	7,75
F	7,25	7,50	7,00	7,75	6,75	7,50	7,25	7,50	6,75	7,75	7,00	7,75
*	7,21	7,50	7,25	7,54	7,13	7,42	7,25	7,46	7,25	7,50	7,33	7,63
**	0,19	0,16	0,16	0,19	0,21	0,13	0,27	0,37	0,27	0,22	0,20	0,21

* Keskiarvo

** Keskihajonta

Natural-prosessoidun kahvin odotettiin menestyvän parhaiten tämän attribuutin kohdalla, mikä myös kävi toteen. Natural-prosessoitu kahvi oli tilastollisesti erittäin merkittävä näytteellä 1 ($P=0,0009$), sekä melkein merkittävä näytteillä 2 ($P=0,0335$), 4 ($P=0,0422$) sekä 6 ($P=0,0335$).

6.1.6 Balance / tasapaino

Tasapaino: Arvioidaan, onko maut tasapainossa vai korostuuko jokin yksittäinen maku ylivoimaisesti. (Hoffmann 2018, 67).

Yleisesti natural-prosessoitu kahvi on tasapainoisempi, kun taas pesty on kompleksisempi. Hypoteesina siis on, että natural-prosessoitu kahvi menestyy paremmin.

Taulukko 9: Attribuutin balance pisteet.

	Näyte 1		Näyte 2		Näyte 3		Näyte 4		Näyte 5		Näyte 6	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7,25	7,75	7,00	7,50	7,25	7,75	7,50	7,50	7,25	7,75	7,25	7,50
B	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
C	7,00	7,50	7,25	7,50	7,25	7,75	6,50	6,50	7,25	7,25	7,25	7,50
D	7,25	8,00	7,00	7,25	7,25	7,75	7,50	7,75	7,00	8,00	7,50	7,50
E	7,25	7,50	7,25	7,75	7,00	7,25	7,00	7,25	7,50	7,25	7,50	7,75
F	7,25	7,25	7,00	7,50	7,00	7,75	7,00	7,75	7,00	7,75	7,25	7,75
*	7,17	7,54	7,13	7,46	7,17	7,63	7,08	7,33	7,21	7,54	7,33	7,54
**	0,13	0,29	0,14	0,19	0,13	0,21	0,38	0,47	0,19	0,33	0,13	0,19

* Keskiarvo

** Keskihajonta

Natural-prosessoitu kahvi on menestynyt parhaiten kaikista attribuuteista tässä kategoriassa. Kahvien ero on tilastollisesti merkittävä näytteellä 3 ($P=0,0019$) sekä melkein merkittävä näytteellä 1 ($P=0,0172$), 2 ($P=0,0103$) ja 6 ($P=0,0422$). Vaikka mikään ero ei ole tilastollisesti erittäin merkittävä, erot ovat keskimääräisesti parhaat ja tasaisimmat.

6.2 Mineraalipitoisuuksien vaikutus

Taulukossa 10 on esitetty prosessointitavoittain kaikkien pisteiden keskiarvot ja -hajonnat. Kun analysoidaan näytteen mineraalipitoisuuksien vaikutusta kahviin, tulee verrata tuloksia prosessointitavan sisällä.

Taulukosta 2 nähdään, että näytteissä 4–6 bikarbonaatin määrä on ollut pienempi kuin näytteissä 1–3.

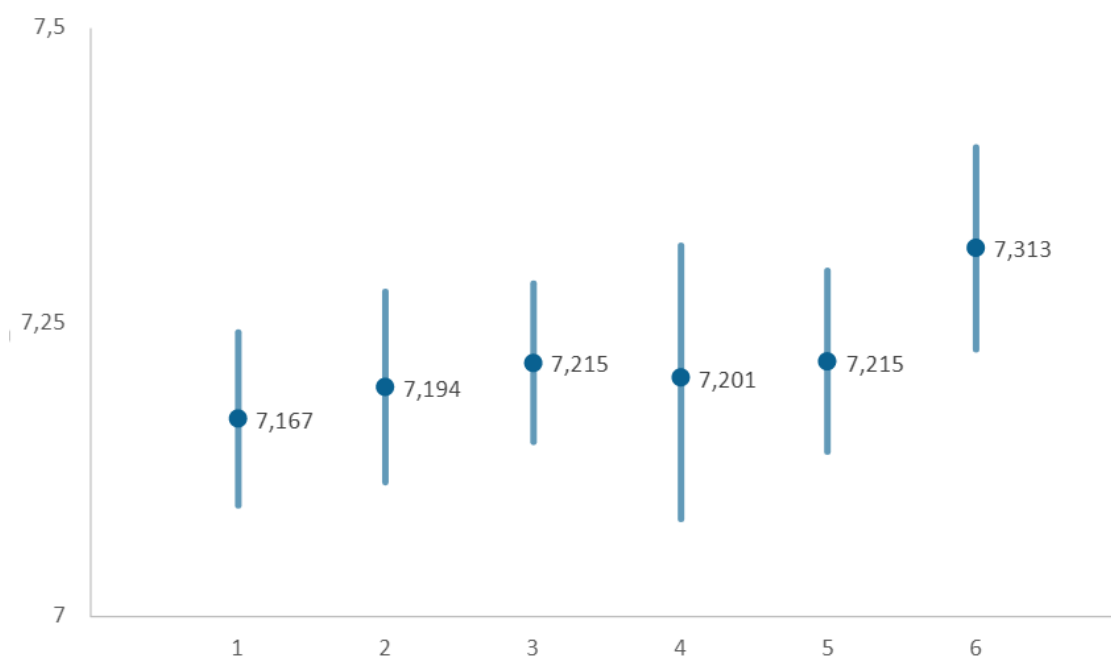
Taulukko 10: Kahvinäytteiden overall-attribuuttien keskiarvo.

Näyte	Pesty		Natural	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
1	7,17	0,22	7,51	0,25
2	7,19	0,25	7,46	0,19
3	7,22	0,20	7,62	0,26
4	7,20	0,36	7,38	0,43
5	7,22	0,23	7,56	0,31
6	7,31	0,26	7,51	0,19

Yhtenä hypoteesina oli, että pesuprosessoitu kahvi olisi menestynyt erityisesti hapokkuus-attribuutin kohdalla. Aiemmin jo todettiin, että hapokkuus sai pienemmät pisteet verrattuna hypoteesiin mahdollisesti vesinäytteiden runsaan puskurointikyvyn puolesta. Päätelmää tukee se, että bikarbonaattipitoisuuden ollessa pienempi (näytteet 4–6), kahvi on saanut paremmat pisteet molempien käsittelytavan kahveilla.

6.2.1 Pesty

Kun tarkastellaan taulukoita 4–9, nähdään, millä vesinäytteillä eri attribuutit ovat saaneet parhaat pisteet. Aroma: näyte 3 (7,42), flavor: näyte 3 (7,29), aftertaste: näyte 6 (7,25), acidity: näyte 2 (7,33), body: näyte 6 (7,33) balance: näyte 6 (7,33). Hapokkuus on korostunut näytteellä 2, jolloin magnesiumin pitoisuus on myös ollut suurin (244 ppm). Tämä tukee kirjallisuutta siitä, että magnesium uuttaa mielellään happojen kaltaisia yhdisteitä.

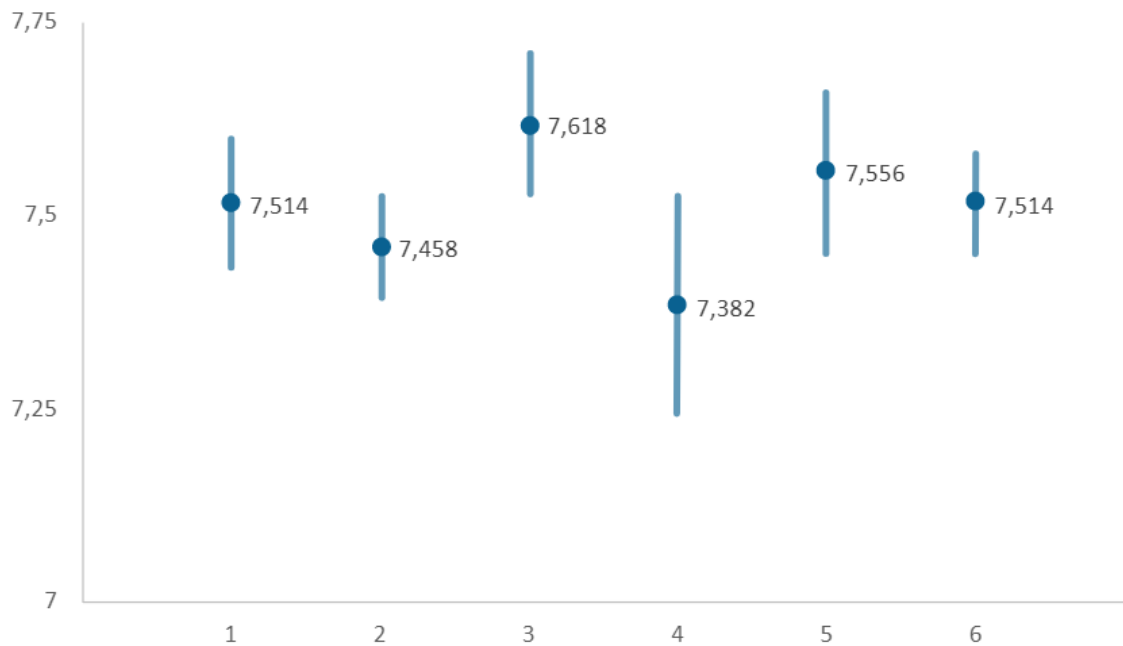


Kuva 10: Pesuprosessoidun kahvin luottamusvälit vesinäytteittäin.

Kuvassa 10 on esitetty pesuprosessoidun kahvin kaikkien pisteiden keskiarvot sekä niiden virhemarginaalit 95 % -luottamusvälillä vesinäytteittäin. Kuvasta 10 nähdään kahvin saaneen aavistuksen korkeammat pisteet vesinäytteillä 4–6 kuin 1–3, mutta myös virhemarginaali on ollut korkeampi. Natriumin ja magnesiumin yhdistelmä (1–3) on täten tuottanut yksimielisempiä tuloksia. Magnesiumin ja kalsiumin yhdistelmä (4–6) taas on jakanut enemmän mielipiteitä. Pesuprosessoitu kahvi on noussut edukseen näytteellä 6 saaden keskiarvon 7,313.

6.2.2 Natural

Natural-prosessoidun kahvin attribuuttien parhaita pisteitä tarkastellessa (taulukot 4-9), huomataan pistemäärien olevan hyvin tasaisia. Aroma: näyte 5 (7,71), flavor: näyte 5 (7,75), aftertaste: näyte 3 (7,67), acidity: näyte 3 (7,63), body: näyte 6 (7,63) balance: näyte 3 (7,63).



Kuva 11: Natural-prosessoidun kahvin luottamusvälit vesinäytteittäin.

Kuvassa 11 on esitetty natural-prosessoidun kahvin kaikkien pisteiden keskiarvot sekä niiden virhemarginaalit 95 % -luottamusvälillä vesinäytteittäin. Kuten aiemmassa kappaleessa jo todettiin, attribuutit ovat menestyneet parhaiten näytteellä 3. Tämä nähdään myös kuvasta 11.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Toimeksiantona oli kahvialan kehittäminen. Opinnäytetyön tavoite oli auttaa lukijaa ymmärtämään miten ja miksi kahville muodostuu ominainen makuprofiili ja miten uuttovedellä voidaan hallita sitä. Tutkimusosuus keskittyi siihen, miten erilaiset vesinäytteet vuorovaikuttavat kahvin kanssa. Kahveja valittiin kaksi, jotka erosivat toisistaan prosessointitavalla. Vaikka kahvien ainoa hypoteettinen muuttuja oli sen prosessointitapa, tulee muistaa, että kahvin paahtoprofiili luodaan aina yksilöllisesti jokaiselle kahville, joten myös paahtossa on saattanut olla eroavaisuuksia.

Kirjallisuusosuudessa todettiin, että bikarbonaatti puskuroi happoja ja liiallinen bikarbonaatti pitoisuus neutraloi kahvin hapokkuuden ja tämän myötä paljon miellyttäviä makuja. Todettiin myös, että magnesium uuttaa mieluummin pieniä happojen kaltaisia molekyyliä, kun taas kalsium suurempia molekyyliä, jotka vaikuttavat kahvin bodyyn.

Näytteet 1–3 sisälsivät natriumia ja magnesiumia. Natural-prosessoitu kahvi pärjasi parhaiten näiden näytteiden kanssa. Näytteen 3 molempien mineraalien pitoisuudet olivat näytteiden 1 ja 2 pitoisuuksien välistä. Tämä osoittautui parhaaksi sekä natural- että pesuprosessoidulla kahvilla. Erot eivät kuitenkaan olleet merkittävät pesuprosessoidun kohdalla.

Näytteen 3 kohdalla natural kahvi sai parhaat pisteet hapokkuudesta (7,63), joten voidaan päätellä, että magnesium pitoisuus oli tässä optimaalinen (184 ppm). Näytteessä 1 oli vähemmän magnesiumia (168 ppm) ja kahvin hapokkuus sai pisteet 7,58 ja näytteellä 2 hapokkuus sai pisteet 7,42, jolloin magnesiumia oli huomattavasti enemmän verrattuna muihin (244 ppm).

Pesuprosessoidun kahvin kohdalla pisteet nousivat kumulatiivisesti 1: 7,17, 2: 7,19 ja 3: 7,22. Erot eivät olleet merkittäviä. Hapokkuus sai parhaat pisteet näytteellä 2 (7,33), jossa magnesiumia oli eniten.

Näytteet 4–6 sisälsivät magnesiumia ja kalsiumia. Natural-prosessoitu kahvi sai vähiten pisteitä näytteillä (4–6), jotka sisälsivät magnesiumia ja kalsiumia.

Näistä kuitenkin parhaiten pärjasi näyte 4, jossa mineraaleja oli yhtä paljon (50 ppm + 50 ppm).

Näyte 5 sisälsi vähemmän magnesiumia (10 ppm) kuin kalsiumia (50 ppm). Tällä näytteellä natural-prosessoitu kahvi sai parhaat pisteet näiden mineraalien yhdistelmällä. Hapokkuuden keskiarvo oli kuitenkin sama näytteellä 5 (7,42) ja 6, vaikka magnesiumin pitoisuudessa oli merkittävä ero (10 ppm ja 90 ppm). Tämä ei tue kirjallisuutta siitä, että magnesium uuttaa happoja.

Pesuprosessoitu kahvi sai parhaat pisteet näytteellä 6. Tässä tapauksessa taas hapokkuus sai parhaat pisteet näiden kolmen näytteen (näytteet 4-6) välillä. Tämä puolestaan tukee kirjallisuutta magnesiumin ja happojen uuttamisesta. Voikin siis olla, että natural-prosessoidun kahvin kohdalla tämä korosti eri makukomponentteja.

Aistinvaraisesta analyysistä voidaan tehdä seuraava päätelmä: magnesiumpitoisuuden kasvu vaikuttaa pesuprosessoituun kahviin myönteisesti. Tulee pitää mielessä, että pesuprosessoidussa kahvissa on yleisestikin korkeampi hapokkuus kuin natural-prosessoidussa. Vaikka natural-prosessoitu kahvi oli kaikkien attribuuttien kohdalla selkeästi parempi, se ei tarkoita suoraan, että mineraalit olisivat korostaneet huomattavasti enemmän tämän ominaisuuksia verrattuna pestyyn. Ei voida poissulkea mahdollisuutta, että natural-prosessoitu kahvi olisi yksinkertaisesti vain ollut laadukkaampi näistä kahdesta.

Tulevaisuudessa tulisi tehdä laajempi tutkimus useammalla pesu- ja natural-prosessoidulla kahvilla, sekä useammalla eri vesinäytteellä. Esimerkiksi kalsiumkarbonaatin ja natriumvetykarbonaatin vaikutusta ei tutkittu. Olisi mielenkiintoista myös tutkia millaisia eroja löytyy, jos kalsiumkarbonaatin sijaan käytettäisiin kalsiumsitraattia.

Pestyn ja natural-prosessoidun kahvin välinen kemiallinen rakenne eroaa toisistaan merkittävästi. Tämän lisäksi vielä kaikkien kahvien kemialliset rakenteet eroavat toisistaan. Kirjallisuudessa käytiin läpi muuttujat, jotka vaikuttavat kahvin kemialliseen rakenteeseen. Tämän takia on tarpeellista tehdä kattavampi tutkimus, jossa käytetään useampaa pesu- sekä natural-

prosessoitua kahvia, jotta hypoteesi siitä, että erilaiset uuttovedet korostavat tietyn prosessointitavan edustavaa kahvia sekä kaikille kahveille sopisi vain yksi ideaalinen vesi. Tuloksen luotettavuutta lisääisi myös analyysien toistettavuus.

LÄHTEET

- Acallone, S.; Brillouet, J.; Guyot, B.; Olguin, E. & Guiraud, J. 2002. Involvement of Pectolytic Micro-organism in Coffee Fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00556.x>
- Andre, R. S., Campaner, K., Facure, M. H. M., Mercante, L. A., Bogusz, S. & Correa, D. S. 2021. Nanocomposite-Based Chemiresistive Electronic Nose and Application in Coffee Analysis. *Food Science & Technology* 1, 1464-1471 doi.org/10.1021/acsfoodscitech.1c00173
- Ascrizzi, R. & Flamini, G. 2020. Wild Haremma coffee: flavour profiling from bean to the cup. *European Food Research and Technology*, 246:643–660
<https://doi.org/10.1007/s00217-020-03429-8>
- Barista Hustle 2019. DIY Water Recipes Redux. Haettu osoitteesta: <https://www.baristahustle.com/blog/diy-water-recipes-redux/> (Viitattu 10.11.2021)
- Belchior, Veronica 2019 Physical Changes Coffee Beans Experience During Roasting. Perfect Daily Grind. Haettu osoitteesta: <https://perfectdailygrind.com/2019/03/what-happens-during-coffee-roasting-the-physical-changes/> (Viitattu 15.12.2021)
- Belchior, Veronica 2019 What Happens During Coffee Roasting: The Chemical Changes. Perfect Daily Grind. Haettu osoitteesta: <https://perfectdailygrind.com/2019/03/what-happens-during-coffee-roasting-the-chemical-changes/> (Viitattu 1.12.2021)
- Belitz, G., Grosch, W. & Schieberle, P. 2009. *Food Chemistry*. 4. painos. Heidelberg: Springer
- Beverly, D., Lopez-Quiroga, E., Farr, R., Molrose, J., Henson, S., Bakalis, S. & Freyer, P. J. 2020. Modeling Mass and Heat Transfer in Multiphase Coffee Aroma Extraction. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59, 11099-11112 doi.org/10.1021/acs.iecr.0c01153
- Bradley, E. S. & Hendon, C. H. 2017. The impact of solvent relative permittivity on the dimerisation of organic molecules well below their solubility limits: examples from brewed coffee and beyond. *Food and Function*, 8, 1037-1042 doi.org/10.1039/c6fo01796g
- Bressanello, D., Marengo, A., Cordero, C., Strocchi, G., Rubiolo, P., Pellegrino, G., Ruosi, R., Bicchi, C. & Liberto, E. 2021. Chromatographic Fingerprinting Strategy to Delineate Chemical Patterns Correlated to Coffee Odor and Taste Attributes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 4550-4560 doi.org/10.1021/acs.jafc.1c00509

- Chapko, M. J. & Seo H-S. 2019. Characterizing product temperature-dependent sensory perception of brewed coffee beverages: Descriptive sensory analysis. *Food Research International*, 121, 612-621 doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.026
- Clarke, R. J. & Vitzthum O. G. 2001. *Coffee: Recent Developments*. Wiley-Blackwell
- Colonna-Daswood, Maxwell. Water chemistry and its impact on coffee flavor. Barista Guild julkaisema video puheesta 5.1.2016 Haettu osoitteesta: <https://www.youtube.com/watch?v=VAwxrxPFEMg> (Viitattu: 08.10.2021)
- Cordoba, N., Fernandez-Alduenda, M., Moreno, F. & Ruiz, Y. 2020 Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 45-60 doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.004
- Dias, E., Pereira, R., Borém, F., Mendes, E., Lima, R., Fernandes, J., & Casal, S. 2012. Biogenic Amine Profile in Unripe Arabica Coffee Beans Processed According to Dry and Wet Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 16, 4120-4125. doi.org/10.1021/jf2046703
- Esquivel, P. & Jiménez, V. 2019. *Valuable Compounds in Coffee By-Products. Green Extraction and Valorization of By-Products from Food Processing*. New York: CRC Press, 277-287
- Farah, A. & Donangelo, C. M. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18. doi.org/10.1590/S1677-04202006000100003
- Francisco, O. A., Glor, H. M. & Khajehpour, M. 2020. Salt Effects on Hydrophobic Solvation: Is the Observed Salt Specificity the Result of Excluded Volume Effects or Water Mediated Ion-Hydrophobe Association? *A European Journal of Chemical Physics and Physical Chemistry*, 21, 484-493 doi.org/10.1002/cphc.201901000
- Frukt Coffee Roasters 2021. Kahvien tiedot. Haettu osoitteesta: <https://www.fruktcoffeeroasters.com/products/espresso-danny-moreno-honduras> (Viitattu 07.10.2021)
- Gagnè, Jonathan 2020. *The Physics of Filter coffee*. Kiina: Scott Rao
- Hameed, A., Hussain, S. A., Ijaz, M. U., Ullah, S., Pasha, I. & Suleria, H. A. R. 2018. Farm to Consumer: Factors Affecting the Organoleptic Characteristics of Coffee. II: Postharvest Processing Factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. doi.org/10.1111/1541-4337.12365

- Hendon, Christopher. Knowledge Talks with Christopher Hendon. Toby's estate coffee roasters:in julkaisema video puheesta 22.11.2019. Haettu osoitteesta: <https://www.youtube.com/watch?v=h7Y3p2hTiFs&t=568s> (Viitattu 10.11.2021)
- Hendon, C., Colonna-Dashwood, L. & Colonna-Dashwood, M. 2014. The Role of dissolved cations in coffee. *Food Chemistry*, 62, 4947-4950 doi.org/10.1021/jf501687c
- Hoffmann, James 2018. *The World Atlas of Coffee. 2., uudistettu painos.* Englanti: Mitchell Beazley
- Illy, A. & Viani, R.. 2005. *Espresso Coffee the Science of quality, 2., uudistettu painos.* Englanti: Academic Press
- IUPAC, *Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book").* Online-versio 2019.
- Kleinwächter, Maik & Selmar, Dirk 2010, Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. *Food Chemistry* 119, 500-504 10.1016/j.foodchem.2009.06.048
- Klingel, T., Kremer, J., Gottstein, V., Rajcic de Rezende, T., Schwarz, S. & Lachenmeier, D. 2020. A Review of Coffee By-Products Including Leaf, Flower, Cherry, Husk, Silver Skin and Spent Grounds as Novel Foods within the European Union. *Novel Foods and Nutrition Function.* Viitattu 20.12.2021 doi.org/10.3390/foods9050665
- Maille, M. J., Sala, K., Scott, D. M. & Zukswert, H. 2021. Critical examination of particle swelling during wetting of ground coffee. *Journal of Food Engineering* 295 doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110420
- Mateus, M-L., Rouvet, M., Gumy, J-C.. & Liardon, R. 2007. Interactions of Water with Roasted and Ground Coffee in the Wetting Process Investigated by a Combination of Physical Determinations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 2979-2984. doi.org/10.1021/jf062841g
- Mohammad, A. & Mehaya, F. 2020. Thermostability of Bioactive Compounds During Roasting Process of Coffee Bean. *Heliyon.* Viitattu 3.12.2021 doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05508
- Montavon, P., Mauron, A-F. & Duruz, E. 2003. Changes in Green Coffee Protein Profiles during Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2335-2343 doi.org/10.1021/jf020832b
- Moroney, K., Lee, W., O'Brien, S., Suijver, F. & Marra, J. 2016. Coffee extraction kinetics in a well mixed system. *Journal of Mathematics in Industry* 7, artikkeli 3. doi.org/10.1186/s13362-016-0024-6

- Nunes, F. M. & Coimbra, M. A. 2001. Chemical Characterization of the High Molecular Weight Material Extracted with Hot Water from Green and Roasted Arabica Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1773-1782 doi.org/10.1021/jf0012953
- Petrich, Ivan 2018. What Do Coffees from Around the World Taste Like - & Why? Perfect Daily Grind. Viitattu 7.12.2021 <https://perfectdailygrind.com/2018/03/what-do-coffees-from-around-the-world-taste-like-why/>
- SCA: Specialty Coffee Association 2021. Towards a Definition of Specialty Coffee: A Conception Based on Attributes. An SCA White Paper
- SFS-EN ISO 5492:2008, Sensory analysis - Vocabulary
- SFS-EN ISO 8586:2012, Sensory analysis – General guidelines for selection, training and monitoring of selected assessors and expert assessors
- SFS-EN ISO 8589:2007, Sensory analysis – General guidance for the design of rest rooms
- Sharma, Hemraj 2020. A Detail Chemistry of Coffee and Its Analysis. *Coffee - Production and Research*. IntechOpen
- Tian, T., Freeman, S., Corey, M., German, J. & Barile, D. 2017. Chemical Characterization of Potentially Prebiotic Oligosaccharides in Brewed Coffee and Spent Coffee Grounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 2784-2792 doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04716
- Welinger, M., Smrke, S. & Yeretizian, C. The SCAE Water Chart 2016
- Zhu, Y., Tang, M., Zhang, H., Rahman, F-U., Rebek, J., Hunter, C. A. & Yo, Y. 2021 Water and the Cation- π Interaction. *Journal of American Chemical Society* 143, 12397–12403 doi.org/10.1021/jacs.1c0651

Panelistien pisteytykset

Taulukko 11: Panelistien A-F pisteet.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
Flavor	7,25	7,75	7,00	7,50	7,25	7,75	7,50	7,75	7,50	8,00	7,50	7,75
Aftertaste	7,25	7,50	7,00	7,50	7,00	7,50	7,50	7,50	7,25	7,25	7,25	7,50
Acidity	7,25	7,75	7,25	7,50	7,00	7,50	7,25	7,50	7,25	7,50	7,25	7,25
Body	7,25	7,50	7,25	7,50	7,25	7,50	7,50	7,75	7,50	7,50	7,50	7,75
Balance	7,25	7,75	7,00	7,50	7,25	7,75	7,50	7,50	7,25	7,75	7,25	7,50
Overall	7,29	7,67	7,17	7,50	7,21	7,63	7,46	7,63	7,38	7,63	7,38	7,54
B												
Aroma	7,25	7,50	8,00	7,75	7,50	8,00	7,50	8,00	7,50	8,00	7,50	7,50
Flavor	7,00	7,50	7,25	7,25	7,25	7,75	7,25	7,50	7,25	7,75	7,00	7,25
Aftertaste	7,00	7,25	7,00	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,25	7,25	7,00	7,25
Acidity	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	7,25	7,00	7,25
Body	7,00	7,50	7,25	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,50
Balance	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Overall	7,04	7,38	7,33	7,33	7,29	7,63	7,21	7,42	7,33	7,46	7,17	7,33
C												
Aroma	7,25	7,50	7,00	7,75	7,25	7,75	6,50	6,75	7,25	7,75	7,00	7,50
Flavor	6,75	7,50	7,50	7,25	7,25	7,50	6,75	6,75	7,25	7,50	7,00	7,50
Aftertaste	7,00	7,25	7,25	7,50	7,00	7,50	6,50	6,50	7,00	7,25	7,25	7,50
Acidity	6,75	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	6,50	6,50	7,00	7,25	7,00	7,75
Body	7,00	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	6,75	7,00	7,25	7,25	7,50	7,75
Balance	7,00	7,50	7,25	7,50	7,25	7,75	6,50	6,50	7,25	7,25	7,25	7,50
Overall	6,96	7,42	7,29	7,50	7,25	7,54	6,58	6,67	7,17	7,38	7,17	7,58

(jatkuu)

Taulukko 11 jatkuu

D												
Aroma	7,50	7,75	7,00	7,25	7,75	7,75	7,75	8,00	7,25	7,75	7,50	7,50
Flavor	7,25	8,00	7,00	7,25	7,25	8,25	7,75	7,50	6,75	8,25	7,75	7,50
Aftertaste	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	8,00	7,50	7,75	6,75	8,25	7,75	7,75
Acidity	7,00	8,00	7,25	7,00	7,25	8,00	7,50	7,75	7,25	8,00	7,75	7,50
Body	7,25	7,50	7,50	7,75	7,25	7,25	7,50	8,00	7,25	7,75	7,25	7,25
Balance	7,25	8,00	7,00	7,25	7,25	7,75	7,50	7,75	7,00	8,00	7,50	7,50
Overall	7,25	7,79	7,13	7,29	7,33	7,83	7,58	7,79	7,04	8,00	7,58	7,50
E												
Aroma	7,25	7,00	6,75	7,50	7,50	7,75	7,75	7,50	7,75	7,50	8,00	7,75
Flavor	7,00	7,25	7,25	7,50	7,50	7,00	7,25	7,00	7,50	7,50	7,25	7,75
Aftertaste	7,50	7,25	7,50	7,25	7,00	8,25	7,00	7,00	7,25	7,25	7,25	7,25
Acidity	7,50	7,50	7,50	7,50	7,00	7,50	7,00	7,00	7,25	7,25	7,25	7,50
Body	7,50	7,75	7,25	7,50	7,00	7,50	7,25	7,25	7,25	7,50	7,50	7,75
Balance	7,25	7,50	7,25	7,75	7,00	7,25	7,00	7,25	7,50	7,25	7,50	7,75
Overall	7,33	7,38	7,25	7,50	7,17	7,54	7,21	7,17	7,42	7,38	7,46	7,63
F												
Aroma	7,50	8,00	7,00	7,75	7,00	7,50	7,00	7,50	7,00	7,50	7,00	7,50
Flavor	6,75	7,25	6,75	7,50	7,25	7,50	7,25	7,75	7,00	7,50	7,25	7,50
Aftertaste	6,75	7,25	7,00	7,50	7,00	7,25	7,25	7,75	7,00	7,25	7,00	7,25
Acidity	7,25	7,50	7,25	7,75	7,25	7,75	7,25	7,50	7,00	7,25	7,25	7,25
Body	7,25	7,50	7,00	7,75	6,75	7,50	7,25	7,50	6,75	7,75	7,00	7,75
Balance	7,25	7,25	7,00	7,50	7,00	7,75	7,00	7,75	7,00	7,75	7,25	7,75
Overall	7,13	7,46	7,00	7,63	7,04	7,54	7,17	7,63	6,96	7,50	7,13	7,50

Studentin T-testin tulokset

Taulukko 12: Studentin T-testin tulokset.

Aroma	1	2	3	4	5	6
t-stat	-2,0761	-2,0868	-4,0000	-2,2361	-2,6968	-1,0000
P (T<=t) one-tail	0,0463	0,0456	0,0052	0,0378	0,0215	0,1816
t Critical one-tail	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150
P (T<=t) two-tail	0,0925	0,0913	0,0103	0,0756	0,0429	0,3632
t Critical two-tail	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706
Flavor	1	2	3	4	5	6
t-stat	-7,0502	-1,7321	-1,6609	-0,6742	-2,6000	-2,2361
P (T<=t) one-tail	0,0004	0,0719	0,0788	0,2650	0,0241	0,0378
t Critical one-tail	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150
P (T<=t) two-tail	0,0009	0,1438	0,1576	0,5301	0,0482	0,0756
t Critical two-tail	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706
Aftertaste	1	2	3	4	5	6
t-stat	-2,0761	-2,2361	-3,7963	-1,4639	-1,3969	-3,1623
P (T<=t) one-tail	0,0463	0,0378	0,0063	0,1016	0,1106	0,0125
t Critical one-tail	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150
P (T<=t) two-tail	0,0925	0,0756	0,0127	0,2031	0,2213	0,0250
t Critical two-tail	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706
Acidity	1	2	3	4	5	6
t-stat	-3,0509	-0,7906	-3,9528	-3,1623	-2,2361	-1,1952
P (T<=t) one-tail	0,0142	0,2325	0,0054	0,0125	0,0378	0,1428
t Critical one-tail	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150
P (T<=t) two-tail	0,0284	0,4650	0,0108	0,0250	0,0756	0,2856
t Critical two-tail	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706

(jatkuu)

Taulukko 12 jatkuu

Body	1	2	3	4	5	6
t-stat	-7,0000	-2,9066	-2,4445	-2,7116	-1,3693	-2,9066
P (T<=t) one-tail	0,0005	0,0168	0,0292	0,0211	0,1146	0,0168
t Critical one-tail	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150
P (T<=t) two-tail	0,0009	0,0335	0,0583	0,0422	0,2292	0,0335
t Critical two-tail	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,57
Balance	1	2	3	4	5	6
t-stat	-3,5032	-4,0000	-5,9656	-2,2361	-1,6609	-2,7116
P (T<=t) one-tail	0,0086	0,0052	0,0009	0,0378	0,0788	0,0211
t Critical one-tail	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150	2,0150
P (T<=t) two-tail	0,0172	0,0103	0,0019	0,0756	0,1576	0,0422
t Critical two-tail	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,5706	2,57

World Brewers Cup Scoresheet – Compulsory Service - pisteytystaulukko



World Brewers Cup Scoresheet - Compulsory Service

Judge Name _____ Date _____

Evaluation Scale

6.00	Good	7.00	Vary	8.00	Excellent	9.00	Extraordinary
6.25		7.25		8.25		9.25	
6.50		7.50		8.50		9.50	
6.75		7.75		8.75		9.75	

Cup #	Aroma <small>Total</small>	Flavor <small>Total</small>	Aftertaste <small>Total</small>	Acidity <small>Total</small> x2	Body <small>Total</small> x2	Balance <small>Total</small> x2	Overall <small>Total</small>	Total Score
								<input type="text"/>
	Notes							
	TDS Reading <input type="text"/> %							

Cup #	Aroma <small>Total</small>	Flavor <small>Total</small>	Aftertaste <small>Total</small>	Acidity <small>Total</small> x2	Body <small>Total</small> x2	Balance <small>Total</small> x2	Overall <small>Total</small>	Total Score
								<input type="text"/>
	Notes							
	TDS Reading <input type="text"/> %							

Cup #	Aroma <small>Total</small>	Flavor <small>Total</small>	Aftertaste <small>Total</small>	Acidity <small>Total</small> x2	Body <small>Total</small> x2	Balance <small>Total</small> x2	Overall <small>Total</small>	Total Score
								<input type="text"/>
	Notes							
	TDS Reading <input type="text"/> %							

Total Score is calculated as the sum of all seven scoring elements, with Acidity, Body, and Balance multiplied by two (2).