



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Miina Päckilä

# Mustikkakeittoprosessin laadun parantaminen lean six sigma -menetelmällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

2.6.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miina Päkkilä Mustikkakeittoprosessin laadun parantaminen lean six sigma -menetelmällä 54 sivua 2.6.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	lehtori Pia-Tuulia Laine lehtori Eija Koriseva tehdaspalvelupäällikkö Jari Autio
<p>Valio Oy:n mustikkakeitto on pastöroitua marjakeittoa, jonka valmistukseen käytettäviä pääraaka-aineita ovat vesi, sokeri, mustikka ja mustikkatäysmehu. Tuotelaatu ja reseptin toteutuminen varmistetaan mm. brix-mittauksella ja mustikkakeiton tavoitearvoksi on määritetty 10,6 °Brix. Tuotelaadussa havaittiin olleen vaihtelua ja laadun olleen yli tavoitearvon. Työn tavoitteena oli vähentää mustikkakeiton laadunvaihtelua ja saada tuotelaatu vastaamaan tarkemmin spesifikaation tavoitearvoa.</p> <p>Työ tehtiin hyödyntäen lean six sigma -menetelmää ja toteutettiin projektina, jossa tarkasteltiin mustikkakeittoprosessin laatua viisi vaiheisen DMAIC-prosessin avulla. Lean six sigma työkalujen avulla tunnistettiin juurisyitä yliladun ja vaihtelun taustalla. Työssä käytetyt työkaluja olivat mm. VOC asiakkaan ääni -kysely, prosessikuvaus, syy-seurausmatriisi, kalanruotokaavio, prosessin kyvykkyysanalyysi, mittalaitteanalyysi ja hypoteesien testaus tilastollisilla analyyseillä. Projekti toteutettiin vuoden 2019 aikana ja tehtyjen muutoksien seurantarajakson tulokset saatiin vuonna 2020.</p> <p>Voitiin todeta pastöroinnin muuttavan mustikkakeiton brix-arvoa +0,2 °Brix. Muutos selittyy tuotteen kuiva-ainepitoisuuden kasvamisena pastöroinnissa. Käyttäjien erilaisilla toimintatavoilla valmistusprosessissa havaittiin olevan vaikutus brix-arvoon. Vedenlisäyksessä tunnistettiin olevan haasteita johtuen prosessissa käytössä olevista on/off-venttiileistä. Mittausprosessissa havaittiin olevan epäluotettavuutta. Mustikkakeiton spesifikaatorajojen havaittiin olevan leveät johtuen aiemmin käytössä olleiden mittausmenetelmien epätarkkuudesta.</p> <p>Tuotevalmistuksen (ennen pastörointia) ohjausraajat muutettiin arvoihin 10,2–10,6 °Brix, jonka seurauksena lopputuotteen brix-mittaustulosten keskiarvo muuttui arvoon 10,46 °Brix. Toimintatapojen vakiinnuttamiseksi ja vaihtelun vähentämiseksi tehtiin työhjeita ja lisättiin valmistajien koulutusta, mitkä eivät kuitenkaan vähentäneet vaihtelua. Työssä suositellaan vaihtelun vähentämiseksi on/off-venttiilien korvaamista tarkemman vedenannostelun mahdollistavilla venttiileillä ja lisäksi spesifikaatorajojen määrittämisen tarkastamista. Mittauslaitteiden sijainteja muutettiin siten, että tarkin refraktometri on käytössä valmistuksessa, jossa tuotelaatuun voidaan vaikuttaa.</p>	
Avainsanat	Lean six sigma, laatu, marjakeitto

Author Title	Miina Päckilä Improvement the quality of the blueberry soup process with Lean Six Sigma method
Number of Pages Date	54 pages 2 June 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Lecturer Eija Koriseva, Lecturer, Jari Autio, Factory services manager
<p>Valio Oy's blueberry soup is a pasteurized berry soup whose main raw materials are water, sugar, blueberries and blueberry juice. Product quality and implementation of the recipe is ensured by, for example, Brix measurement, and the target value for blueberry soup is set to 10,6 °Brix. There has been found variation in product quality, and it has been above the target value. The aim of the thesis was to reduce variation in the quality of blueberry soup and to adjust the product quality to meet the specification more accurately.</p> <p>The thesis was done using Lean Six Sigma method and as the project, where the quality of the blueberry soup manufacturing process was reviewed using a five-step DMAIC process. Lean Six Sigma tools were used to identify root causes behind over quality and variation. The tools used in the work were e.g. VOC Voice of Customer tool, process flowchart, Cause and Effect Matrix, Ishikawa diagram, process capability analysis, MSA Measurement Systems Analysis and testing hypotheses by statistical analyses. The project was executed during the year 2019 and the results of the follow-up period were obtained in 2020.</p> <p>It can be thus observed that pasteurization alters blueberry soup's Brix value of +0,2 °Brix. The change is explained by an increase in dry matter content during pasteurization. Users with different operating modes in the manufacturing process have an effect on Brix value. The addition of water was identified as a challenge due to on/off-valves used in the process. Unreliability was found in the measurement process. Blueberry soup specification limits were found to be wide due to the inaccuracy of previously used measurement methods.</p> <p>The control limits of product manufacturing (before pasteurization) were changed to values 10,2–10,6 °Brix whereupon the final product brix value average of measurement results changed to 10,46 °Brix. To establish operating modes and to reduce variability, work instructions were made and manufacturer training was increased, which however, did not reduce variability. The study recommends replacing current on/off valves with ones that enable more accurate water dosing and also reviewing the determination of specification limits. The locations of the measuring instruments were changed so that the most accurate refractometer is used in the manufacturing phase in which product quality can be affected.</p>	
Keywords	Lean six sigma, quality, berry soup

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Marjakeitto	2
2.1	Marjakeiton määritelmä ja valmistusprosessi	2
2.2	Marjakeiton laadunvarmistaminen	4
3	Lean six sigma	5
3.1	Elintarvikkeen laatu yleisesti	5
3.2	Lean six sigman määritelmä	6
3.3	Lean six sigman viisi lakia	7
3.4	DMAIC, lean six sigma -projektin kulku	8
4	Mustikkakeittoprosessin laadun parantaminen lean six sigman avulla	10
4.1	Määrittelyvaihe (define)	10
4.1.1	Projektiryhmän määrittäminen	10
4.1.2	Projektin tavoite ja rajaus	11
4.1.3	Projektin mittarit	13
4.1.4	SIPOC-prosessikuvaus	14
4.1.5	VOC asiakkaan ääni -kysely	15
4.1.6	CTQ-vaatimuspuu	17
4.2	Mittausvaihe (measure)	19
4.2.1	Prosessikuvaus ja prosessimuuttujien tunnistaminen	19
4.2.2	Kalanruotokaavio	19
4.2.3	C&E-matriisi	21
4.2.4	Prosessin kyvykkyyshanalyysi, nykytila	24
4.2.5	MSA mittalaiteanalyysi	27
4.2.6	Tiedonkeruu	28
4.3	Analysointivaihe (analyze)	30
4.3.1	Arvo/hukka-analyysi	30
4.3.2	Hypoteesien tarkastelu	31
4.3.3	Pastöroinnin vaikutus tuotteen brix-arvon muodostumisessa	36

4.4	Parantamis- ja ohjausvaihe (improve and control)	39
4.4.1	Koesuunnittelun ja työpajojen tulokset	39
4.4.2	Toimenpide- ja ohjaussuunnitelmat	40
4.4.3	Parantamistoimien todentaminen	42
5	Tulokset ja niiden tarkastelu	44
5.1	Tuotelaadun parantaminen	46
5.2	Laadunvaihtelun vähentäminen	48
6	Yhteenveto	50
	Lähteet	52

## Lyhenteet

Brix	Liennut sokeripitoisuus, jota käytetään mehutuotteiden laadunvarmistamisessa.
C&E	Cause & Effect -matrix/diagram. Syy-seuraus-matriisi/diagrammi, jotka ovat lean six sigman työkaluja juurisyyn selvittämiseen.
Cp	Process Capability. Prosessin kyvykkyyden potentiaali, jos poikkeamat eliminoidaisiin.
Cpk	Prosessin kyvykkyyksindeksin potentiaali, jos poikkeamat eliminoidaisiin.
CPL	Process Capability Lower. Prosessin kyvykkyyden potentiaali spesifikaation ja mittaustulosten alarajalla, jos poikkeamat eliminoidaisiin.
Cpm	Process Performance Index. Prosessin suorituskykyindeksi kuvaa prosessin kyvykkyyttä datan poikkeavuudesta suhteessa tavoitearvoon.
CPU	Process Capability Upper. Prosessin kyvykkyyden potentiaali spesifikaation ja mittaustulosten ylärajalla, jos poikkeamat eliminoidaisiin.
CTQ	Critical to Quality. Asiakasvaatimuspuu, jota käytetään lean six sigman työkaluna asiakasvaatimusten tunnistamisessa.
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Määritä, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa, jotka ovat lean six sigma -prosessin viisi vaihetta.
LCL	Lower Control Limit. Alempi tilastollinen kontrolliraja.
LSL	Lower Specification Limit. Alempi spesifikaatoraja.
LSS	Lean six sigma. Laatujohtamisen menetelmä prosessien ongelmanratkaisuun.

MMC	Modern Management Concept Oy. Yritys. MMC-tuotantojärjestelmää käytetään tuotantoprosessissa.
NFC	Not From Concentrate. Suoraan marjasta puristettu täysmehu.
Pp	Process Performance. Prosessin suorituskyvyn mittari.
Ppk	Process Performance Index. Prosessin kyvykkyyden mittari leveyden suhde spesifikaatorajojen ja prosessimittauksien välillä.
PPL	Process Performance Lower. Prosessin suorituskyvyn mittari prosessin spesifikaation ja mittaustuloksien alarajalla.
ppm	Parts per million. Kuluttajapalautteiden määrä suhteessa valmistusmäärään.
PPU	Process Performance Lower. Prosessin suorituskyvyn mittari prosessin spesifikaation ja mittaustuloksien ylärajalla.
SAP	Systeme Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung. Järjestelmäsovellukset ja tuotteiden tietojen käsittely. SAP-toiminnanohjausjärjestelmää käytetään tilaustoimitusprosessissa.
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customers. Toimittaja, syöte, prosessi, tuotos, asiakkaat. Lean six sigman työkalu ylätasoin eli lintuperspektiivin prosessikuvaukseen.
StDev	Standard Deviation. Luonnollinen vaihtelu.
UCL	Upper Control Limit. Ylempi tilastollinen kontrolliraja.
USL	Upper Specification Limit. Ylempi spesifikaatoraja.
Vapaa	Vapaa palaute. Kuluttajapalaute.

VOC	Voice of Customer. Asiakkaan ääni -kysely, joka on lean six sigman työkalu asiakastarpeen ja vaatimusten selvittämiseksi
VSM	Value Stream Maps. Prosessin arvovirtakuvaus.

## 1 Johdanto

Insinööriyön toimeksiantajana toimi Valio Oy Helsingin Mehutehdas. Tehtaan toiminta alkoi vuonna 1961 Pitäjänmäen meijerinä, jossa mehuja alettiin valmistaa vuonna 1971. Nimi vaihdettiin mehutehtaaksi vuonna 1998, kun maidon pakkaaminen lopetettiin tiloissa kokonaan. Helsingin Mehutehtaalla valmistetaan vuosittain noin 46 miljoonaa litraa mehuja ja marjakeittoja. Tehtaan tuotanto koostuu marjakeitoista, täysmehuista, mehujuomista sekä marja- ja hedelmäsMOOTHIEista. Tunnettuja brändejä ovat Hedelmätarha®, Valio GEFILUS® ja Valio Grandi®. Mehutehdas työllistää noin 70 henkilöä erilaisissa tehtävissä. [Valio mehuja Pitäjänmäen tehtaalta 2019.]

Valio mustikkakeitto on yksi tehtaan suurivolyymisimmistä tuotteista. Tuote on pastöroitua, ja mustikkapitoisuus on 9 %. Tuotelaatu ja reseptin toteutuminen varmistetaan refraktometrillä tehdyllä brix-mittauksella, jonka tavoitearvo mustikkakeitolla on 10,6 °Brix. Laadunvarmistamiseen kuuluu myös joukko muita toimenpiteitä, kuten aistinvarainen arviointi, myyntiinhyväksyntä ja mikrobiologiset analyysit.

Tuotteen tasalaatuisuus on tärkeä asia niin yritykselle kuin asiakkaallekin. Tuotelaadun ollessa yli tavoitearvon kuluu raaka-ainetta suunniteltua enemmän vaikuttaen tehtaan tulokseen. Tuotelaadun vaihtelu vaikuttaa kuluttajan saamaan kokemukseen tuotteesta. Mikäli kuluttaja ei saa ostaessaan aina samanlaista eli tasalaatuista tuotetta ja ole siihen jokaisella ostokerralla tyytyväinen, asiakas voi päättää ostaa tuotteen muualta.

Yrityksessä oli havaittu mustikkakeiton tuotelaadussa eli brix-mittaustuloksissa vaihtelua. Työn tavoitteena oli vähentää mustikkakeiton laadunvaihtelua ja saada tuotelaatu vastaamaan tarkemmin spesifikaation määritelmää. Lean six sigman työkaluja hyödynnettiin ongelman syntymiseen vaikuttavien tekijöiden selvittämisessä ja juurisyiden tunnistamisessa, ja näihin tunnistettuihin juurisyihin tehtiin muutoksia prosessissa. Projektin kulku määräytyi lean six sigman DMAIC-vaiheiden (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) mukaisesti.

Projekti käynnistettiin Valio Oy Helsingin mehutehtaalla tammikuussa 2019 ja muu projektitiimi koostui mehutehtaan työntekijöistä. Projektin DMAIC-vaiheista määrittäminen, mittaus ja analysointi sekä parantamisen toimenpidesuunnitelma saatiin valmiiksi

kesäkuuhun 2019 mennessä. Tämän jälkeen yrityksessä jäi tehtäväksi parantamisvaiheen toimenpidesuunnitelman täytäntöönpano ja ohjausvaihe, jotka toteutettiin kesän ja syksyn 2019 aikana. Ohjausvaiheen seurantatulokset saatiin keväällä 2020.

## 2 Marjakeitto

### 2.1 Marjakeiton määritelmä ja valmistusprosessi

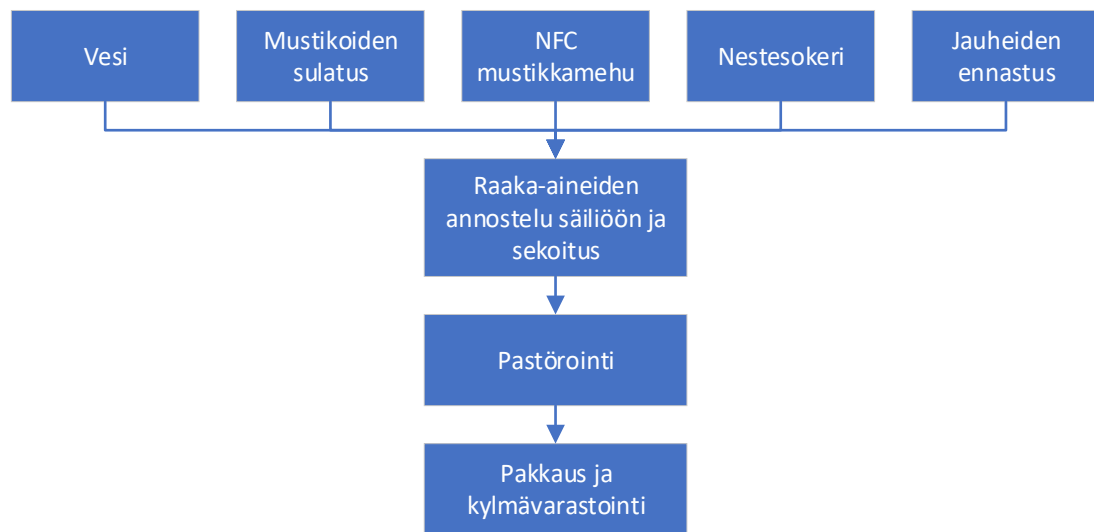
Valion mustikkakeitto (kuva 1) on rakenteeltaan juotavaa tai lusikoitavaa marjakeittoa, jossa marjat ovat murskattuina ja tasaisesti jakautuneena keittoon. Marjakeitto on tarkoitettu nautittavaksi sellaisenaan välipalana, jälkiruokana, puuron kera tai pirtelön ainesosana. Valio mustikkakeiton raaka-aineita ovat vesi, sokeri, mustikka (6,4 %), mustikkätäysmehu (2,6 %), sakeuttamisaine guarkumi, muunnettu maissitärkkelys, happamuudensäätöaine sitruunahappo ja C-vitamiini. Marjapitoisuus on yhteensä 9 %. [Valio Mustikkakeitto.]



Kuva 1. Valio Mustikkakeitto [Valio Mustikkakeitto].

Lainsäädännöllisesti marjakeitto kuuluu muihin nestemäisiin marja- ja hedelmätuotteisiin, jotka eivät koostumukseltaan vastaa täysmehua, nektaria, mehua, hilloa, hyytelöä

ja marmeladia koskevien määräysten mukaisia tuotteita. Muita nestemäisiä marja- ja hedelmätuotteita voivat olla esimerkiksi mehujuomat, mehujuomatiivisteet, marjavalmistet ja marjakeittovalmistet. Tällaisten tuotteiden täysmehun ja sokerin määrää ei ole rajoitettu lainsäädännöllisesti, vaan valmistaja itse määrittelee tuotteen marja-, täysmehu- ja sokeripitoisuudet. Pakkausmerkinnöissä on ilmoitettava tuotenimessä mainittujen ainesosien määrät. Marjakeiton sisältämän mustikan ja mustikkatäysmehun (kuva 2) määrät on ilmoitettava erikseen. [Nurttila 2015; Nurttila 2010; 2001/112/EY 2001; 2001/113/EY 2001.]



Kuva 2. Mustikkakeiton valmistusprosessin karkea prosessikuvaus.

Kuvassa 2 esitetään yksinkertaistettu marjakeiton valmistusprosessi. Marjakeitto valmistetaan tuotereseptiä seuraten annostelemalla sulatetut marjat ja muut raaka-aineet valmistussäiliöön ja sekoittamalla raaka-aineet keskenään säiliössä, minkä jälkeen marjakeitto pastöroidaan, pakataan ja kylmävarastoidaan. Valmistusmäärät perustuvat tuotantosuunnittelijan laatimaan viikoittaiseen tuotantosuunnitelmaan, jonka perustana ovat toteutunut myynti ja myyntiennusteet. Säiliöön valmistetaan keskimäärin 15 000 litran tuote-erä mustikkakeittoa, mutta päivän tuotantosuunnitelman mukainen valmistusmäärä voi hyvinkin olla 45 000 litraa, mikä valmistetaan useammassa erässä. Mustikkakeittoa valmistetaan tavallisesti kahtena päivänä viikossa. [Autio ym. 2020.]

## 2.2 Marjakeiton laadunvarmistaminen

Marjakeiton tuotelaadunvarmistamisen menetelmiä tehtaalla ovat muun muassa brix-mittaus, aistinvarainen arviointi, myyntiinhyväksyntä, mikrobiologiset analyysit, pH-mittaus, lisättyjen vitamiinien pitoisuusmääritykset ja proteiinijäämätutkimukset. [Autio ym. 2019.] Reseptin toteutuminen todennetaan refraktometrillä tehtävällä brix-mittauksella. Brix-mittausta käytetään marjakeittojen lisäksi tyypillisesti mehujen tuotelaadun mittaamisessa. Brix-arvo kuvaa tuotteen sokeripitoisuutta ja sokerin suhdetta happopitoisuuteen. Marjakeittojen ja mehutuotteiden sokerit ovat pääosin sakkaroosia, glukoosia ja fruktoosia. Sokeripitoisuus ilmoitetaan symbolilla °Brix tai °Bx. [The Orange Book, 1998:18.]

Mustikkakeiton myyntiinhyväksynnän spesifikaatorajat ovat 9,6–11,6 °Brix, brix-tavoitearvo tuotteelle on 10,6 °Brix. Nykyisessä prosessissa tuotteen brix-arvo mitataan useasti valmistuksen aikana ennen pastörintia, heti pakkaamisen jälkeen pastöroidusta tuotteesta, laboratoriossa seuraavana päivänä pakkaamisesta ja parasta ennen -päivänä. Tulokset kohdistetaan tuote-erälle ja kirjataan SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. [Autio ym. 2019.]

Aistinvaraisessa laadunarvioinnissa arvioidaan aistittavia tuotteen ominaisuuksia, jotka ovat maku, suutuntuma, koostumus, rakenne, ulkonäkö, väri ja haju. Arvioinnissa käytetään vertailunäytteenä edeltävien valmistuserien tuotteita. Tuotteen maun, hajun, ulkonäön ja rakenteen ominaisuuksia arvioidaan useita kertoja ennen tuotteen lähtöä tehtaalta asiakkaalle. Aistinvarainen laadunarviointi hajun, rakenteen ja ulkonäön osalta tehdään ennen pastörintia, mutta pastöroidun tuotteen ei vaadita maisteltavan, koska pastörinti varmistaa tuotteen mikrobiologisen turvallisuuden. Pastöroidun ja pakatun tuotteen aistinvaraisen laadunarvioinnin ja myyntiinhyväksynnän maistoinen suorittaa myyntiinhyväksynnän koulutuksen saanut tuotepakkaaja. Seuraavana päivänä pakkaamisesta ja parasta ennen -päivänä aistinvarainen laadunarviointi maisteluineen tehdään laboratoriossa. Ongelmatilanteissa tehtaan elintarviketurvallisuusryhmä tekee laadunarvioinnin ja tekee tarvittavat toimenpiteet arvioinnin perusteella. [Autio ym. 2019.]

Marjakeiton rakennetta ei mitata tällä hetkellä mehutehtaalla, mutta rakennetta voitaisiin mitata laboratoriossa viskositeettimittauksin valmiista pastöroidusta tuotteesta osana

laadunarviointia. Tuotteen viskositeettimäärityksillä voitaisiin saada keinoja selvittää tuotteen rakenteeseen liittyviä kuluttajapalautteita, kuten palautteisiin kokemuksesta tuotteen vetisyydestä.

### 3 Lean six sigma

#### 3.1 Elintarvikkeen laatu yleisesti

Yksiselitteinen laadun määrittäminen on vaikeaa. Laatu on subjektiivinen käsite, ja sen sisältö ihmisten mielissä on erilainen. Laadukas hyödyke on yleisesti kuvattuna turvallinen, käyttötarkoitukseensa sopiva sekä asiakkaan tarpeet, odotukset ja mielikuvan täyttävä. [Laatutyö elintarvikeketjussa 2011: 11.]

Elintarvikkeen laadun perustana on lakisääteinen laatu eli EU-säädökset ja kotimaiset säädökset. Kansalliseen elintarvikelainsäädäntöön kuuluu esimerkiksi elintarvikelaki ja -asetukset, joiden toteutumista valvovat viranomaiset. Strateginen laatu on lakisääteisen laadun ylittävää työtä, jota tehdään vapaaehtoisin sitovin sopimuksin, joista esimerkkeinä ovat ympäristösopimukset, kansallisen tason eläinterveydenhuollon sopimukset ja hyvän tuotantotavan noudattaminen. Yrityksen ja tuotteen erityislaatu on kuluttajalle näkyvin laadun osa-alue, johon sisältyy jotain erityistä yrityksen omalla toiminnalla aikaansaattua laatua tuotteiden tai tuotantotapojen erilaistamisella ja lisäarvolla. [Laatutyö elintarvikeketjussa 2011: 10.]

Asiakaskeskeinen laatu ja tuotelaatu tarkastelevat tuotteen ja yrityksen toiminnan laatuvaatimuksia asiakaslähtöisesti. Elintarvikkeen laadunarvioinnin lähtökohtana kuluttajan näkökulmasta on tuotteen turvallisuus ja maistuvuus. Esille nousevat myös tuoreus, luonnollisuus, terveellisyys, paikallisuus, kotimaisuus, kestävä kehitys, ympäristö vastuullisuus ja eettisyys. Kuluttaja myös odottaa elintarvikkeen olevan jokaisella ostokerralla samanlainen eli tasalaatuinen. [Mitä korkea laatu tarkoittaa kuluttajille?]

Laatu ja hinta kulkevat käsi kädessä ja usein puhutaan hinta-laatusuhteesta. Laadukkaan tuotteen koetaan antavan rahoille vastinetta. Vähemmän laadukasta tuotetta

voidaan pitää riittävän laadukkaana, jos sen hinta on sopiva. [Mitä korkea laatu tarkoittaa kuluttajille?]

Lean six sigma kuvaa tuotteen ja palvelun laatua seuraavasti. Koska olemme kaikki myös asiakkaita, voimme helposti omaksua asiakkaan tarpeet. Kun tuote on tilattu, se halutaan toimitettavan niin nopeasti kuin on mahdollista ja ajallaan, korkealaatuisena ilman virheitä ja alhaisimmalla mahdollisella hinnalla. Nykyään ajatellaan, että vain asiakkaat voivat määritellä laadun. Asiakkaat päättävät kuluttavatko he rahojaan yrityksen palveluihin tai tuotteisiin. He valitsevat omiin tarpeisiinsa sopivimman tuotteen vertailemalla yrityksen tuotetta vasten kaikkea muuta markkinoilla tarjolla olevaa. Markkinaa johtavat ne yritykset, jotka käyttävät aikaa nähdäkseen kaiken asiakkaidensa näkökulmasta ja toimittavat sitä, mitä asiakkaat haluavat. Ulkoisten asiakkaiden lisäksi voidaan ajatella myös yrityksen sisäisiä asiakkaita, kuten kollegoja, ja kysyä heiltä, mikä on tärkeintä heille tuotetussa tiedossa, palvelussa tai tuotteessa. VOC (Voice of Customer) on lyhenne six sigman työkalusta asiakkaan ääni -kysely ja työkalun tarkoituksena on tarjota tekniikoita kartoittaa asiakkaan odotukset ja tarpeet yrityksen palvelua tai tuotetta kohtaan. [George ym. 2005: Chapter 2.]

### 3.2 Lean six sigman määritelmä

Lean six sigma on ongelmanratkaisumetodi, jonka tavoitteena on parvella asiakasta paremmin tuottamalla korkeampilaatuisia palveluita tai tuotteita lyhyemmässä ajassa. Tärkeää on, että kaikki päätökset ja muutokset palveluun tai tuotteeseen lähtevät asiakkaasta. [George ym. 2005: Chapter 2.] Menetelmän avulla voidaan parantaa prosessia eliminoimalla viat, jotka eivät täytä tai vastaa asiakkaan vaatimuksia ja tarpeita. Tarkasteltaessa prosessia keskitytään siihen, kuinka työ kulkee prosessin läpi. Tuotteen, palvelun ja prosessin tasalaatuisuus on tärkeää, jotta asiakas on jatkuvasti tyytyväinen saamaansa tuotteeseen. Asiakas haluaa tietää, mitä seuraavalla ostokerralla saa, ja voi ostaa tuotteen muualta, mikäli tuote ei miellytä häntä jokaisella ostokerralla. [George ym. 2005: Chapter 1.]

Lean six sigman avulla ongelmaa voidaan ajatella uudella tavalla innovatiivisesti. Prosessin eri vaiheissa työskentelevät ihmiset voivat ratkaista ongelman tiimityön avulla jakamalla ideoita toisilleen. Kaikki tehtävät päätökset perustuvat dataan ja muutos voidaan

todentaa dataan perustuen. Prosessista kerätyn datan avulla selvittää, tapahtuuko prosessissa oikeasti sellaisia ongelmallisia asioita, kuin siinä oletetaan tapahtuvan sekä havaitaan sellaisia ongelmatekijöitä, joita ei ole välttämättä aiemmin huomattu edes ajatella. Data auttaa myös löytämään ne tekijät, jotka aiheuttavat eniten ongelmia. [George ym. 2005: Chapter 1.]

Haluttaessa pienentää prosessin kustannuksia tai parantaa nopeutta tai laatua huomataan nopeasti, että mitään näistä ei voida saavuttaa ilman, että niitä kaikkia kehitetään samanaikaisesti. Tämä johtuu siitä, että prosessi, jossa tapahtuu paljon virheitä, ei voi pitää yllä sen nopeutta. Hitaasti toimiva prosessi on altis virheille. Avain tässä on katsoa kokonaisprosessin nopeutta, ei sitä kuinka nopeasti yksittäinen ihminen tai laite toimii. Huonot asiat tapahtuvat, kun työ odottaa tekemättömänä. Haluttua laatutasoa alempi laatu ja hidas prosessi tekevät prosessin kustannuksista kalliit. Tekemätöntä ja kesken-eräistä työtä ei voida laskuttaa, mutta rahaa on kuitenkin kulutettu. [George ym. 2005: Chapter 2.]

### 3.3 Lean six sigman viisi lakia

Lean six sigman viisi lakia kuvaavat metodin periaatteet, joita käytetään projektien valinnassa ja tehtäessä parantamis- ja kehityshankkeita. Lean six sigman viisi lakia ovat

- Markkinan laki: Asiakkaan tarpeet määrittävät laadun, mikä on tärkein prioriteetti parantamiselle ja edellytys liikevaihdon jatkuvalle kasvulle.
- Joustavuuden laki: Prosessin nopeus on verrannollinen prosessin joustavuuteen. Kun halutaan olla nopeita, kaikki tuottavuutta heikentävät tekijät täytyy poistaa prosessista. Siirryttäessä prosessin vaiheesta toiseen joustavasti, on toimintojen ja ihmisten tehtävänä olevan vaihdon tapahduttava helposti.
- Kohdistamisen laki: Data osoittaa, että prosessin toiminnoista 20 % aiheuttaa 80 % ongelmista ja myöhästymisistä, joita kutsutaan usein aikavarjaksi. Keskittämällä huomio ja toimenpiteet näihin, saadaan aikaan suurin edistyminen.
- Nopeuden laki: Prosessin nopeus on käänteisesti verrannollinen prosessissa olevien vaiheiden ja työn määrään. Kun vaiheiden määrä nousee, nopeus laskee ja päinvastoin. Vähentämällä prosessin vaiheiden ja työn määrää yksinkertaistamalla prosessia ja poistamalla turhia työvaiheita voidaan nopeuttaa prosessia.

- Monimutkaisuuden ja kustannusten laki: Monimutkainen tuotevalikoima lisää yleensä kustannuksia sekä vaiheiden ja työn määrää, jolloin yhtenä parantamistavoitteena saattaa olla tuotteiden tai palveluiden määrän vähentäminen. Tämän johtamispäätöksen on kuitenkin perustuttava talous- ja markkinatietoihin. [George ym. 2005: Chapter 6.]

### 3.4 DMAIC, lean six sigma -projektin kulku

Ongelmanratkaisu lean six sigma -metodia käyttäen etenee viiden vaiheen kautta, josta käytetään lyhennettä DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Vaiheita ovat määritä, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa. [George ym. 2005: Chapter 8].

*Määrittämissä* (define) tavoitteena on määrittää yhteisesti ymmärretyt ja hyväksytyt tavoitteet ja prioriteetit projektille sekä saavutetaan johdon hyväksymä realistinen laajuus ja rajaus projektille. Asiakasvaatimukset selvitetään ja määritetään projektin onnistumista todentavat avainmittarit. Lisäksi määritetään projektitiimin jäsenet. [George ym. 2005: Chapter 8.]

*Mittausvaiheessa* (measure) arvioidaan ja parannetaan prosessissa olemassa olevia mittaustapoja, kehitetään ja luodaan uusia mittaustapoja, joiden avulla kerätään data-aineistoa. Prosessiin tutustutaan ja tarkkaillaan sitä sekä piirretään yksityiskohtainen prosessikuvaus. Prosessissa voi olla satoja tapahtumia, mutta vain muutama sellainen, millä on todellista merkitystä prosessin kehittämisen kannalta. Tehtävänä on löytää nämä avaintekijät ja eliminoida niin paljon arvoa tuottamatonta työtä kuin mahdollista. [George ym. 2005: Chapter 8.]

Mittausvaiheessa voidaan havaita, nykyisten mittausmenetelmien antavan epäluotettavaa dataa, mikä voi johtua muun muassa ihmisten erilaisista toimintatavoista. Jotta lean six sigma -projektin päätökset voivat perustua dataan, on pystyttävä keräämään luotettavaa dataa. Dokumentoidaan, mitä prosessissa oikeasti tapahtuu ja perustetaan päätökset faktaan.

*Analysointivaiheen* (analyze) tarkoituksena on ymmärtää kaikki selvitetty tieto ja data, ja käyttää sitä myöhästymisen, hävikin ja huonon laadun todentamisessa. Vaiheen tavoitteena on löytää johtolangat ongelmien juurisyihin, löytää tavat tehdä prosessista parempi

uhraamatta laatua ja tunnistaa kriittisimmät prosessitekijät. [George ym. 2005: Chapter 8.]

*Parantamisvaiheen* (improve) tarkoitus on tehdä prosessiin sellaisia muutoksia, jotka kohtaavat asiakasvaatimusten kanssa ja jotka eliminoivat myöhästymistä, hävikkiä, kustannuksia ja niin edelleen. Tässä vaiheessa tehdään erilaisten mahdollisten ratkaisujen tunnistaminen luovien harjoitusten avulla. Nykyisiä parhaita ja hyviä tuloksia tuottavia käytäntöjä tarkastellaan ja ratkaisujen valitsemiseksi kehitetään kriteerit. Valittujen ratkaisujen toimiminen oikeassa prosessissa testataan ja suunnitellaan kokonaismittaisen prosessin toteutus. [George ym. 2005: Chapter 8.]

*Ohjausvaiheen* (control) tarkoituksena on varmistaa, että saavutetut hyödyt kestävät ja muutokset ovat pysyviä sekä luoda työmenetelmät ja -välineet, jotka auttavat ihmisiä työskentelemään jatkossa eri tavalla. Projektitiimin on jaettava oppimansa prosessin omistajille ja varmistettava, että prosessissa työskentelevät opastetaan käyttämään uusia työmenetelmiä. [George ym. 2005: Chapter 8.]

Jokaisella lean six sigman DMAIC-vaiheella on omat työkalunsa, joita käytetään projektin luonteen ja tarpeen mukaisesti ongelmanratkaisussa. Määrittämisvaiheen työkaluja ovat muun muassa business case, lintuperspektiivin prosessikuvaus SIPOC-diagrammi (Supplier, Input, Process, Output, Customers, toimittaja, syöte, prosessi, tuotos, asiakkaat), CTQ-asiakasvaatimuspuu (Critical to Quality, kriittinen laadulle), VOC asiakkaan ääni -kysely (Voice of Customer) ja VSM-arvovirtakuvaus (Value Stream Map). Mittausvaiheen työkaluja ovat muun muassa yksityiskohtainen prosessikaavio, aika-arvokartta, pareto- ja parvikaaviot, syy-seurausdiagrammi eli kalanruotokaavio, syy-seurausmatriisi, aivoriihi, datankeräyslistaukset, mittaustarkkuusanalyysi, ajo- ja ohjauskaaviot sekä prosessin kyvykkyysanalyysi. Analysointivaiheen työkaluja ovat tilastolliset varianssi-, regressio- ja aikajana-analyysit. Parantamisvaiheen tärkein työkalu on toimenpidesuunnitelma. Ohjausvaiheen työkaluja ovat ohjaussuunnitelma ja prosessimuutoksien todentamiseen käytetään aiempien mittaus- ja analysointivaiheiden menetelmiä, kuten prosessin ohjauskortit ja kyvykkyysanalyysi. [George ym. 2005: Chapter 11.]

## 4 Mustikkakeittoprosessin laadun parantaminen lean six sigman avulla

### 4.1 Määrittelyvaihe (define)

#### 4.1.1 Projektiryhmän määrittäminen

Mustikkakeittoprosessin laadunparantamishankkeen projektiryhmän jäsenet valittiin tehtaan henkilöstöstä, ja tavoitteena oli saada tarkasteltavien prosessinvaiheiden käyttäjät ja omistajat ratkaisemaan tunnistettu ongelma lean six sigma -menetelmällä. Eri prosessinvaiheissa työskentelevät tuovat eri näkökulmasta tietoa ja näkemyksiä, jolloin ongelman ja prosessin tarkastelu on moniulotteista. Projektiryhmän jäseninä olivat tuotepakkaaja, laborantti, valmistusvastaava, tuoteasiantuntija ja tuotekehittäjä sekä tehdaspalvelupäällikkö ja insinööriyöntekijä.

Projektityön suurin työpanos kohdistui projektipäällikölle ja insinööriyöntekijälle. Muu projektiryhmä osallistui projektiin pääasiassa projektipalaverieissa ja asiantuntijaroolissa. Insinööriyöntekijän rooli oli projektitukena toimiminen, ja työ alkoi viikon mittaisella tutustumisella tuotantoprosessiin. Insinööriyöntekijän tehtäviin kuuluivat työvaiheiden esivalmistelut ja -luonnokset, viikoittaisiin projektipalaveriinhin osallistuminen tehtaalla, tuotantovierailut projektin aikana, työvaiheiden valmiiksi saattaminen ja viimeistely palaverien jälkeen. Lisäksi insinööriyöntekijä toteutti projektin mittalaitteanalyysin, VOC-kyseilyn, säästöpotentiaalien laskemisen ja tiedonkeruun. Projektipäällikkö antoi perehdytykset työkalujen tarkoituksista ja käytöstä. Projektipäällikkö teki kerätyllä data-aineistolla Minitab-tilasto-ohjelmalla analyysit, koska ei katsottu tarpeelliseksi, että insinööriyöntekijä opettelee ohjelman käyttöä ja tämä sopi myös aikataulullisesti paremmin.

Pastöroinnin vaikutuksen selvittäminen tehtiin omana alaprojektina, jossa projektinvetäjänä toimi tehtaanjohtaja. Projektiryhmän muut jäsenet olivat tuotevalmistaja, tuoteasiantuntija ja insinööriyöntekijä. Insinööriyöntekijän rooli alaprojektissa oli asiantuntijuus ja yhteys pääprojektiin.

Projektissa käytettiin Microsoft Power Point -muotoista lean six sigma -projektipohjaa, joka toimii projektin raporttina. Tätä sekä projektipalaverieissa saatuja tietoja keskusteluista käytetään lähteenä insinööriyössä.

#### 4.1.2 Projektin tavoite ja rajaus

Projektin alussa määritellään kehittämisprojektin business case eli liiketoimintahankkeen kuvaus (kuva 3), johon kuvataan selvitetävän ongelman nykytila ja projektin tavoitteet mahdollisimman tarkasti. Mahdolliset hyödyt arvioidaan ja määritetään yhteys yrityksen strategiaan tavoitteisiin [Puhakka 2019: 57].

Ongelman kuvaus, nykytila:	Projektin tavoitteet:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marjakeittojen tuotelaatua mitataan brix-arvolla. Tällä hetkellä useiden tuotteiden laatu on yli tavoitteen. Tämä tarkoittaa sitä, että raaka-ainetta kuluu suunniteltua enemmän. Tämä vaikuttaa suoraan tuotteen valmistuskustannukseen ja tätä kautta tulokseen.</li> <li>- Tavoitteen ylityksen lisäksi tuotteiden laadussa on tunnistettu myös merkittävä vaihtelu tuotantoerien välillä. Tämä vaikuttaa tuotteen tasalaatuisuuteen, ja tätä kautta kuluttajan saamaan kokemukseen tuotteesta.</li> <li>- Tuotteen laadun säätäminen on tällä hetkellä melko aikaa vievää työtä.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tavoite on parantaa tuotteen laatu vastaamaan speksin määritelmää. Toinen tavoite on vähentää vaihtelua ja parantaa tuotteen tasalaatuisuutta.</li> <li>- Projektiin valitaan tarkasteluun yksi tuote, mutta lopullinen tavoite on tasoittaa koko tuoteryhmän vaihtelu.</li> </ul>
Linkki strategiaan/ KPI mittareihin:	Hyödyt ja säästöt:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- #2021-hankkeen yksi pääteemoista on hävikin vähentäminen. Tällä projektilla vastataan osaltaan juurikin tähän haasteeseen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehtaan tuloksen parantuminen</li> <li>- Resurssien tehokkaampi käyttö</li> <li>- Työtyytyväisyyden parantuminen</li> <li>- Tuotteen tasalaatuisuus</li> <li>- Kuluttajapalautteiden väheneminen</li> </ul> <p>- Säästöpotentiaali mustikkakeiton osalta 20 000 €</p>

Kuva 3. Mustikkakeittoprosessin laadun parantamisprojektin business case [Autio ym. 2020].

Projektissa tehty business case esitellään kuvassa 3. Valion Pitäjänmäen mehutehtaalla on havaittu olevan laadunvaihtelua valmistuserien välillä mehu- ja marjakeittotuotteilla. Laadunvaihtelu heikentää tuotteen tasalaatuisuutta ja vaikuttaa kuluttajan saamaan kokemukseen tuotteesta. Lisäksi useiden tuotteiden laatu on keskimäärin yli tavoitteen. Tämä tarkoittaa sitä, että raaka-ainetta kuluu suunniteltua enemmän vaikuttaen suoraan valmistuskustannukseen ja tehtaan tulokseen. Projektin tavoitteeksi asetettiin seuraavat: 1) parannetaan tuotteen laatu vastaamaan spesifikaation määritelmää, ja 2) vähennetään tuotelaadun vaihtelua, ja 3) parannetaan tuotteen tasalaatuisuutta. Projektin tavoittelemat hyödyt ovat tehtaan tuloksen parantaminen, resurssien parempi käyttö, tuotteen tasalaatuisuus ja kuluttajapalautteiden väheneminen. [Autio ym. 2020.]

Lähtötilanteen ja ongelman laajuuden selvittämiseksi tarkasteltiin tuotantolukuja 15 suurivolyymisimman marjakeiton ja 15 suurivolyymisimmän mehutuotteen osalta. Tarkoituksena oli määrittellä tarkastelua vaativia tuotteita ja tarkastelujärjestystä. Selvityksestä tehtiin kooste tuotteiden tuotantomääristä, tuotteille kohdistuvista maitokatteista, tuotteille määritetyistä brix-tavoitearvoista, toteutuneista brix-mittaustulosten keskiarvoista ja niiden vaihteluista.

Eniten valmistettujen tuotteiden joukosta löytyi tuotteita, joiden brix-mittaustulosten keskiarvo on sekä tuotekohtaisen brix-tavoitearvon ylä- että alapuolella. Projektin tavoitteiden mukaisesti ensisijaisesti oltiin kiinnostuneita tuotteista, joiden brix-mittaustulokset olivat keskiarvoltaan yli brix-tavoitearvon ja lisäksi tarkasteltavan tuotteen valintaan vaikutti mittaustuloksissa esiintyvän vaihtelun suuruus. Projektin valittiin tarkasteluun yksi tuote, mustikkakeitto, mutta lopullinen tavoite on tasoittaa koko tuoteryhmän tuotelaadun vaihtelu. Tuoteryhmällä tarkoitetaan kaikkia mehutehtaalla valmistettavia täysmehuja, mehujuomia ja marjakeittoja. Mustikkakeitto valittiin tarkasteluun, koska suurivolyymisistä tuotteista sillä todettiin olevan merkittävää vaihtelua tuotelaadussa eli vaihtelua brix-mittaustuloksissa. Lisäksi se on keskiarvoltaan ylilaatuista eli brix-mittaustulosten keskiarvo on yli brix-tavoitearvon. [Autio ym. 2019].

Mustikkakeiton vuosittainen säästöpotentiaali on noin 20 000 €. Säästöpotentiaali laskettiin alla olevalla kaavalla vähentämällä toteutuneesta tuotteen maitokatteesta laskennallinen maitokate, kun brix-mittaustulosten keskiarvo on tavoitteessa. Tulos käytetyllä laskukaavalla on suuntaa antava, ei tarkka. Merkittävimmät tulokseen vaikuttavat tuotteet, joiden mittaustulosten keskiarvo on yli brix-tavoitearvon ovat Mansikkakeitto soke-riton, Karviais-boysenkeitto sokeriton, Mustikkakeitto, Vadelma-persikkakeitto sokeriton ja Mansikkakeitto. Näiden tuotekohtaiset säästöpotentiaalit ovat noin 10 000 € ja 60 000 €:n välillä. [Autio ym. 2020.]

$$\text{Säästöpotentiaali (€)} = \text{Tuotteen maitokate (€)} - \frac{\text{Tuotteen maitokate (€)} * \text{Tavoitebrix}}{\text{Toteutunut brix (v. 2018 ka)}}$$

Maitokate tarkoittaa liikevaihdosta jäävää osaa, kun liikevaihdosta vähennetään kaikki muut kulut paitsi poistot ja omistajille maksettu maidon tuottajahinta ja osakaslainan korko. Tuotteelle kohdistuva maitokate lasketaan tuotteelle asetettujen kulukertoimien avulla suhteessa valmistusmäärään. Kulukertoimiin voidaan huomioida esimerkiksi

raaka-ainekustannukset erilaisilla tuotteilla, prosessilinjojen pastörintilaitteiden ja pakkauskoneiden kilpinopeuksien erojen vaikutus käyttöhyödykekustannuksiin sekä henkilöresurssitarpeen erojen vaikutus kustannuksiin eri tuotantoprosesseilla. Valion liiketoiminnan menestystä ei voida mitata perinteisellä liikevoitolla, sillä maitotuotto on verrattavissa yritysten myyntikatteeseen. Maitotuotto lasketaan vähentämällä maitokatteesta investointien rahoitustarve ja jakamalla se omistajien toimittamalla maitomäärällä. [Kaikki tuotot maitotiloille.]

#### 4.1.3 Projektin mittarit

Avainmittareiden (taulukko 1) tarkoituksena on mitata ja kuvata projektin tavoitteiden toteutumista ja prosessin suorituskykyä nykytilassa. Mittareille asetetaan tavoitearvot, jotka halutaan saavuttaa kehityshankkeen avulla. Avainmittareilla pystytään osoittamaan projektin onnistumista projektin ohjausvaiheessa. [Puhakka 2019: 65–66.]

Taulukko 1. Projektin avainmittarit, joilla voidaan todentaa projektin muutoksen onnistumista. Kuluttajapalautteiden ppm kuvaa palautteiden määrää suhteessa valmistettuihin mustikkakeittoihin.

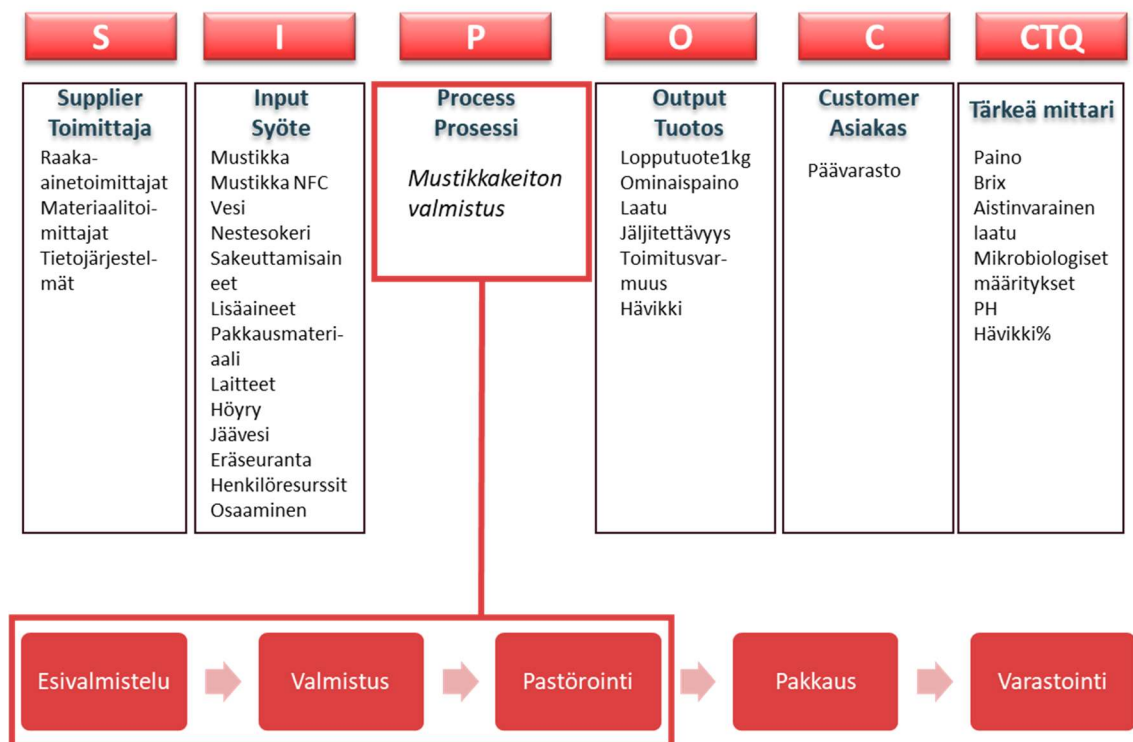
Mittari	Nykytila v. 2018	Tavoite
Brix-mittaustulosten keskiarvon ero brix-tavoitearvoon	0,17	0,09
Brix-mittaustuloksien hajonta	0,11	0,06
Vapa (kuluttajapalautteet: maku, rakenne , ulkonäkö)	3,81 ppm	2 ppm

Taulukossa 1 esitetään projektin avainmittarien nykytila ennen parantamistoimenpiteitä ja tavoitteet, jotka hankkeella pyritään saavuttamaan. Koska valmistusreseptin toteutuminen ja tuotelaatua mitataan nykyisessä prosessissa brix-mittauksella, valitaan projektin avainmittareiksi brix-mittaustulosten keskiarvon ero brix-tavoitearvoon ja brix-mittaustulosten hajonta. Lisäksi avainmittariksi valitaan kuluttajapalautteet, josta käytetään lyhennettä vapa (vapaa palaute), joka ilmoitetaan ppm-arvona eli kuluttajapalautteiden määrä suhteessa valmistettujen tuotteiden määrään. [Autio ym. 2020]. Asiakkaiden ja kuluttajien lähettämät palautteet kirjataan MMC-tuotantojärjestelmään (Modern Management

Concept), josta ne voidaan kohdistaa tarkasti tuote-eräänsä, mikäli palautteen antaja on antanut riittävästi tietoja pakkausmerkinnöistä.

#### 4.1.4 SIPOC-prosessikuvaus

SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customers, toimittaja, syöte, prosessi, tuotos, asiakkaat) on ylätason eli lintuperspektiivin prosessikuvaus (kuva 4), joka tarjoaa olennaista tietoa prosessista yhdellä silmäyksellä. Se auttaa yhteisen näkemyksen luomisessa tarkasteltavaan kokonaisuuteen ja sopii projektin fokuoimiseen ja rajaamiseen. Toimittajalla tarkoitetaan tekemiseen tarvittavien syötteiden toimittajaa. Syötteet ovat materiaaleja, resursseja, tietoa ja menetelmiä, joita tarvitaan tekemisessä. Prosessi on toimenpiteiden ketju, jossa syötteistä jalostetaan tuotos. Tuotoksella tarkoitetaan prosessin tuloksena syntyvää tuotetta, palvelua tai tietoa. Asiakkaat ovat prosessin tuotoksen vastaanottajia, jotka voivat olla yrityksen sisäisiä tai ulkoisia asiakkaita. [Puhakka 2019: 77–79.]



Kuva 4. Projektin lintuperspektiivin SIPOC-prosessikuvaus [Autio ym. 2020].

Kuvassa 4 esitellään projektia varten tehty SIPOC-prosessikuvaus. Projektin tavoitteen näkökulmasta prosessin tärkeimmät toimittajat ovat raaka-aine- ja materiaaltoimittajat. Syötteet koostuvat raaka-aineista, materiaaleista ja käyttöhyödykkeistä. Prosessin tuotoksista tärkeimpänä on valmistettu tuote. Asiakkaana on päävarasto ja asiakasvaatimusmittareina ovat tuotteen paino, brix-mittaustulos ja mikrobiologinen ja aistittava laatu. Projektissa tarkasteltavien osaprosessien rajausta määritettiin projektin tavoitteena olevan tuotelaadun vaihtelun vähentämisen mukaan siten, että tarkasteluun otetaan ne osaprosessit, joissa voidaan vaikuttaa tuotelaadun muodostumiseen. Tarkasteltavat osaprosessit projektissa ovat marjakeiton esivalmistelu, valmistus ja pastörointi. Pastöroinnin jälkeen ei tuotelaatuun voida enää vaikuttaa. [Autio ym. 2020.]

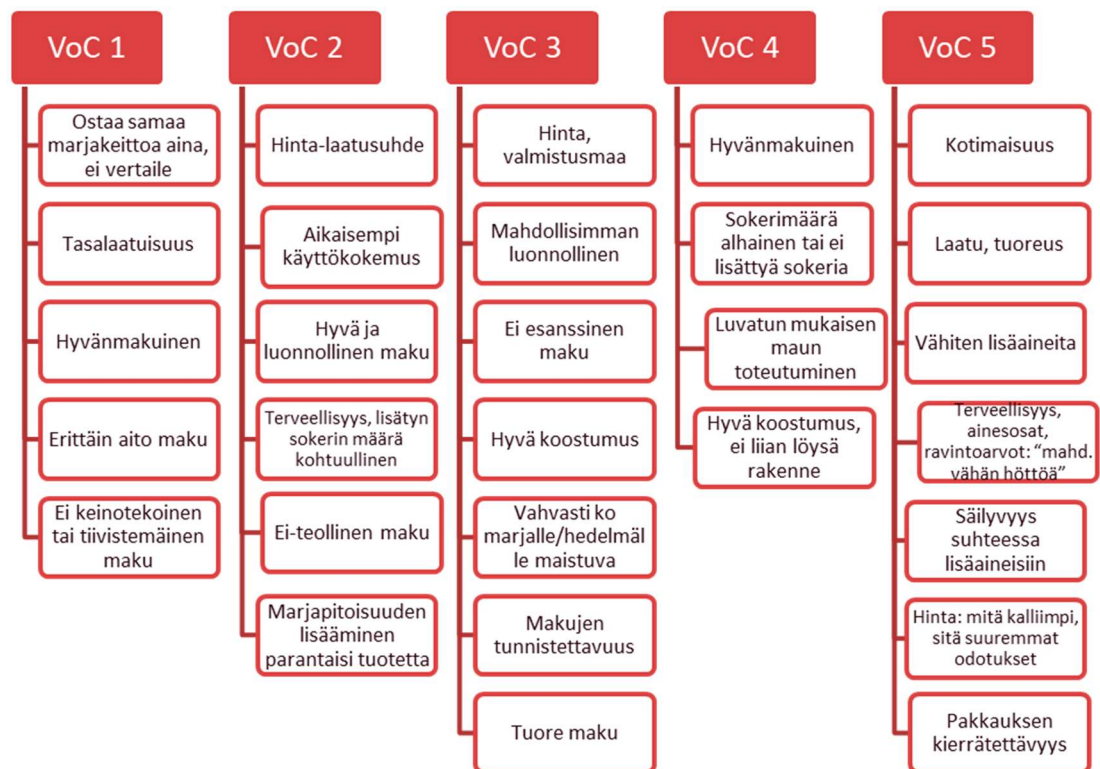
Asiakkaaksi on tässä määritetty päävarasto, koska sen ajateltiin SIPOC-prosessikuvausta tehtäessä olevan projektin asiakas. Tämä pitäisi korjata olemaan kuluttaja, sillä kuluttaja on kiinnostunut tuotteen tasalaatuisuudesta ja tuotelaadun vaihtelun vähentämisestä. Asiakkaan vaatimukset lopulta määrittävät, mitä brix-arvon tulisi olla ja mikä on asiakkaan kokemuksen mukaan ali- ja ylilaatua. Sen sijaan päävarastolla ei olla niinkään kiinnostuneita tuotteen brix-arvosta, vaan ennemminkin tuotteiden oikea-aikaisuudesta ja riittävydestä toimitettavaksi.

#### 4.1.5 VOC asiakkaan ääni -kysely

Asiakkaat päättävät, pidetäänkö tuotetta laadukkaana vai ei. On hyvä muistaa, että asiakkailla on paljon vaihtoehtoja, heillä on korkeat odotukset ja he ovat vaativia johtuen markkinoilla olevien tuotteiden tarjonnan runsaudesta. Tämän takia jokaisessa lean six sigma -projektissa on varmistettava, että projekti on asiakaskeskeinen. On aloitettava kuuntelemalla asiakkaita ja ymmärrettävä keskeiset asiakkaan tarpeet ja vaatimukset. Tätä tarkoitusta varten luodaan VOC tai VOB (Voice of Customer/Business -study, asiakkaan ääni -kysely) (kuva 5). [Lintula & Koivisto 2015: 162–163.]

Aluksi määritellään projektin asiakas, joka voi olla tuotteen loppukäyttäjä eli kuluttaja, ulkoinen asiakas, tukkumyyjä, jakelija, ylempi johto, sisäinen asiakas, seuraava prosessin vaihe tai kollega. VOC voidaan tehdä aivoriihen avulla käyttäen apuna olemassa olevaa dataa, kuten asiakasvalituksia ja -palautteita sekä tuotepalautustietoja. VOC

voidaan toteuttaa myös asiakkaita haastattelemalla ja kyselyillä. [Lintula & Koivisto 2015: 164, 166.]



Kuva 5. Projektin VOC asiakkaan ääni -kyselyn yhteenveto. VoC 1-5 ovat asiakasprofileja, jotka kuvaavat kyselyyn osallistuneen vastauksia tai useamman samantyyppisesti vastanneen osallistujan koostetta.

Projektin Voice of Customer -kyselyllä (kuva 5) haluttiin selvittää, millaiset odotukset kuluttajalla on marjakeittoja ja mehuja kohtaan, sekä millaiset tekijät vaikuttavat ostopäätökseen [Autio ym. 2019]. Kysely toteutettiin ennen tarkasteltavan tuotteen lopullista valintaa, ja siksi kyselyssä olivat mukana marjakeittojen lisäksi myös mehut.

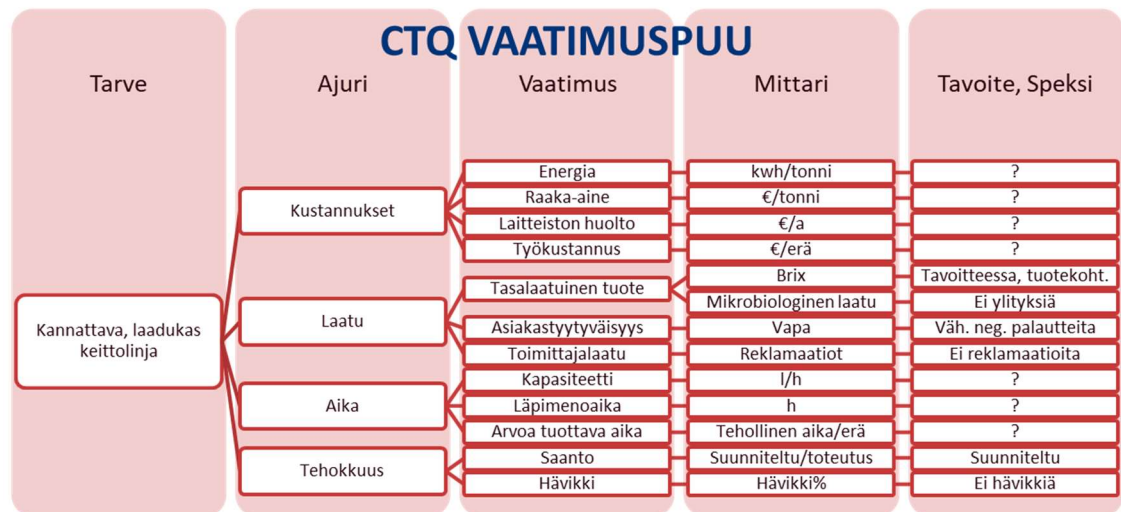
VOC toteutettiin suppealla asiakaskyselyllä Google Forms -muotoisena verkkokyselynä, jossa neljään kysymykseen vastattiin vapaamuotoisesti tekstikenttiin. Kysely lähetettiin 30 henkilölle, jotka valittiin kyselyn tekijän tuntemista henkilöistä ja valintaan vaikuttivat muun muassa seuraavat tekijät: 1) henkilöllä ei ole kytköstä mehutehtaaseen, ja 2) pyrittiin saamaan näkemys mehu- ja marjakeittotuotteista sekä niiden laadunarvioinnista ja ostopäätökseen vaikuttavista tekijöistä niin sanotuilta tavallisilta kuluttajilta, ja 3) henkilöillä on erilaiset taustatiedot, kuten sukupuoli, ikä, asuinpaikkakunta Suomessa ja

ammattiala, ja 4) henkilöitä, joilta voitiin odottaa vastauksia kyselyyn nopealla ja rajallisella aikataululla. Vastauksia saatiin 16 kappaletta ja vastaajissa oli sekä miehiä että naisia, joiden ikäjakauma oli 20–60 ikävuoden välillä, he olivat eri ammattialoilta ja eri puolilta Suomea. Vastaajien taustatietoja ei ollut syytä kerätä, joten kysely tehtiin nimettömänä. Vastauksien mukaan laadittiin asiakasäänet eli asiakasprofiilit tiivistämällä vastaukset ytimekkäiksi avainsanoiksi ja koottiin yhteenvedoksi asiakkaittain.

VOC-kyselyn yhteenvedosta (kuva 5) nähdään kuluttajan odottavan tuoteryhmän tuotteilta tasalaatuisuutta sekä hyvää aitoa marjan tai hedelmän makua. Vastauksien perusteella nähdään, että aiempi kokemus tuotteesta vaikuttaa seuraavaan ostopäätökseen ja hyväksi todettua tuotetta ostetaan uudestaan ja jopa säännöllisesti. Vastaukset tukevat projektin tavoitteena olevaa laadunvaihtelun tasaamista tavoitteeseen. Kuluttaja arvostaa myös kotimaisuutta, kohtuullista sokeripitoisuutta, terveellisyyttä ja lisäaineiden vähäistä määrää.

#### 4.1.6 CTQ-vaatimuspuu

CTQ-puuta (Critical to Quality, kriittinen laadulle) eli kriittiset laatuvaatimukset -työkalua käytetään asiakasvaatimusten tunnistamisessa ja niiden listaamisessa mitattaviksi operatiivisiksi parametreiksi [CTQ Tree]. Vaatimuspuuhun (kuva 6) määritellään asiakkaan tarve, siihen vaikuttavat ajurit, vaatimukset ajureille sekä näiden mittarit ja tavoitteet. Yhdessä LSS-projektissa (lean six sigma) voidaan tyydyttää vain osaa VOC-tarpeista ja vaatimuspuussa tunnistetuista toimenpiteistä. [Lintula & Koivisto 2015: 172.]



Kuva 6. Projektin CTQ-asiakasvaatimuspuu [Autio ym. 2020].

Projektin CTQ-vaatimuspuuhun (kuva 6) määritettyyn kannattavaan ja laadukkaaseen keittolinjaan vaikuttavia ajureita ovat kustannukset, laatu, aika ja tehokkuus. Näistä ajureista avainasemassa on laatu, jonka vaatimuksia ovat tasalaatuinen tuote, asiakastyytyväisyys ja toimittajalaatu. Vaatimusten mittareina toimivat brix-arvo, mikrobiologinen laatu, vapaa palaute ja reklamaatiot, joille kaikille on jo olemassa asetetut tavoitearvot ja -rajat. [Autio ym. 2020.]

Vapaita palautteita tulee kuluttajilta, ja missä palaute voi liittyä tuotteen aistittavaan laatuun eli makuun, hajuun, rakenteeseen tai ulkonäköön. Palautteita voi tulla myös vierasesineistä tuotteessa, tuotepakkauksen virheistä ja mikrobiologisesta laadusta, kuten homeesta. Kuluttajilta tulevista palautteista on nähtävillä se, että usein palautteen antaja käyttää mehu- ja marjakeittotuotteita säännöllisesti ja huomaa, mikäli tuotteessa on eroja eri ostokerroilla. Reklamaatiot tulevat toimitusketjun eri vaiheista ennen kuin tuote on kuluttajalla. Sisäiseltä asiakkaalta tuleva palaute voi olla esimerkiksi jakeluvarastolta tuleva reklamaatio hajonneesta tuotepakkauksesta. Ulkoisilta asiakkailta, kuten kaupoilta ja tukueilta, tulevat reklamaatiot voivat liittyä esimerkiksi kuljetuksessa kolhiintuneisiin pakkauksiin. Lisäksi asiakkaat välittävät toisinaan kuluttajalta tulleita palautteita.

## 4.2 Mittausvaihe (measure)

### 4.2.1 Prosessikuvaus ja prosessimuuttujien tunnistaminen

Olisi vaikeaa kehittää prosessia, jota ei tunne, ja ilman kuvaa prosessista. Prosessikaavio on yksityiskohtainen kuvaus prosessin vaiheista, syötteistä ja tuotoksista. Prosessikaavio osoittaa hyvin kriittiset toimenpiteet, vuorovaikutuspisteet, vaihtoehdot ja ajat sekä muut prosessin keskeiset näkökohdat. Jotta prosessikaavio on kuvaus siitä, mitä prosessissa oikeasti tapahtuu, parhaiten sen tekemisessä onnistuu tutustumalla prosessiin sen oikeassa ympäristössä ja haastatteleamalla prosessin omistajia ja käyttäjiä. [George 2002: Chapter 11.]

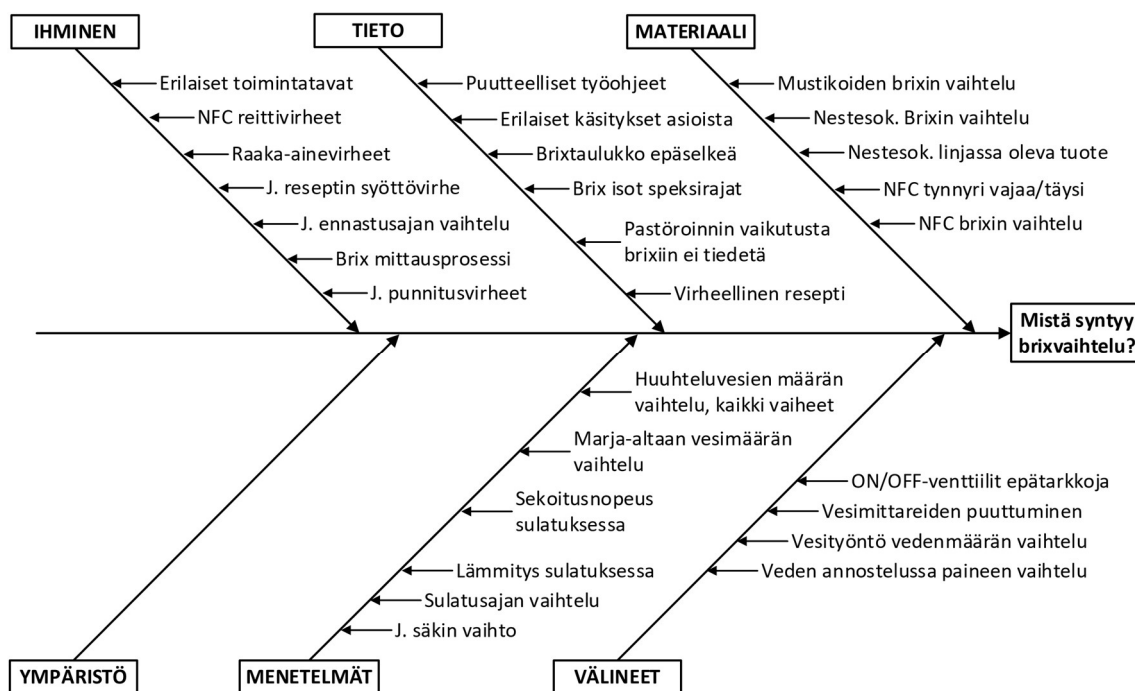
Mustikkakeiton valmistusprosessista tehtiin projektia varten yksityiskohtainen prosessikaavio, jossa kuvattiin prosessin vaiheista esivalmistelu ja valmistus ennen pastörointia. Pastöroinnista tehtiin oma prosessikaavio tutkittaessa pastöroinnin vaikutusta brix-arvon muodostumiselle. Prosessikaaviota varten tutustuttiin tuotantoprosessiin sen oikeassa tuotantoympäristössä, missä opastajina ja haastateltavina oli tuotannon työntekijöitä. Tuotantovierailun aikana tehdyistä muistiinpanoista piirrettiin prosessikaavio Microsoft Visio -piirustusohjelmalla, mikä täydennettiin ja korjattiin projektiryhmän kanssa. Seuraavassa vaiheessa prosessikaavioon lisättiin toiminnoittain mahdolliset prosessimuuttujat (kuten jauhereseptin syöttövirhe, raaka-aineena käytettävien mustikoiden brix-arvon vaihtelu ja marjojen sulatusajan vaihtelu), jotka voivat olla syynä brix-arvon vaihtelulle.

Tuotantovierailujen aikana tehtiin paljon hyödyllisiä havaintoja nykyisistä toimintatavoista ja käytännöistä, ja nämä kirjattiin talteen myöhempää käyttöä varten. Havaittiin, että eri tuotevalmistajien valmistustavoissa ja työjärjestyksissä on eroja toisiinsa nähden ja myös saman tuotevalmistajan valmistustapa saattoi vaihdella eri päivinä. Vakiintunutta yhtenäistä valmistustapaa ei ollut ja työohjeistus oli monilta osin suullisesti annettua ja kirjallisia työohjeita oli vähän.

### 4.2.2 Kalanruotokaavio

Kalanruotokaavio (kuva 7) on ideoiden organisointityökalu, joka tunnetaan myös syy-seurauskaaviona tai Ishikawa-kaaviona. Se kuvaa visuaalisella ja jäsennellyllä tavalla

tietoa ongelmasta ja auttaa muodostamaan kokonaiskuvan mahdollisista juurisyistä. Kuvaajan muoto muistuttaa kalanruotoa, jossa päähaaroille kerätään syyluokittain ruodoille kaikki mahdolliset juurisyöt, joiden seurauksena selvitettävänä oleva ongelma syntyy. Syyluokkia voivat olla esimerkiksi ihmiset, koneet, laitteet, menetelmät, materiaalit ja ympäristö. Kaaviota tehdessä prosessimuuttujien tärkeyttä tai vaikuttavuutta prosessiin ei huomioida, arvostella tai analysoida, jolloin saadaan kerättyä kaikki mahdolliset juurisyöt muutaman oletetun sijaan. [Puhakka 2019: 92-94.]



Kuva 7. Projektin C&E-diagrammi eli kalanruotokaavio esittelee tunnistetut tekijät ongelman taustalla pyrkien vastaamaan kysymykseen: "Mistä syntyy brix-mittaustulosten vaihtelu?"

Microsoft Visio -piirustusohjelmalla tehty kalanruotokaavio (kuva 7) pyrkii vastaamaan kysymykseen, mistä syntyy brix-mittaustulosten vaihtelu? Tavoitteena on löytää kaikki tekijät, jotka voivat aiheuttaa tuotteen ylläadun ja vaihtelun. Kalanruotokaavioon yhdistettiin prosessinkuvaukseen kerätyt prosessimuuttujat, tuotantovierailulla tehdyt havainnot ja projektiryhmän keskusteluissa esille nousseet tekijät, jotka jaettiin tyypeittäin kalanruodoille. Kaikkiaan mahdollisia juurisyitä löytyi 28 kpl, joita olivat erilaiset toimintatavat, inhimilliset virheet, puutteelliset ja epäselkeät työohjeet, erilaiset käsitykset asioista, laajat brix-spesifikaatorajat, pastöroinnin vaikutusta brix-arvoon ei tiedetty, raaka-aineiden brix-arvojen vaihtelu, tarkan vedenannostelun haasteet ja vaihtelut prosessinvaiheiden ajoissa. (Autio ym. 2020)

### 4.2.3 C&E-matriisi

C&E-matriisi (Cause and Effect Matrix) eli syy-seurausmatriisi auttaa poistamaan tarkastelusta vähemmän tärkeitä prosessitekijät, jotta voidaan keskittyä muutamaan tärkeimpään kriittiseen tekijään prosessissa, minkä kehittämällä on suurin vaikutus ja hyöty prosessin kannalta [George 2002: Chapter 11].

Tehtäessä C&E-matriisia (taulukko 2) listataan avainasiakasvaatimukset CTQ-vaatimuspuusta ristikon yläosaan ja pisteytetään ne tärkeysjärjestykseen skaalalle 1–10. Vasemmalle listataan kalanruotokaavioon kootut prosessimuuttujat ja pisteytetään ne suhteessa asiakasvaatimukseen pistein 0, 1, 3 tai 9, jossa 0 tarkoittaa ei vastaavuutta ja 9 vahvaa vastaavuutta. Lopuksi prosessikorrelaatiot kerrotaan asiakaspainotuksilla ja saadaan kokonaispistemäärät jokaiselle prosessimuuttujalle. Korkeimmat tulokset (kuva 8) saaneilla prosessimuuttujilla on vahvin suhde asiakkaan tarpeisiin, jolloin näiden prosessimuuttujien parantamisella on suurin hyöty. Tässä yhteydessä asiakkaalla voidaan tarkoittaa sekä ulkoista että sisäistä asiakasta. [George 2002: Chapter 11.]

Taulukko 2. Projektin C&E-matriisi [Autio ym. 2020] tunnistettujen syiden pisteytys vaikuttavuudesta brix-arvoon, saantoon, työaikaan, saataviin hyötyihin, hävikkiin ja asian vaativuuteen. Lopputulokset muodostuvat pisteytyksen summasta ja asiakasvaatimustärkeyskertoimesta.

Cause and Effect Matrix		Key Process Output Variables						Rank Total			
		Customer Importance		10	5	5	5			7	6
		Customer Rank		1	4	4	4			2	3
		Process step		1	2	3	4			5	6
Process Steps & Key Process Input Variables	Key Process Input Variables	Brix	Saanto	Työaika	Saatavat hyödyt	Hävikki	Asian vaativuus				
MUSTIKAT	Mustikoiden brixin vaihtelu	3	3	1	1	3	1	17	82		
	Marja-altaan vedem. vaihtelu	1	1	3	9	3	3	7	114		
NFC	Huuhteluvedenm. vaihtelu	1	1	1	9	3	3	10	104		
	Sekoitusnopeus sulatuksessa	1	1	9	3	1	3	15	100		
	Lämmitys sulatuksessa	1	1	3	1	1	3	22	60		
	Sulatusajan vaihtelu	1	1	3	1	1	3	22	60		
	NFC:n brixin vaihtelu	3	3	1	1	3	1	17	82		
	NFC tynnyri vajaa/täysi	3	3	3	1	1	1	19	78		
NESTE-SOKERI	NFC reittivirheet	3	3	3	1	3	3	10	104		
	Huuhteluvedenm. vaihtelu	1	1	1	9	3	3	10	104		
JAUHEET	Vesityöntö vedenm. vaihtelu	1	1	1	9	3	3	10	104		
	Nestesok. linjassa oleva tuote	1	1	3	1	1	1	24	48		
VESI	Nestesokerin brixin vaihtelu	3	3	1	1	3	3	16	94		
	J. reseptin syöttövirhe	3	9	3	3	3	1	6	132		
	J. punnitusvirheet	3	3	3	1	3	3	10	104		
	J. ennastus vedenm. vaihtelu	1	1	3	1	3	9	9	110		
	J. säkin vaihto	1	1	3	1	1	1	24	48		
	J. ennastusajan vaihtelu	1	1	3	3	1	3	21	70		
	J. vesityöntö vedenm. vaihtelu	1	1	1	3	3	3	20	74		
TIETO	Vedenmäärä + on/off-venttiilit	9	9	9	9	9	3	1	306		
	Veden paine	1	1	3	1	1	1	24	48		
	Brix mittausprosessi	3	3	3	3	3	9	5	150		
TIETO	Erlaiset toimintatavat +perehdytys&työohjeet	9	9	3	9	3	3	3	234		
	Brix isot speksirajat	9	3	1	3	3	3	4	164		
	Pastöroinnin vaikutusta brixiiin ei tiedetä	9	3	1	3	9	9	2	242		
	Virheellinen resepti	3	3	3	3	3	3	7	114		
Reverse Total		610	275	255	325	385	366				
Reverse Score		10	4,5	4,2	5,3	6,3	6,0				
Reverse Rank		1	5	6	4	2	3				

Projektin C&E-matriisiin (taulukko 2) tarkoituksena on löytää todennäköiset juurisyyt mustikkakeiton laadun vaihtelulle ja ylläadulle. C&E-matriisiin kootaan prosessimuuttujat kalanruotokaaviosta ja asiakasvaatimukset poimitaan CTQ-vaatimuspuusta. Pisteytystä tehtäessä on pohdittava ja sovittava yhdessä, mistä näkökulmasta pisteytys

tehdään ja mitä on tarpeellista ottaa pisteyttäessä huomioon tai jättää huomiotta. Pisteytyksen painotus voi muuttua merkittävästi, jos näkökulmaa vaihdetaan tai se muuttuu. Pisteytys tehtiin keskustellen projektitiimin kanssa ja pisteytys päätettiin tehdä yhdellä kertaa, jotta pisteytystapa ei unohdu tai muutu matkan varrella. Menetelmän virhelähteenä on, että pisteytys voidaan tehdä väriin tietoihin tai oletuksiin perustuen ja pisteyttäjiä halu nostaa joitain kohtia tarpeettoman korkealle omien intressien mukaan.



Kuva 8. Projektin C&E-matriisin tulokset pylväskaaviona, jossa esitellään kymmenen todennäköisintä laadunvaihtelun juurisyytä.

Korkeimmat tulokset saaneista todennäköisimmistä juurisyyistä laadittiin pylväsdiaagrammi (kuva 8), josta tulokset ovat nopeasti omaksuttavissa. Tunnistetuista 28 prosessimuuttujasta todennäköisimmiksi juurisyyiksi nousevat vedenannostelun haasteet, pastöroinnin vaikutusta brix-arvoon ei tiedetä, erilaiset toimintatavat mukaan lukien epäselkeät työohjeet ja perehdytys, isot spesifikaatorajat brix-arvolle ja mittausprosessi. Näiden prosessimuuttujien kehittämisellä voitaisiin saavuttaa paras mahdollinen hyöty ja matalimmat pisteet saaneet voidaan jättää syrjään. [Autio ym. 2020.] Mikäli ohjausvaiheessa (control) huomattaisiin, että parantamistoimet eivät tuo riittävästi muutosta, voidaan palata tarkastelemaan C&E-matriisin tuloksia uudestaan.

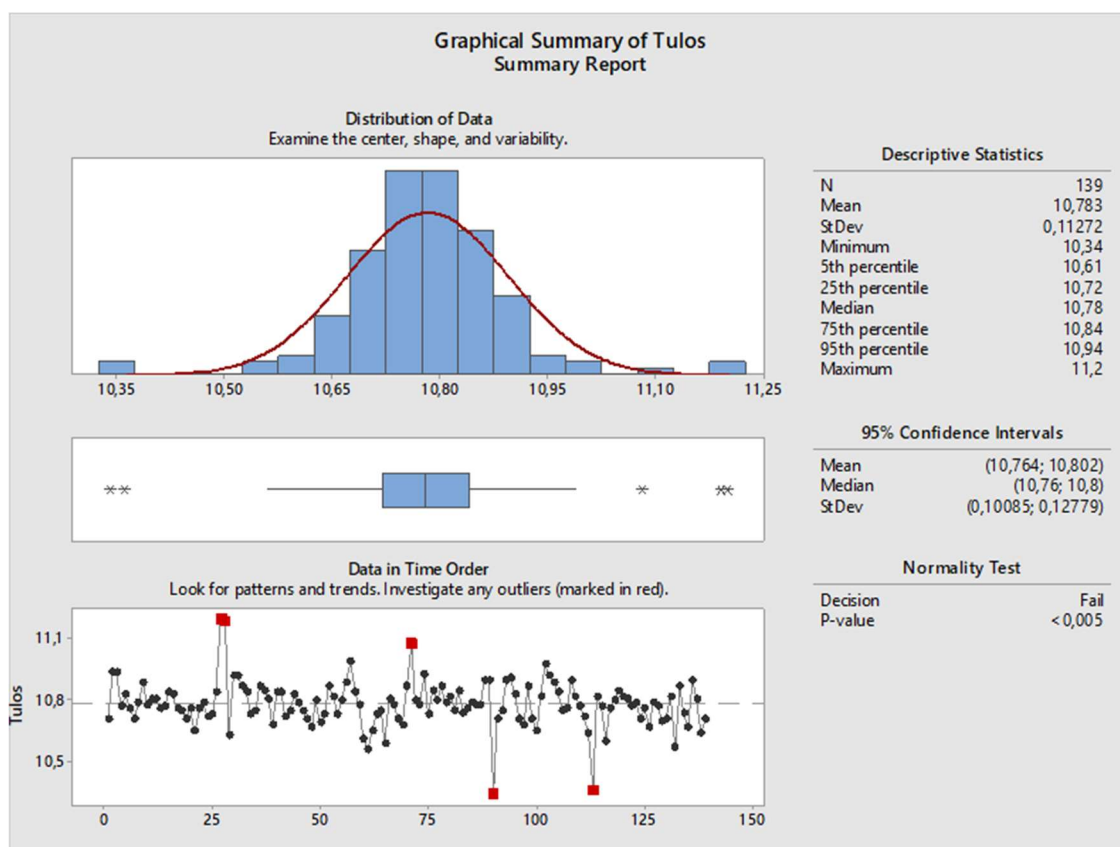
#### 4.2.4 Prosessin kyvykkyysanalyysi, nykytila

Normaalijakauma (kuva 9) on hypoteettinen, se kuvaa luonnollisia ilmiöitä jatkuvassa datassa ja antaa niin sanotun ison kuvan prosessin suorituskyvystä. Kaikissa prosesseissa on vaihtelua, jota kutsutaan luonnolliseksi vaihteluksi. [Puhakka 2019: 104-105.] Lähes kaikissa prosesseissa on hyväksyttävä ylä- ja alaraja. Kyvykkyysanalyysi (kuva 10) kertoo, kuinka hyvin prosessi täyttää spesifikaatiot, toleranssit ja määritellyt raja-arvot. Kyvykäs prosessi on sellainen, missä luonnollinen vaihtelu on asiakasvaatimusten mukaisella tavoitealueella. Prosessin on oltava vakaa ilman erityisyyttä tai poikkeamia, jotta kyvykkyys saavutetaan. Poikkeamat lisäävät prosessin vaihtelua. Lean six sigma -projekti pyrkii vaikuttamaan normaalijakauman eli Gaussin käyrän sijaintiin ja leveyteen. [George 2002: Chapter 11.]

Kyvykkyysanalyysin Pp-arvo (Process Performance, prosessin suorituskyky) kuvaa prosessin kokonaissuorituskyvykkyyttä jakauman leveyden kautta ja sen suhdetta prosessin spesifikaatorajoihin. Yleensä korkeampi Pp-arvo kertoo kyvykkästä prosessista. Kun Pp-tulos on alle 1, on spesifikaation rajojen leveys pienempi kuin prosessin leveys, mikä indikoi prosessin kyvyttömyydestä toimia vähintään 99,74 % vaadittujen raja-arvojen sisällä. Usein teollisuuden aloilla hyvänä Pp-tuloksena pidetään arvoa 1,33 ja jos Pp on tätä pienempi, on syytä harkita keinoja parantaa prosessia. [Overall capability for Nonnormal Capability Analysis for Multiple Variables.]

PPL-arvo (Process Performance Lower, prosessin suorituskyky alempi) kuvaa prosessin alarajan kokonaiskyvykkyyttä eli prosessimittauksien alimpia mittauksia suhteessa spesifikaation alarajaan. Yleensä korkeammat PPL-tulokset osoittavat prosessin kyvykkyyydestä käyrän alemmassa päässä. PPU-arvo (Process Performance Upper, prosessin suorituskyky ylempi) kuvaa samaan tapaan kokonaiskyvykkyyttä, mutta suhteessa spesifikaation ylärajaan. Ppk-arvo (Process Performance Index) kuvaa prosessin kokonaiskyvykkyyttä, prosessin jakauman sijaintia ja leveyttä. Ppk on yhtä suuri kuin PPU:n ja PPL:n pienempi tulos. Cpm-arvo (Process Performance Index, prosessin suorituskykyindeksi.) kuvaa prosessin kyvykkyyttä huomioiden, kuinka paljon data poikkeaa tavoitearvosta [Overall capability for Normal Capability Sixpack]. Kun PPL, PPU, Ppk tai Cpm tulos on alle 1, on 0,13 % prosessimittauksista spesifikaation alarajan alapuolella. Myös PPL:n, PPU:n, Ppk:n ja Cpm:n hyvinä tuloksina pidetään usein arvoa 1,33. [Overall capability for Nonnormal Capability Analysis for Multiple Variables.]

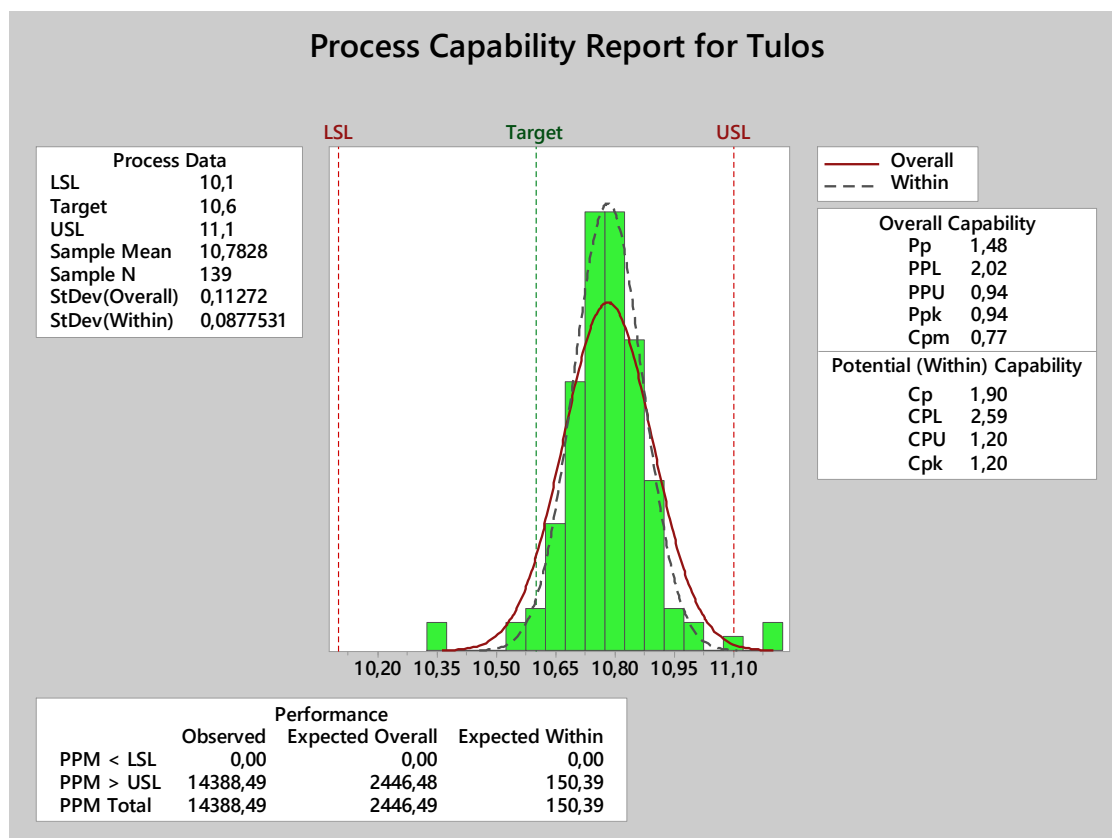
Prosessin potentiaalista kyvykkyyttä osoittavat arvot ovat Cp (Process Capability, prosessin kyvykkyys), CPL (Process Capability Lower), CPU (Process Capability Upper) ja Cpk (Prosessin kyvykkyysindeksi). Cp-arvo kuvaa, mitä Pp-arvo voisi olla, jos prosessin poikkeamat ja erityisyyt eliminoitaisiin. Vastaavasti CPL-arvo kuvaa potentiaalia PPL-arvolle ja niin edelleen. Potentiaalinen kyvykkyys on kuvassa 10 käyrä sinisellä katkoviivalla. [Potential (within) capability for Normal Capability Analysis.]



Kuva 9. Graafinen yhteenveto [Autio ym. 2020] mustikkakeittoprosessin nykytilasta, jonka aineistona vuoden 2018 brix-mittaustulosten aineisto. Jakauman ylin kohta ja mittauksien keskiarvo asettuvat kohdalle 10,78, kun tavoitearvo on 10,6. Poikkeamat ja erityisyyt näkyvät ääriarvoina jakauman molemmin puolin, keskellä olevan laatikkokuvion ulkopuolen tähtikuvioina ja alimman ohjauskortin punaisina neliöinä.

Prosessimittauksina on käytetty data-aineistoa mustikkakeiton vuoden 2018 laboratorion brix-mittauksista, mittauskertoja (N) on 139 kappaletta. Mustikkakeiton valmistusprosessin nykytilan kyvykkyysanalyysi (kuva 9) osoittaa, että aineisto ei ole normaalisti jakautunut johtuen prosessissa olevista poikkeamista ja erityisyyistä, jotka näkyvät alemmassa ohjauskortissa eli pistekaaviossa punaisin pistein muista prosessimittauksista

sijainniltaan erottuvina tavoitteen molemmin puolin alimmillaan mittausarvoina 10,34 °Brix ja suurimmillaan 11,20 °Brix. Prosessin ylilaadusta kertoo nykyisen prosessin keskiarvo 10,78 °Brix, kun sen tavoitteeksi on asetettu 10,6 °Brix. Jakauman leveyttä tarkastellessa tulee muistaa myöhemmin tehdyssä mittalaiteanalyysissä havaittu epävarmuus. [Autio ym. 2020.]



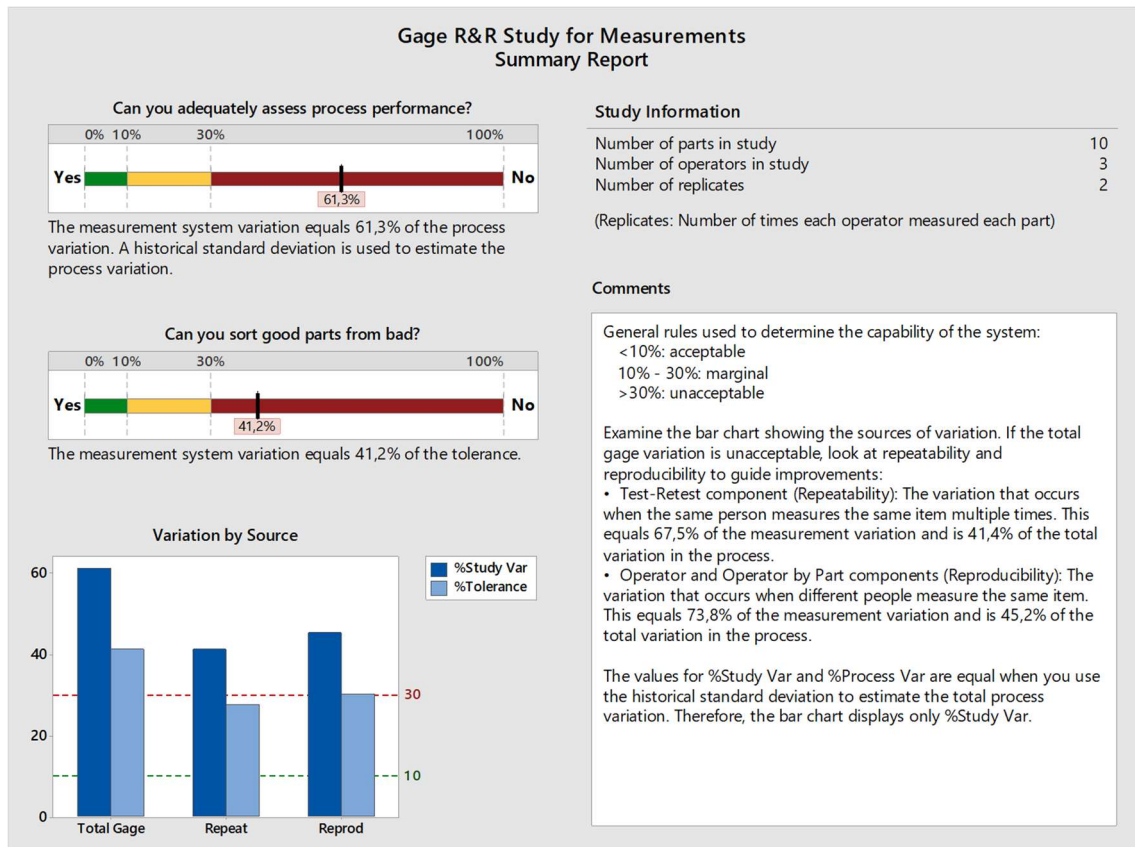
Kuva 10. Prosessin kyvykkyysanalyysi nykytilanteesta ennen projektia. [Autio ym. 2020.]

Prosessin kyvykkyysanalyysiä (kuva 10) tulkittaessa on ensiksi huomioitava, että analyysissä on käytetty tiukempia spesifikaatorajoja LSL 10,1 ja USL 11,1 (Lower/Upper Specification Limit, alempi/ylempi spesifikaatoraja), kun tuotteen spesifikaatorajoiksi on määritetty 9,6–11,6 °Brix. Pienempien spesifikaatorajojen käyttö perustuu siihen, että mustikkakeitolle asetetut spesifikaatorajat ovat puolta leveämmät kuin uudemmille tuotteille määritetyt, ja tämä selittyy pitkälti brix-mittaustekniikan kehitymisellä, mitä ei ole päivitetty vanhempien tuotteiden spesifikaatorajoihin.

Nykyisen prosessin kyvykkyysanalyysi osoittaa, että Pp-arvo 1,48 kertoo prosessin prosessimittauksien leveyden olevan hyvä suhteessa prosessin spesifikaatorajoihin. PPL-arvo 2,02 osoittaa nykyisen prosessimittauksien alarajan olevan riittävän kaukana spesifikaation alarajasta. Sen sijaan PPU ja siten myös Ppk arvoilla 0,94 kertovat, että prosessissa on ongelma ylärajan tuloksien levittäytymisessä yli spesifikaation ylärajan. PPU- ja Ppk-tulosta 0,94 voidaan pitää huonona, mikä tukee tarvetta prosessin parantamishankkeelle. Cpm-arvo 0,77 osoittaa datan jakautumisen suhteessa tavoitearvoon olevan huono. Cpm:n potentiaali eli Cpk-arvo 1,2 osoittaa, että pelkästään poikkeamien ja erityisyyden eliminointi ei aivan riitä parantamistoimenpiteiksi, vaan prosessimittauksia on saatava lähemmäs tavoitearvoa.

#### 4.2.5 MSA mittalaiteanalyysi

Mittalaiteanalyysin (kuva 11) tarkoituksena oli selvittää brix-mittausprosessin luotettavuus marjakeittojen valmistuksessa. Työn suoritukseen valittiin kolme mittauksien tekijää tuotevalmistajista. Mittaukset tehtiin valmistuksen brix-mittauslaitteella eli refraktometrillä, jonka mittaus on jatkuvatoiminen. Brix-arvo mitattiin kymmenestä valituista näytteestä ja mittaussarjoja tehtiin kaksi. Mittaus tehtiin itsenäisesti ja kullekin mittajaalle tyypillisillä työskentelytavoilla. Näytteissä oli sekä sokerillisia että sokerittomia marjakeittoja ja lisäksi myös mehuja. Näytteiden valintaan vaikutti lähinnä tuotteiden brix-tavoitearvojen eroavaisuus toisiinsa nähden. Näytteet olivat laboratorion näytepurkkeja eli myyntipakkauksessaan olevia tuotteita ja mitattaessa lämpötilaltaan noin 20 °C. Kukin mittaja kaatoi näytepurkeista omat mitattavat näytteet näyteastioihin ja mittasi brix-arvot annettussa satunnaistetussa järjestyksessä. Mittaussarjojen välillä pidettiin noin tunnin mittainen tauko. Näytepurkeista näytteenotto ei kuulu valmistajien normaaleihin työskentelytapoihin, koska valmistuksen näyte otetaan suoraan sekoitussäiliöstä. Mittalaiteanalyysin virhelähteenä toimii näytepurkin ravistelutekniikan tuomat mahdolliset virheet tuloksiin, mikäli näytepakkausta ei ole sekoitettu riittävästi. Mittaustulokset merkittiin tarkoitusta varten tehtyyn lomakkeeseen ja tulokset merkittiin kahden desimaalin tarkkuudella.



Kuva 11. Mittalaiteanalyysin yhteenvetoraportti. [Autio ym. 2020.]

Mittalaiteanalyysin tulokset (kuva 11) osoittavat, että mittausprosessi ei ole luotettava. Mittausprosessin tulokseksi saadaan, että vaihtelu on 61,3 % prosessin vaihtelusta ja mittausprosessin vaihtelu on 41,3 % toleranssista. Yleisenä sääntönä kyvykkästä mittausprosessista pidetään, että tulos yli 30 % on epäluotettava, 10–30 % vähäpätöinen ja hyväksyttävissä oleva ja alle 10 % on hyvä tulos. Mittausprosessin aiheuttama vaihtelu prosessiin on verrattain suurta ja vaikuttaa jakauman leveyteen, mutta ei sen sijaintiin [Autio ym. 2020].

#### 4.2.6 Tiedonkeruu

C&E-matriisin hypoteesien testaamiseksi tehtiin tiedonkeruu jo valmistettujen tuotteiden tiedoista, joista aineisto on jo olemassa. Tähän päädyttiin siksi, että uuden data-aineiston kerääminen veisi paljon aikaa, sillä mustikkakeittoa valmistetaan pääsääntöisesti vain kaksi kertaa viikossa. Kaikki tilastolliset analyysit tehtiin Minitab-tilasto-ohjelmalla

projektinvetäjän toimesta. Projektin datan keräyksestä tehtiin Excel-taulukko, johon kerättiin valmistustiedoista seuraavat tiedot:

- Valmistusraportin mukainen arvioitu pakkauspäivämäärä, joka oli usein arvioitu väärin hankaloittaen tiedonkeruuta. Valmistusraporttiin olisi voitu kirjata ennemmin valmistuspäivämäärä ja lisäksi tarvittaessa arvioitu pakkauspäivämäärä.
- Valmistusraporttiin kirjattu viikonpäivä, kellonaika ja työvuoro, milloin tuote on ollut valmis pastöroitavaksi.
- Valmistajan nimi, joka oli usein epäselvästi käsin kirjoitettu valmistusraporttiin, mikä näkyy analyyseissä kysymysmerkkeinä.
- Tuote-erän määrä litroissa. Tietoja verrattiin valmistusraportin ja MMC-tuotantojärjestelmän (Modern Management Concept) tietojen välillä. MMC kerää prosessin tietoja automaattisesti tietokantaan.
- Reseptin mukainen valmistusmäärä litroissa eli tuotantosuunnitelman mukainen valmistusmäärä valmistusraportista.
- Saantoprosentti, jolla tarkoitetaan tässä yhteydessä valmistetun tuotemäärän toteutuminen prosentteina tuotantosuunnitelman määrän mukaisella reseptillä. Kaava: valmistettu määrä/reseptin mukainen valmistusmäärä x 100%.
- Valmistusraporttiin kirjattu valmistussäiliön positio, joka auttoi eri tietojen yhdistämisessä järjestelmien välillä.
- MMC-tuotantojärjestelmään kirjautuvat viimeisen vedenlisäyksen määrä litroissa ja vedenlisäysten kertojen lukumäärä.
- SAP-toiminnanohjausjärjestelmään (Systeme, Aenwendungen, Produkte, järjestelmät, sovellukset, tuotteet) kirjatut brix-mittaustulokset valmistuksesta, pakkaamosta ja laboratorion.

Brix-mittauksien kirjauksessa huomattiin tiedonkeruuvaiheessa olevan eroja desimaalitarkkuudessa valmistuksen, pakkaamon ja laboratorion välillä. Lisäksi jo tiedonkeruuta tehtäessä heräsi epäily valmistuksen brix-mittausten luotettavuudesta, sillä ne olivat usein 10,6 °Brix eli tavoitteessa, kun saman tuotteen pakkaamon ja laboratorion mittaus-tuloksissa oli havaittavissa selkeämmin vaihtelua. Jotta voitaisiin luottaa saatuihin tuloksiin hypoteesien testaamisessa, päätettiin käyttää laboratorion brix-mittauksia, jotka oli kirjattu ainoana kahden desimaalin tarkkuudella.

### 4.3 Analysointivaihe (analyze)

#### 4.3.1 Arvo/hukka-analyysi

Arvo/hukka-analyysissä (kuva 12) pyritään kuvaamaan prosessin arvoa tuottamattomia toimintoja. Lean six sigman mukaan hukalla tai tuhlauksella on seitsemää peruslajia. Ylituotanto hukana lajina on sellaista, jolloin tuotetaan asiakastarpeeseen nähden nopeammin, enemmän tai ilman tilausta. Ylituotanto peittää muita hukana lajeja, jolloin niiden tunnistaminen on vaikeaa. Odottaminen hukana lajina on aikaa, jolloin ihmiset tai koneet ovat joutilaina tai odottavat ilman tekemistä ja lisäksi myös viiveet. Turhasta kuljettamisesta ja käsittelystä esimerkkinä toimii huonosti sijoitetut prosessinvaiheet ja tästä syntyvä hyödytön siirron tarve prosessinvaiheiden välillä. Yliprosessointi hukana lajina on prosessointia yli halutun laatutason sekä ylimääräinen tai virheellinen käsittely. Varastointi hukana lajina on sellaista, jossa varastointi ylittää tarpeellisen ja pakollisen minimivaraston määrän. Ylivarastointi on kallista, sillä raha on kiinnitettynä varastoon. Lisäksi se myös peittää muita hukana lajeja. Turha tai tehoton liike hukana lajina on ihmisten tai koneiden aiheuttamaa, ja se voi johtua prosessinvaiheiden kannalta väärin sijoitelluista työpisteistä tai ergonomisesti kuormittavasta liikkeestä. Viat ja häiriöt hukana lajina voivat johtua esimerkiksi koneiden riittämättömästä ennakkohuollosta, ja tähän hukana lajiin kuuluvat myös kunnostus, lisätyö, virheet, hävikki ja väärät työstöt. [Puhakka 2019: 157.]

Tuottavuuden kehittämisessä jalostavan eli arvoa tuottavan työajan osuuden lisääminen on keskeistä. Korjaavia toimenpiteitä voivat olla muun muassa turhan materiaalin käsittelyn poistaminen, kerralla oikein tekeminen, materiaalinpuutteesta aiheutuvien häiriöiden minimointi, valmisteluajojen lyhentäminen, turhien taukojen poistaminen ja työpisteiden järjestyksen parantaminen. [Puhakka 2019: 163.]

### PROSESSIN HUKKA / ARVOA TUOTTAVA TOIMINTA

- **Brix mitataan ja merkitään eri tarkkuudella** prosessin eri vaiheissa (valmistus, pakkaus, labra, SAP). Yhtenäistä tapaa desimaalien käyttöön tai tuloksen pyöristämiseen ei ole. Lisäksi SAP tekee automaattisia desimaalien pyöristyksiä.
- **Mittaamisen ja merkitsemisen välinen viive** saattaa olla pitkä etenkin, jos paperi on eri paikassa kuin missä mittaus tapahtuu. Tulos on tällöin mittaajan muistin varassa.
- Valmistuksessa on pakkaamosta ja labrasta poikkeava brix-mittari. **Valmistuksen mittarissa numero asettuu hitaasti.**
- **PK10 ja PK11 linjoilla on jatkuvatoiminen brix mittaus linjassa**, jota hyödynnetään tällä hetkellä vain siihen, että pakkaaja katsoo, milloin voi aloittaa pakkaamisen.
- **PK10 ja PK11 linjojen brix-mittareiden käyttöönotto on jäänyt kesken.** Mittareiden käyttöönotto (vaatii ohjelmointia, tuotekohtaisten rajojen kertominen mittarille) automatisoi brix-mittauksen ja käsimittaus pakkaamossa jäisi tarpeettomaksi. Rajojen ylityksessä tai alittuessa mittari hälyttäisi ja pakkaus keskeytyisi.
- ...

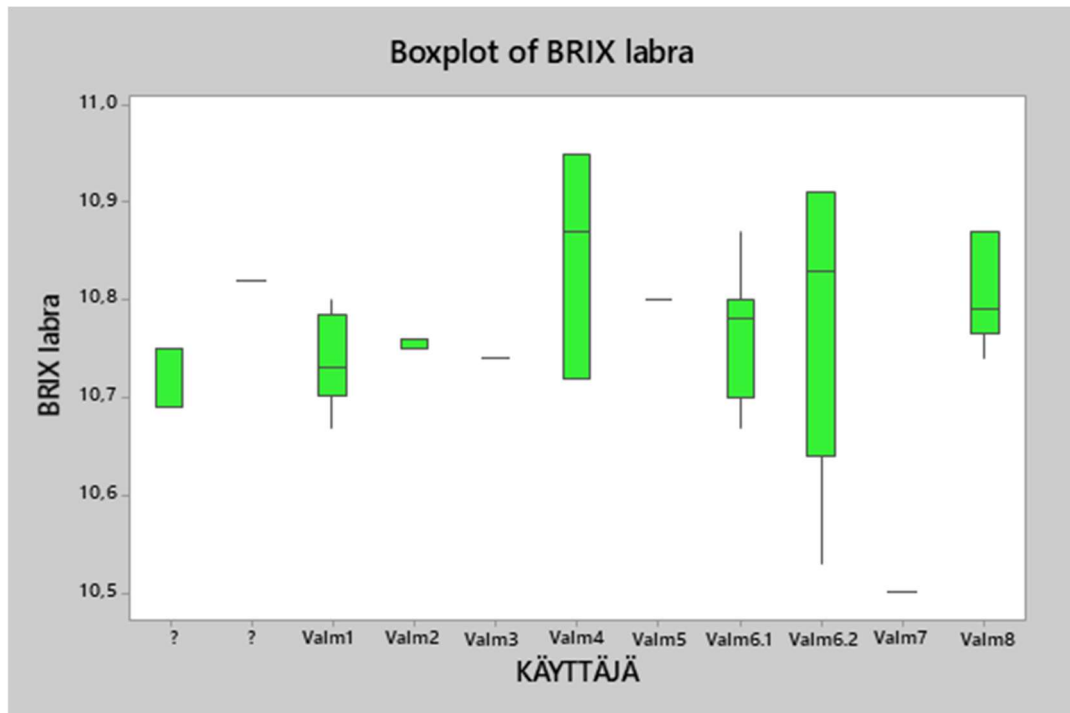
Kuva 12. Yhteenveto prosessin hukkaa ja arvoa tuottavasta toiminnasta. [Autio ym. 2020.] Osa tehdyistä havainnoista vain yrityksen omaan käyttöön.

Tutustumiskäyntien sekä projektipalaverien aikana esille nousi paljon havaintoja nykyisistä toimintatavoista ja käytännöistä tuotantoprosessissa. Tällaiset havaintojen kirjaaminen talteen on tärkeää niiden noustessa esille, sillä pitkäkestoisen projektin aikana kirjaamattomat asiat tapaavat unohtua. Näistä prosessin arvoa tuottamattomista toiminnosta muodostettiin yllä oleva yhteenveto (kuva 12), josta nähdään useiden niistä liittyvän käyttäjien välisiin eroihin toimintatavoissa, työohjeiden puuttumiseen tai niiden epä johdonmukaisuuksiin, mittauslaitteiden epätarkkuuteen ja väärinsijoitteluun, pitkän historian omaavan tehtaan muutoksien dokumentoimattomuudesta johtuvan tärkeän tiedon katoamiseen ja laitteisiin liittyvään pakkauslinjassa olevan brix-mittauksen käyttöönoton keskenjääneisiin töihin [Autio ym. 2020].

#### 4.3.2 Hypoteesien tarkastelu

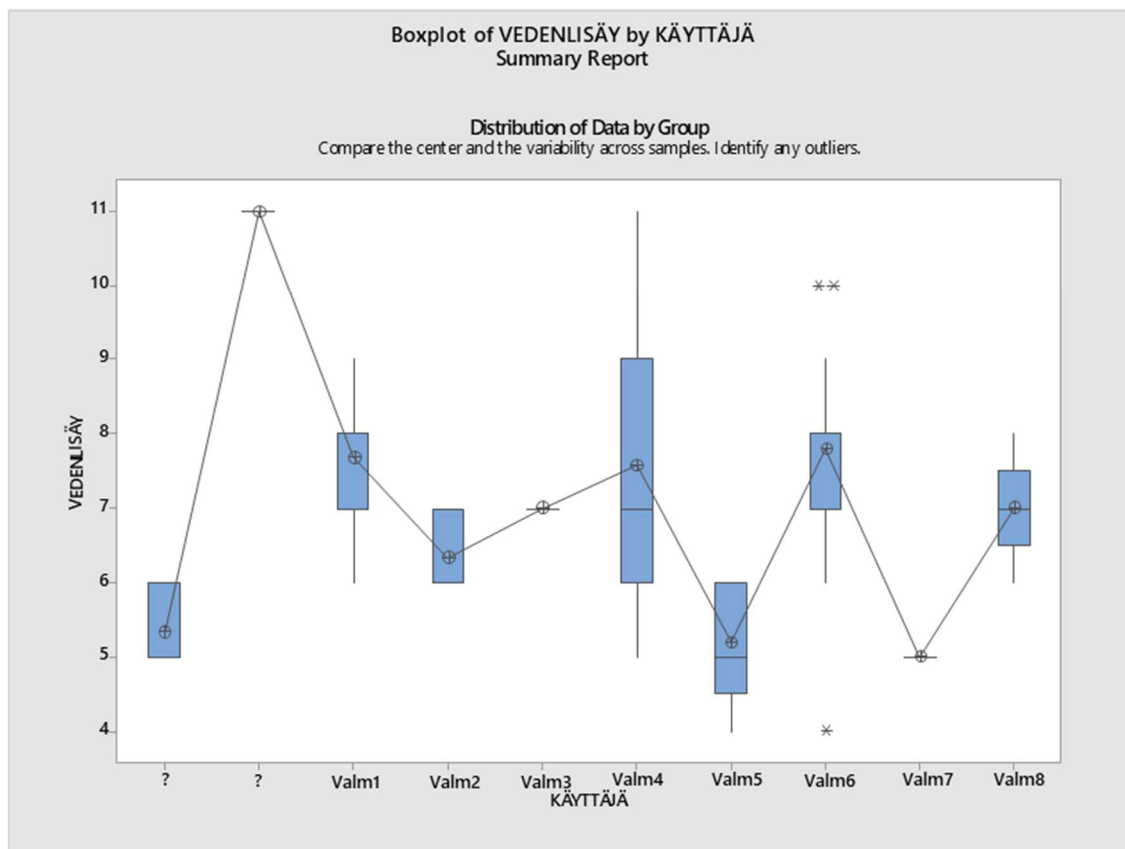
Testien tarkoituksena on tutkia tunnistettuja mahdollisia juurisyitä ongelman taustalla, ja testien perustana on mitattava ja luotettava prosessidata. Testien avulla voidaan selvittää, tapahtuuko prosessissa sellaisia asioita kuin siinä oletetaan tapahtuvan ja niiden vaikutusta prosessiin. Käyttäjien erilaisten toimintatapojen vaikutusta tuotelaadun vaihtelun ja ylilaadun taustalla haluttiin tutkia lisää. Työkaluksi valittiin boxplot-kaavio eli laatikko-janakuvio (kuvat 13–17), joka soveltuu käytettäväksi verrattaessa muuttujan jakaumaa eri alueilla. Kaaviota tulkittaessa laatikko sisältää puolet havainnoista, viiva laatikon poikki kuvaa arvojen mediaania, janat laatikon ylä- ja alapuolella ulottuvat arvoihin,

joiden ulkopuolella on 4 % havainnoista ja erilliset pisteet kuvaavat näitä ääriarvoja [Johdatus tilastotieteeseen].



Kuva 13. Boxplot-kaavio [Autio ym. 2020] käyttäjän vaikutuksesta lopputuotteen brix-arvoon. Kysymysmerkit johtuvat valmistajan kirjauksista, joista ei saatu selvää. Valm6.1 ja Valm6.2 ovat sama valmistaja, johtuneen kirjoitusvirheestä käytetyssä aineistossa.

Kuvan 13 boxplot-kaavio esittää käyttäjän vaikutusta tuotteen brix-arvoon. Kaaviota tarkasteltaessa on huomioitava käyttäjien valmistuskerroissa olevat erot. Kaavio osoittaa käyttäjien välillä olevan eroja, mikä tukee hypoteesia siitä, että valmistajat valmistavat tuotteen eri tavalla. Kaaviosta nähdään, että valmistajan omat toimintatavat vaihtelevat eri valmistuskerroilla. [Autio ym. 2020.]



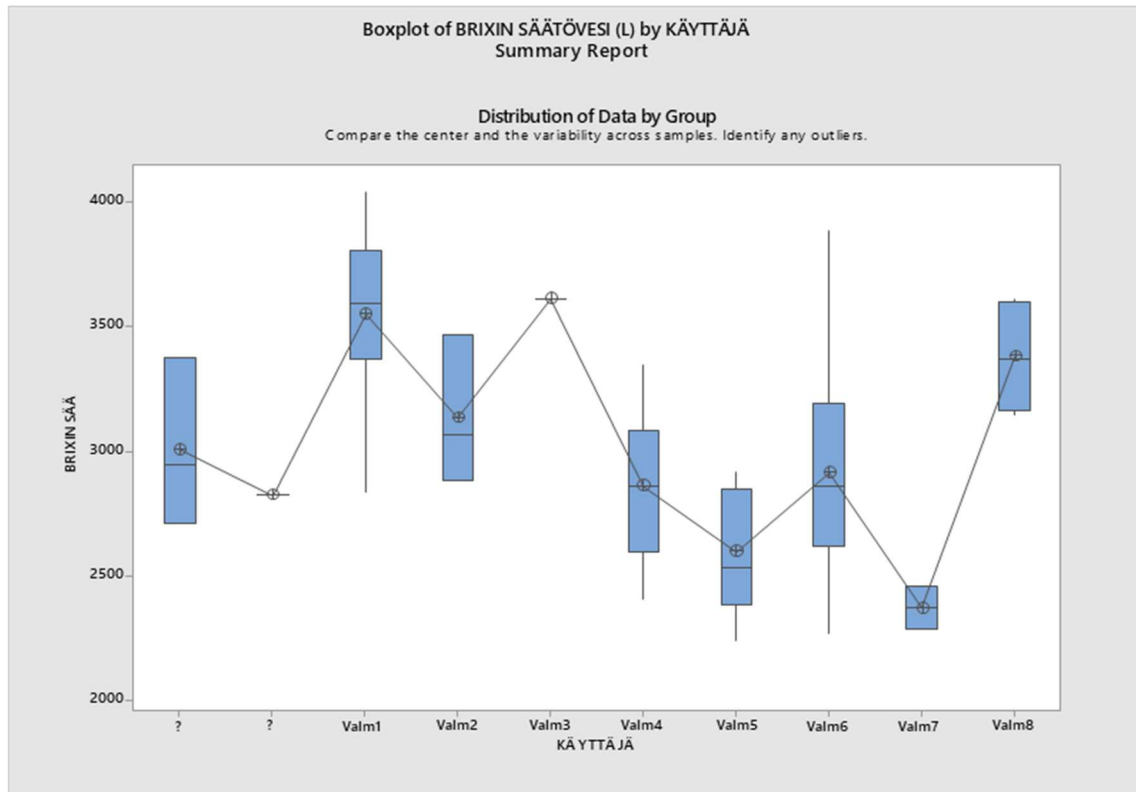
Kuva 14. Boxplot-kaavio [Autio ym. 2020] vedenlisäyskertojen vaihtelusta käyttäjittäin. Kysymysmerkit johtuvat valmistajan kirjauksista, joista ei saatu selvää.

Kuvan 14 boxplot-kaavio esittää käyttäjien välisiä eroja vedenlisäyskertojen määrästä. Kuvaaja osoittaa käyttäjän välillä olevan eroja, mikä tukee hypoteesia siitä, että valmistajat valmistavat tuotteen eri tavalla. Tässäkin kuvaajassa on huomioitava, että käyttäjien valmistuskerroissa on eroja. [Autio ym. 2020.]

Vedenlisäyskertojen lukumäärää selittää osin se, että tuote on pilalla eli liian laimeaa, jos siihen lisätään liikaa vettä, minkä vuoksi vedenannostelu tehdään useammassa erässä varovasti. Liian laimeaa tuotetta on vaikea korjata. Varovainen vedenannostelu johtuu haastattelujen perusteella myös siitä, että vedenlisäyksen on/off-venttiilit ovat epätarkkoja ja tarkkaa vedenmäärää on mahdoton annostella. On/off-venttiilien epätarkkuus johtuu vedenpaineen vaihtelusta, kun samassa vesilinjassa on useita yhtäaikaista käyttäjiä. Vaikka melko tarkka lisäysvedenmäärä pystytään laskemaan mitatun brix-arvon perusteella, ei sitä kuitenkaan käytännössä pystytä toteuttamaan on/off-venttiilien takia. Kuvaajista (kuvat 13–15) voidaan päätellä, että osa käyttäjistä ei ehkä säädi brix-

arvoa niin tarkasti tavoitteeseen kuin toiset. Myös ohjeet antavat liikaa tulkintavaraa siihen, mitä brix-arvon pitäisi tässä vaiheessa olla.

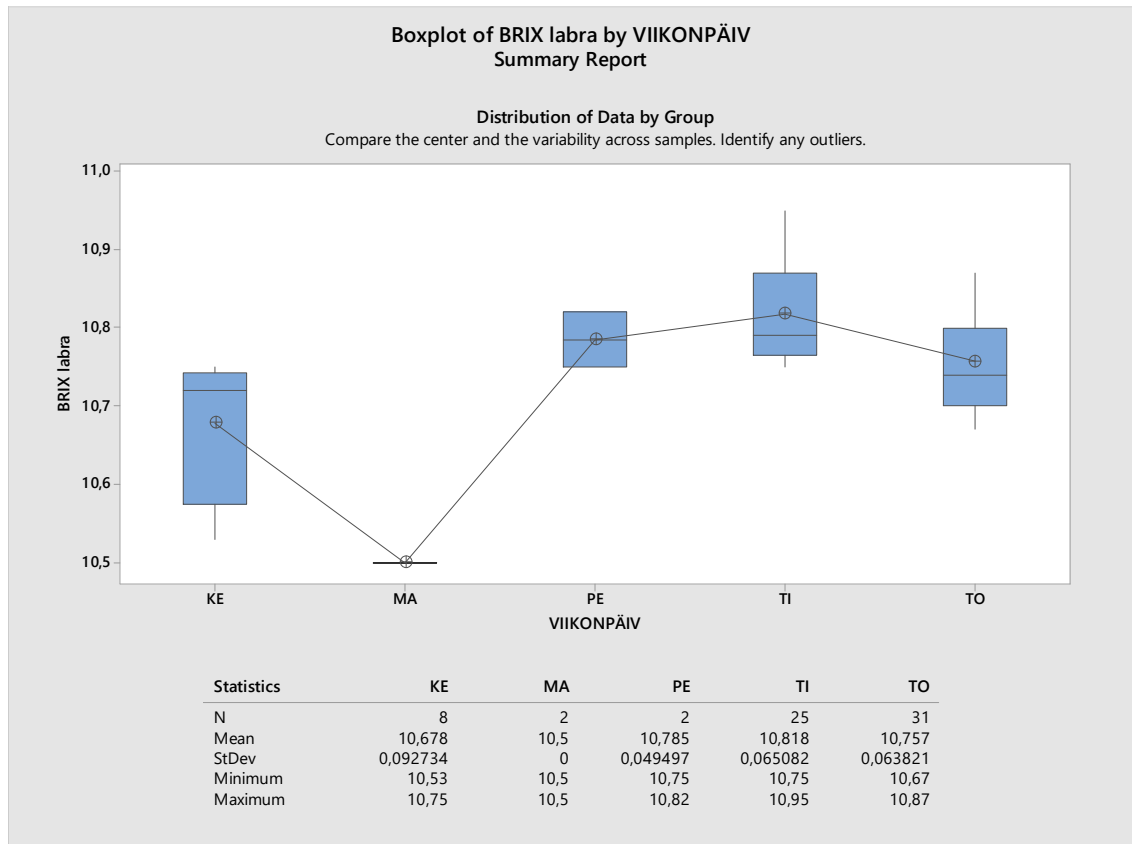
Voidaan päätellä, että jos vettä lisätään tuotteeseen 11 kertaa ja jokaisen vedenlisäyksen jälkeen odotetaan muutama minuutti veden sekoittumista tasaisesti sekoitussäiliössä olevaan tuotteeseen ja mitataan tämän jälkeen brix-arvo jokaisen vedenlisäyksen jälkeen, työvaiheeseen sekä kuluvan aikaa että tehtävän turhaa työtä.



Kuva 15. Boxplot-kaavio vedenlisäyksen määrästä litroina käyttäjillä.

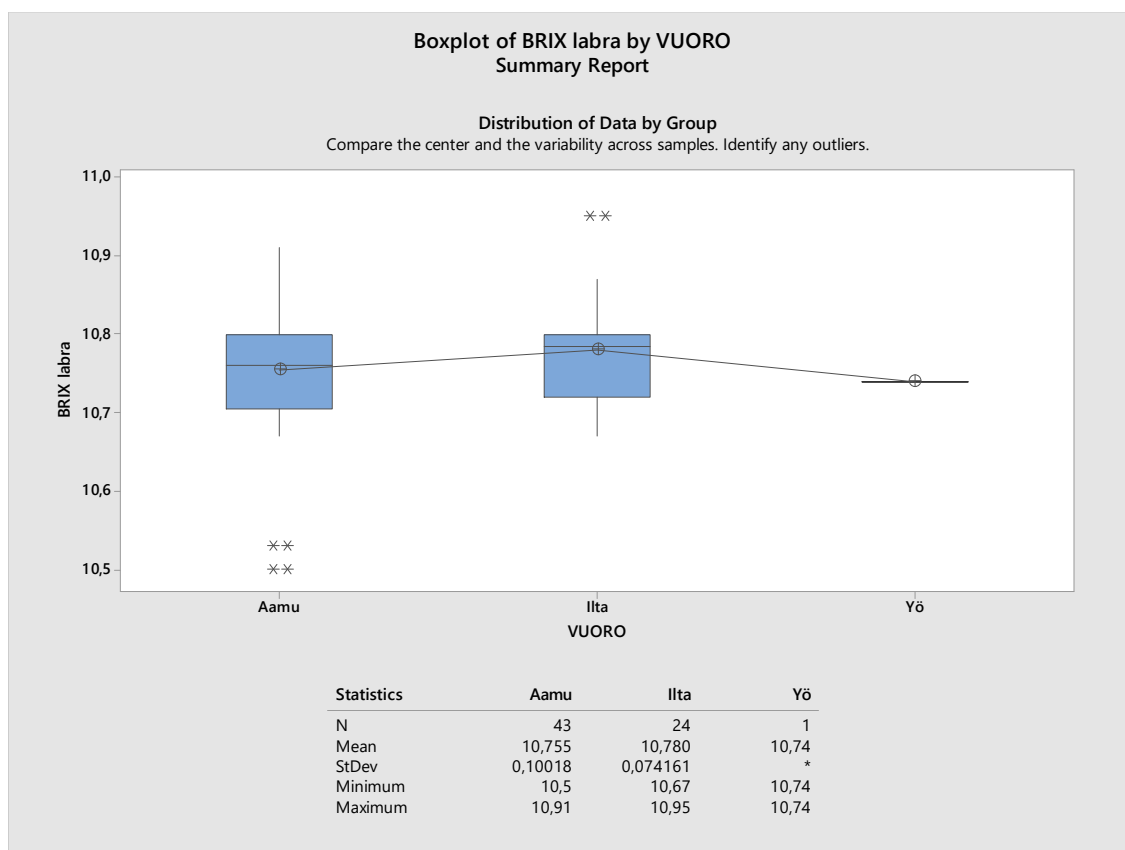
Vastaava boxplot-kaavio (kuva 15) tehtiin myös siitä, kuinka paljon käyttäjät lisäävät tuotteeseen vettä viimeisessä vedenlisäyksen prosessinvaiheessa. Kaaviosta voidaan havaita, kuinka paljon vedenlisäys (litroissa) vaihtelee samalla valmistajalla eri valmistuskerroilla ja valmistajilla toisiinsa nähden. [Autio ym. 2020.] Kaaviossa esiintyvä vaihtelu ei selity yksin valmistajien toimintatapojen eroilla ja niiden vaihtelulla, vaan viittaa prosessi- ja laitetekniiseen kyvyttömyyteen hallita ainakin vedenlisäyksen prosessinvaihetta. Prosessissa lisätään useissa kohtaa tuotteeseen päätyvää vettä,

kuten marjojen sulatukseen käytetty vesi ja raaka-aineiden siirron vesityöntöjä, missä ei ole mittareita ja käytetään epätarkkoja on/off-venttiileitä.



Kuva 16. Boxplot-kaavio [Autio ym. 2020] viikonpäivän vaikutuksesta tuotteen brix-arvoon. Mus-tikkakeittoa valmistetaan pääsääntöisesti tiistaisin ja keskiviikkoisin, joissa ei esiinny merkittävää vaihtelua.

Yllä oleva boxplot-kaavio (kuva 16) osoittaa, että viikonpäivällä ei ole merkittävää vaikutusta vaihtelun syntymiseen. Tuotetta valmistetaan pääsääntöisesti tiistaisin ja torstaisin. Maanantain, keskiviikon ja perjantain valmistuskerrat jäävät vähäisiksi, joten maanantain ja keskiviikon muita alhaisemmat tulokset eivät ole merkittäviä. [Autio ym. 2020.]

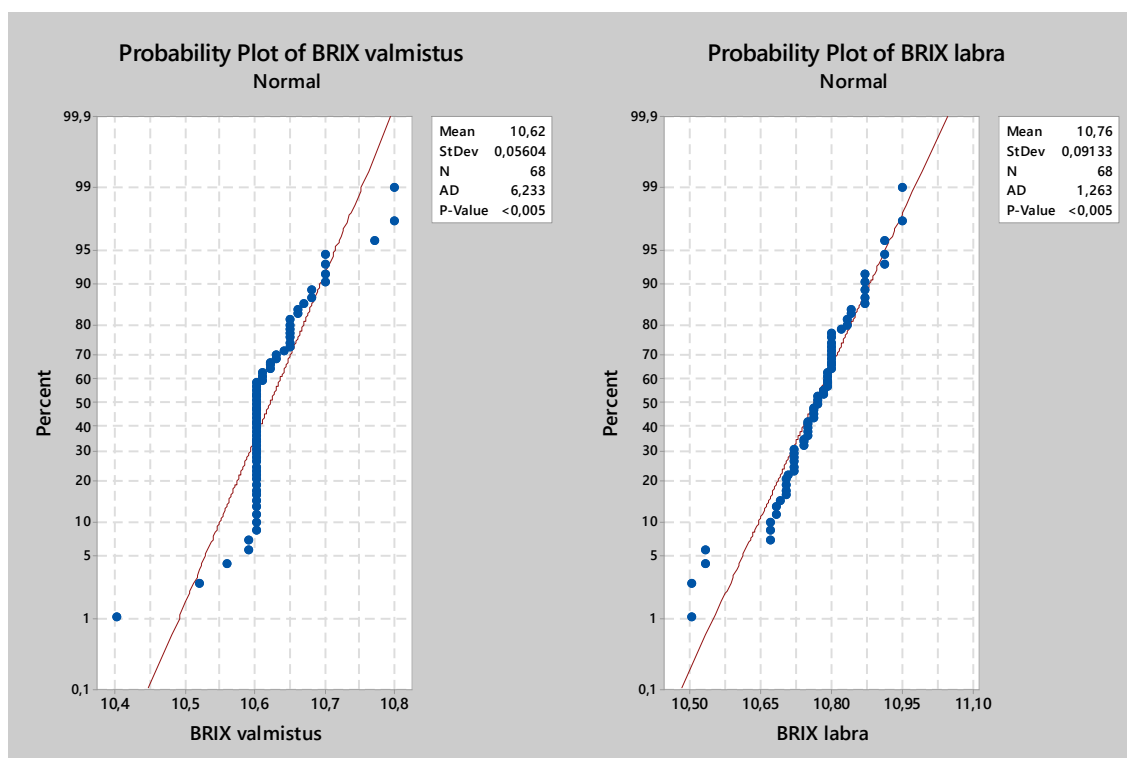


Kuva 17. Boxplot-kaavio [Autio ym. 2020] työvuoron vaikutuksesta tuotteen brix-arvoon.

Mehutehtaalla valmistus ja pakkaus toimivat pääsääntöisesti kahdessa vuorossa klo 6-22, jonka lisäksi yövuorossa pastöroidaan seuraavan aamun pakattavia tuotteita. Lisäksi yövuoron pastöroitsija valmistaa tuotteen tarvittaessa. Yllä oleva boxplot-kaavio (kuva 17) osoittaa, että työvuorolla ei ole merkittävää vaikutusta vaihtelun syntymiseen.

#### 4.3.3 Pastöroinnin vaikutus tuotteen brix-arvon muodostumisessa

Pastöroinnin vaikutusta lopputuotteen brix-arvoon ei tehtaalla tiedetty, mikä nousi yhdeksi merkittäväksi todennäköiseksi vaihtelun juurisyyksi C&E-matriisissa. Haastatte- luissa havaittiin, että tehtaalla oli erilaisia käsityksiä pastöroinnin vaikutuksesta brix-ar- voon ja asiaa ei ollut koskaan tutkittu tehtaalla. C&E-matriisissa pidettiin todennäköi- senä, että tämä voi vaikuttaa laadunvaihteluun tai siihen miksi brix-mittaustulokset ovat yli tavoitearvon. Jotta voitaisiin varmuudella todeta, muuttaako pastörointi tuotteen brix- arvoa, päätettiin siitä järjestää selvitys (kuvat 18 ja 19).

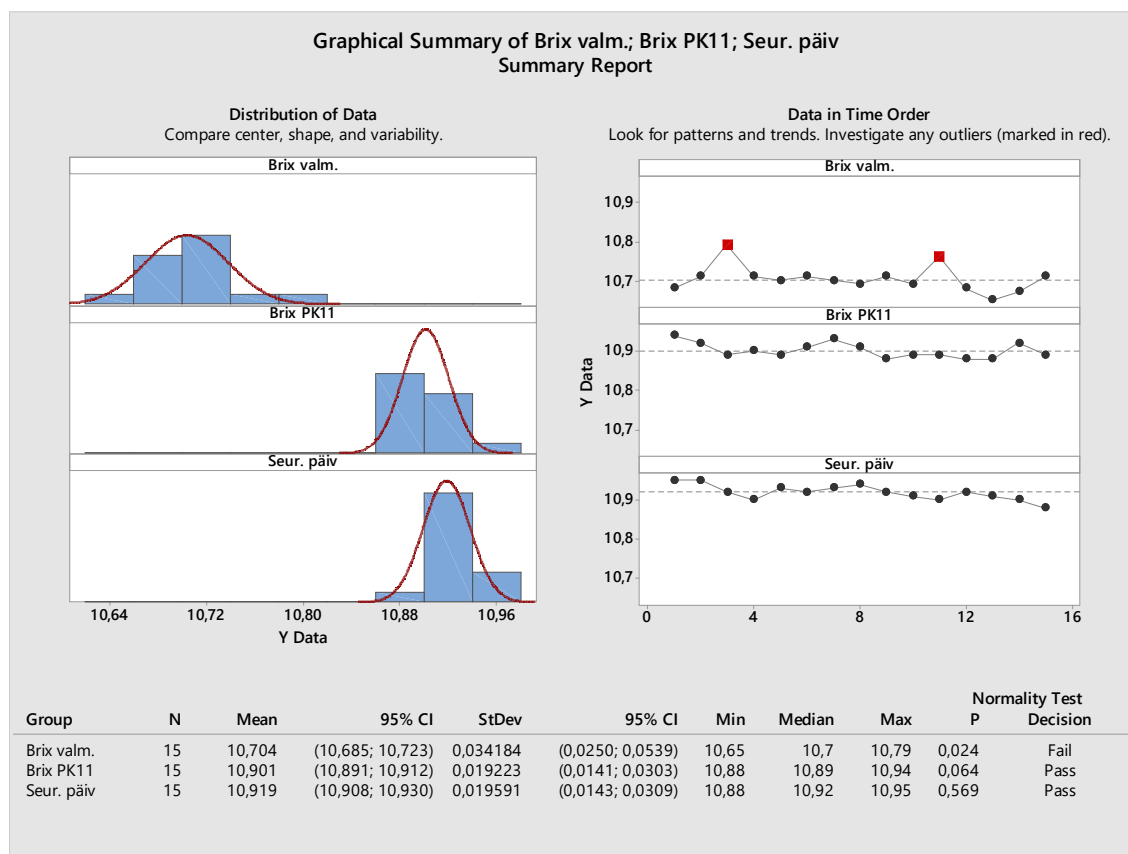


Kuva 18. Parvikaaviot valmistuksen ja laboratorion brix-mittauksista, jossa aineistona samat valmistuserät [Autio ym. 2020].

Yllä oleva parvikaavio (kuva 18) osoittaa, että valmistuksen mittauksissa merkittävä osa mittaustuloksista kasaantuu kohtaan 10,6 °Brix. Samaa ilmiötä ei näy vastaavissa laboratorion mittaustuloksissa, mikä tukee datankeruuvaiheen hypoteesia valmistuksen brix-mittaustulosten epäluotettavuudesta. Kasaantuminen samaan mittaustulokseen johtuu käyttäjien tekemistä pyöristyksistä ja tuloksen kirjaamisen viiveen mahdollisesti aiheuttamista virheistä. Kirjaus- ja pyöristyskäytännöissä saattaa olla eroja, koska tulokset ovat todella tasaisia valmistuksen mittauksissa. Tämän takia brix-arvon muuttumista pastöroinnissa ei voitu olemassa olevalla datalla tutkia. [Autio ym. 2020.]

Koska valmista data-aineistoa ei ollut käytettävissä, päätettiin järjestää pastörintikoe (kuva 19) ja koetta varten tehtiin tiedonkeruu, johon koottiin 15 eri valmistuskerran mustikkakeiton brix-arvot valmistetusta tuotteesta ennen pastörointia, pastöroinnin jälkeen pakkaamosta otetusta näytepakkauksesta ja seuraavana päivänä pakkaamisesta. Sama valmistaja keräsi kaikki näytteet ja suoritti brix-mittaukset. Lisäksi kokeen brix-mittaukset tehtiin samalla refraktometrillä. Tällä haluttiin minimoida mahdollisia virhelähteitä, kuten näytteenottoajan, mittaustavan ja mittauslaitteiden

eroista johtuvia tekijöitä. Mittaukset suoritettiin laboratorion refraktometrilla. Tehtaan kolmesta refraktometrasta laboratorion ja pakkaamon mittausrakenteet ovat samanlaiset. Näiden kahden mittaustulosten luotettavuus on parempi kuin valmistuksen mittausrakenteen, mikä todennettiin laborantin tekemässä tarkastuksessa eri vahvuisilla kalibrointiliuksilla.



Kuva 19. Graafinen yhteenveto [Autio ym. 2020] pastörintikokeen tuloksista kuvaavat pastörintin vaikutusta tuotteen brix-arvoon. Brix valm. tarkoittaa brix-mittaustuloksia, jotka on mitattu valmistuksessa ennen pastörintia. Brix PK11 tarkoittaa pakkaamisen yhteydessä mitattuja brix-arvoja pastöroidusta tuotteesta. Seur.päiv tarkoittaa mittaustuloksia, jotka on mitattu laboratoriossa seuraavana päivänä pakkaamisesta. Pastörinti muuttaa brix-arvoa  $+0,2$  °Brix.

Graafinen yhteenvetoraportti (kuva 19) kokoaa kokeen tulokset ja kuvaa pastörintin vaikutusta mustikkakeiton brix-arvoon. Valmistuksen aineisto ei ole normaalisti jakautunut, mutta vinouma on pieni, joten ei ole ongelmaa käyttää normaalisti jakautuneen datan työkaluja. Koetulokset osoittavat brix-arvon muuttuvan  $+0,2$  °Brix pastörintin sokerisella mustikkakeitolla. Seuraavan päivän mittaustuloksessa tapahtuva muutos on  $+0,02$  °Brix, joka ei ole merkittävä, sillä prosessissa ei pystytä vastaamaan tarkkuuteen.

Vastaavanlainen koe järjestettiin myös sokerittomalle mustikkakeitolle, jonka tulokset osoittivat pastöroinnin vaikuttavan brix-arvoon  $+0,2$  °Brix myös sokerittomalla tuotteella. [Autio ym. 2020.] Brix-arvon muutos selittyy kuiva-ainepitoisuuden kasvamisena pastöroinnissa. Ei voida kuitenkaan vielä tehdä johtopäätöstä, että pastörointi vaikuttaisi kaikilla marjakeitoilla brix-arvoon saman verran, ja kokeita tulisi suorittaa myös muilla marjakeitoilla.

#### 4.4 Parantamis- ja ohjausvaihe (improve and control)

##### 4.4.1 Koesuunnittelun ja työpajojen tulokset

Mittausvaiheen (measure) koesuunnittelun ja työpajojen tuloksia esitellään kuvassa 20, joka kokoaa yhteen analysointivaiheessa (analyze) tutkittuja asioita. Osa kirjatuista asioista on havaintoja, joita tehtiin jo määrittely- ja mittausvaiheen aikana.

#### KOESUUNNITTELUN (DOE) TAI TYÖPAJOJEN TULOKSET

- Ohjausrajojen epäselvyys aiheuttaa erilaisia tulkintoja tavoitteesta
- Mustikkakeiton brixin toteutumista ei seurata tehtaan johtamistapahtumissa.
- Mustikkakeiton valmistukseen ei ole olemassa työohjetta.
- Valmistusraporttiin kirjattavat asiat eivät ole yksiselitteisiä.
- Kaikki valmistajat eivät välttämättä tiedä taustoja brix-arvolle ja ohjausrajoille
- Mittausprosessin total gage on ainoastaan 41,48. Tunnistettiin, että mittausepävarmuudeltaan epätarkin mittari on valmistuksessa. Vaihdetaan valmistuksen ja pakkauksen mittarit keskenään, koska pakkauksen mittari on tarkkuusluokaltaan parempi.
- Pastöroinnin koejärjestelyn jälkeen voidaan todeta, että tuotteen brix muuttuu pastöroinnin aikana keskimäärin  $0,215 \approx 0,2$  °Brix.
- Voidaan todeta käyttäjällä olevan vaikutus brix-arvoon.
- Tarkan vedenmäärän lisäämisessä on haasteita.

Kuva 20. Yhteenveto koesuunnittelun ja työpajojen tuloksista tiivistetysti luettelona.

Kuvassa 20 ohjausrajojen epäselkeydellä tarkoitetaan brix-yhteenvetotaulukon esitystapaan, jonka havaittiin jättävän tulkinnanvaraisuuksia brix-tavoitearvoista muillakin tuotteilla kuin mustikkakeitolla. Valmistusraporttiin kirjattavissa tiedoissa löytyi myös tulkinnanvaraisuuksia siitä, mitä tietoja raporttiin pitäisi kirjoittaa.

#### 4.4.2 Toimenpide- ja ohjaussuunnitelmat

Prosessin parantamiseksi tehtävistä toimenpiteistä laaditaan toimenpide- ja ohjaussuunnitelmat (taulukot 3 ja 4). Toimenpiteet kirjataan suunnitelmaan vastuuhenkilöineen ja määräaikoineen. Tehtävien vastuuhenkilöiksi voidaan valita myös sellaisia yrityksen henkilöstöstä, jotka eivät ole osallistuneet projektiin. Tekijän on hyvä olla se, jonka työtehtävien vastuualueelle toimenpide kohdistuu ja jolla asiantuntemus on hyvällä tasolla. Jos vastuuhenkilö ei ole osallistunut projektiin, on projektiaineisto esiteltävä hyvin, jotta ymmärrys toimenpiteestä ja sen tavoitteesta on selkeä. Tässä kohtaa tärkeäksi nousevat myös motivointi ja sitouttaminen, jotka ovat projektin loppuun saattamisessa avainasemassa. Toimenpiteiden tekemiseen on varattava riittävästi aikaa ja resursseja.

Taulukko 3. Toimenpidesuunnitelma [Autio ym. 2020] kokoaa projektissa sovitut prosessiin tehtävät muutokset vastuuhenkilöineen ja määräaikoineen.

Mitä	Kuka	Koska	Status
Valmistajien koulutus	Valmistusvastaava	30.08.19	Kesken?
Ohjausrajojen määrittäminen siten, että huomioidaan pastöroinnissa havaittu tuotteen muuttuminen	Tuotantopäällikkö	25.6.19	Valmis
Ohjauskortin seuraaminen tuotantokokouksessa	Valmistusvastaava	30.06.19	Valmis
Varmennetaan brixin muuttuminen pastöroinnissa YB-projektin avulla	Tehtaanjohtaja	31.5.2019	Valmis
Valmistusraportin ja siihen tehtävien kirjausten tarkentaminen	Valmistusvastaava	30.06.19	Valmis
Työohjeen laatiminen	Valmistusvastaava	30.09.19	Valmis
Mittausprosessin parantaminen vaihtamalla pakkauksen ja valmistuksen mittarit keskenään	Tuotantopäällikkö	30.05.19	Kesken

Toimenpidesuunnitelma (taulukko 3) kokoaa yhteen projektissa sovitut toimenpiteet. Suunnitelmasta voi nähdä, että kaikki tehtävät muutokset ja parannukset koskevat toimintatapoja; laiteinvestointeja ei projektissa tehdä. Toimenpiteissä huomioidaan tuotevalmistajien koulutuksella ja työohjeen laatimisella yhtenäisten toimintatapojen saavuttaminen. Pastöroinnin vaikutus brix-arvon muuttumiseen huomioidaan ohjausrajoissa ja toteutumista seurataan tuotantokokouksessa. Kirjauskäytäntöjä selkeytetään ja

tarkennetaan. [Autio ym. 2020.] Toimenpiteiden täytäntöönpano jää yrityksen omaksi tehtäväksi.

Mustikkakeiton brix-arvojen ohjausrajat asetettiin seuraavasti: valmistuksen uusi brix-tavoitearvo on 10,4 °Brix (aiemmin 10,6 °Brix) ja valmistuksen ohjausrajat 10,2–10,6 °Brix. Pakkauksen spesifikaatorajoja ei muutettu ja ne pysyivät rajoissa 9,6–11,6 °Brix. Pastöroinnin jälkeinen brix-tavoitearvo poistettiin taulukosta, mutta lopputuotteen brix-tavoitearvo 10,6 °Brix säilyy samana. Lopputuotteen brix-tavoitearvo löytyy kuitenkin kirjattuna valmistusespesifikaatiosta. [Autio ym. 2020; Valmistusespesifikaatio Valio Mustikkakeitto 2019.]

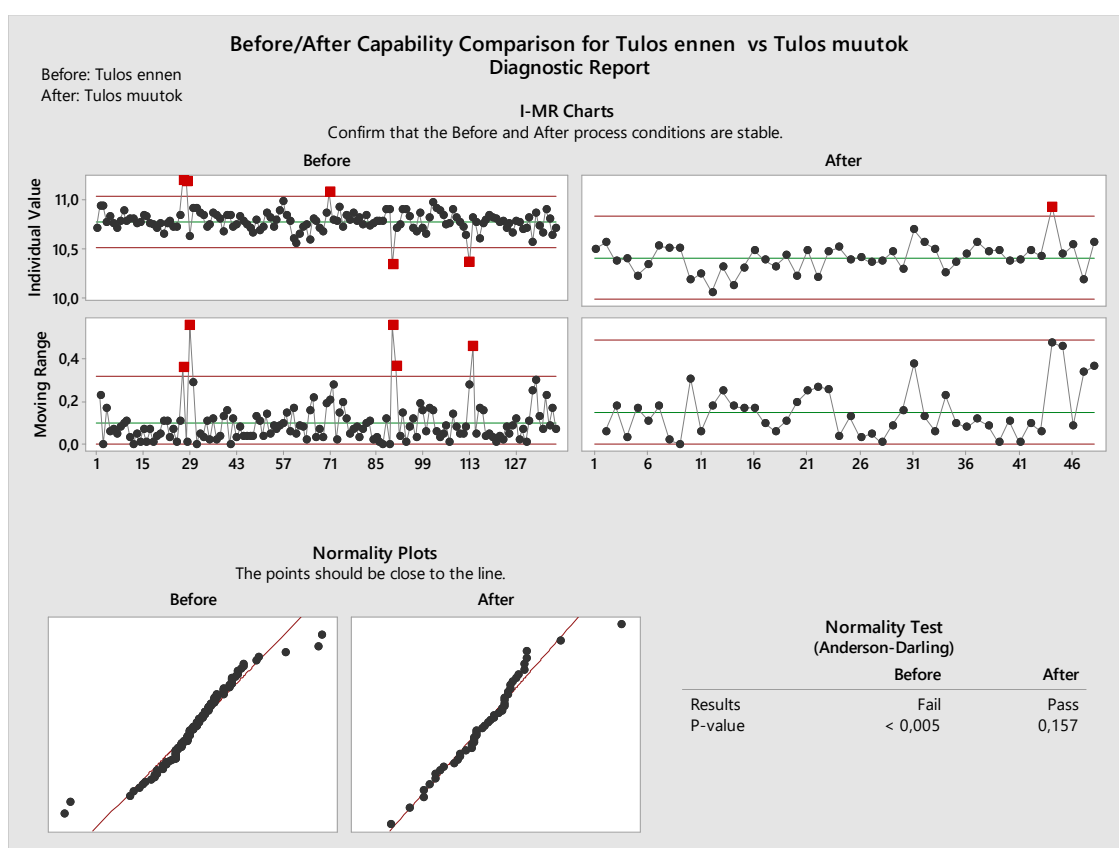
Taulukko 4. Projektin ohjaussuunnitelma [Autio ym. 2020].

Mittari	Mitä mittaa/ilmaisee	Vastuuhenkilö	Kuinka usein
Mustikkakeiton brix	Ilmaisee miten hyvin projektin tulokset on saatu siirrettyä tuotantoon	Valmistusvastaava	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seurataan toteutuneita brix-mittaustuloksia päivittäisjohtamisen tapahtumissa, kunnes voidaan todeta tilanteen vakiintuneen. Min. 2019 loppuun saakka.</li> <li>Huomioidaan keittojen brix-tavoitearvot policy deployment matriisissa.</li> <li>Seurataan mustikkakeiton kyvykkyyden kehittymistä 1 krt/kk johtoryhmän kokouksissa, kunnes todetaan tilanteen vakiintuneen</li> </ul>
Mustikkakeiton kuluttajapalautteet	Varmistetaan että asiakas ei reagoi keiton laadun tarkistukseen	Tuotantopäällikkö	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seurataan kerran viikossa tehtaan ET-ryhmässä</li> </ul>

Ohjaussuunnitelman teko ja toteutus jäi yrityksen omaksi tehtäväksi. Ohjaussuunnitelmaan (taulukko 4) on määritetty, että mustikkakeiton brix-mittaustuloksia seurataan päivittäisjohtamisen tapahtumissa ja johtoryhmän kokouksissa, kunnes voidaan todeta tilanteen vakiintuneen. Seurausta tehdään vähintään vuoden 2019 loppuun. Mustikkakeiton kuluttajapalautteita seurataan elintarviketurvallisuusryhmän tapaamisissa ja varmistetaan, että kuluttaja ei reagoi keiton laaduntarkistukseen [Autio ym. 2020].

#### 4.4.3 Parantamistoimien todentaminen

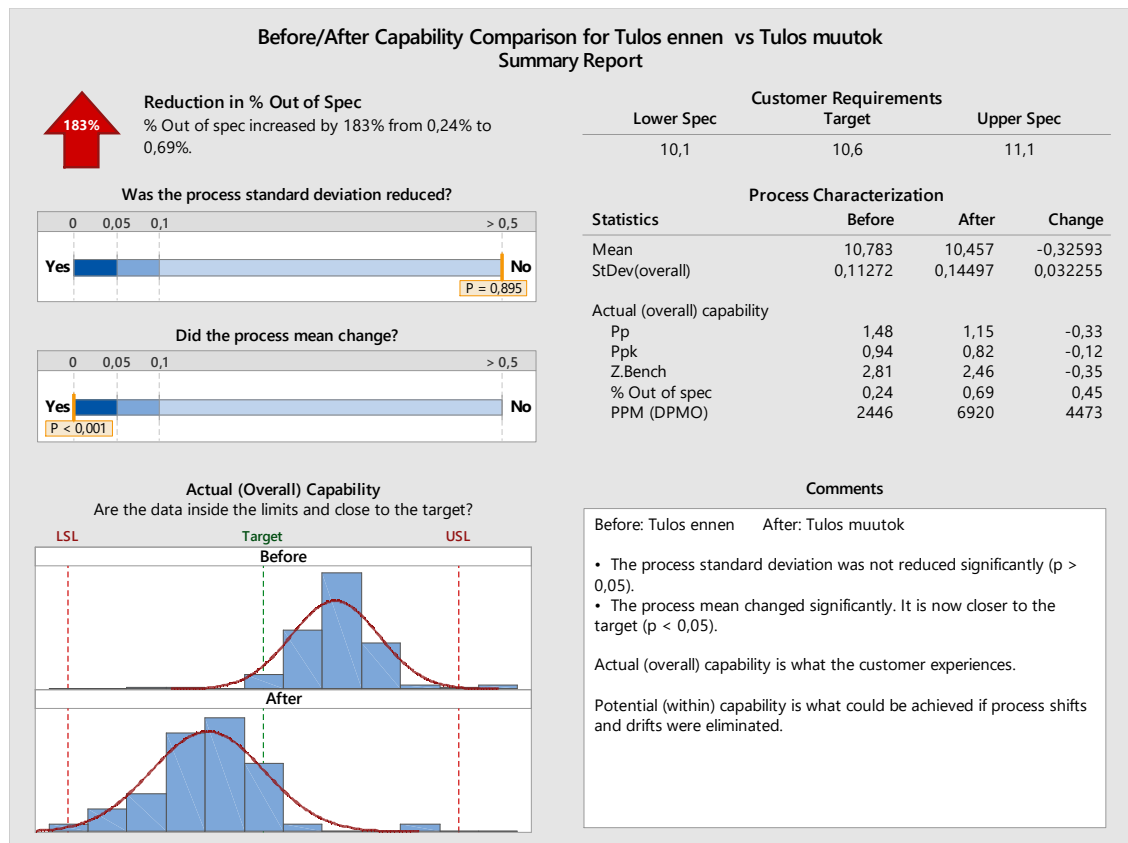
Parantamistoimien todentaminen jäi yrityksen omaksi tehtäväksi ja yritys antoi Minitab-tilasto-ohjelmalla tehdyt tilastolliset analyysit (kuvat 21 ja 22) käytettäväksi ja analysoitavaksi insinööriyöraportissa. Hankkeen onnistumista arvioidaan asetettujen projektin avainmittarien avulla ja tehdään parantamishankkeen ennen ja jälkeen -vertailukaaviot. Mittaus- ja analysointivaiheiden (measure, analyze) data-analyyseistä toistetaan tarvittavat uudella aineistolla parantamistoimenpiteiden jälkeiseltä ajalta. Vertailun avulla voidaan todeta, ovatko tehdyt toimenpiteet parantaneet prosessia halutulla tavalla. Lisäksi voidaan arvioida muutoksen riittävyyttä.



Kuva 21. Kyvykkyyden vertailukaaviot [Autio ym. 2020] ennen ja jälkeen projektin.

Kuvassa 21 esitetään kyvykkyyden vertailukaaviot brix-mittaustuloksista mustikkakei-  
tolla ennen ja jälkeen projektin ohjauskortteina ja normaalijakaumakuviaina. Tulkintaa  
tehtäessä on huomioitava, että ennen-mittaustuloksien tarkasteluväli on pidempi ja näin  
ollen ennen-mittaustuloksia on yli puolet enemmän kuin jälkeen-mittaustuloksia.

Raportin normaalijakautumisen testi osoittaa, että jälkeen-mittaustuloksien olevan normaalisti jakautunutta, mikä kertoo poikkeamien ja erityisyyden vähentymisestä. Ohjauskortin punaiset neliöt kuvaavat poikkeamia ja erityisyyttä, joita on jälkeen-tuloksissa vähemmän kuin aiemmin.



Kuva 22. Yhteenvetoraportti [Autoio ym. 2020] prosessin kyvykkyydestä ennen ja jälkeen projektiin.

Prosessin ennen ja jälkeen -kyvykkyysanalyysiä (kuva 22) tulkittaessa on huomioitava, että analyysissä on käytetty tiukempia spesifikaatorajoja LSL 10,1 ja USL 11,1 (Lower/Upper Specification Limit), kun tuotteen spesifikaatorajoiksi on määritetty 9,6—11,6 °Brix. Prosessimittaukset ovat laboratorion brix-mittaustuloksia, joiden brix-tavoitearvo on 10,6 °Brix.

Prosessin ennen ja jälkeen -kyvykkyysanalyysin yhteenvetoraportti osoittaa seuraavaa: Ennen projektin alkua oli Pp-arvo 1,48 ja on sen jälkeen 1,15, mikä kuvaa prosessimitauksien leveyden huonontuneen suhteessa prosessin spesifikaatorajoihin. Tämä sekä keskiahajonta ennen muutoksia oli StDev 0,11 (*Standard Deviation*. Käännös:

Luonnollinen vaihtelu) ja on muutosten jälkeen 0,14. Kuvassa 22 raportoidun testin mukaan vaihtelu ei ole vähentynyt tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Koska prosessimitauksien leveys on kasvanut, myös prosessimitauksien suhdetta spesifikaatorajoihin arvioiva Ppk:n tulos huononee arvosta 0,94 arvoon 0,82 ja ongelma siirtyy käyrän alarajaan PPL:ään, kun käyrän sijainti on muuttunut alemmas. Spesifikaatorajojen ylityksiä on projektin jälkeen vähemmän kuin aiemmin. Sekä Pp että Ppk ovat nyt yleisesti teollisuuden aloilla hyvinä arvoina pidetyn tuloksen 1,33 alapuolella.

Prosessin kyvykkyyden potentiaalia datan jakautumisessa suhteessa tavoitearvoon, kun eliminoidaan erityisyyt ja poikkeamat, kuvaava Cpk-arvo oli ennen projektia 1,32 ja on muutoksien jälkeen 0,89 eli tulos on huonontunut. Voidaan tämän perusteella päätellä, että myöskään Cpm ei ole parantunut. Brix-mittaustulosten keskiarvon ero tavoitteeseen oli ennen projektia +0,183 ja muutoksien jälkeen -0,143. Projektin alussa todettiin tuotteen olleen ylilaatuinen eli brix-mittaustulosten keskiarvo olleen yli tavoitearvon ja on prosessiin tehtyjen muutoksien jälkeen lähes saman verran alilaatuinen suhteessa tavoitteeseen.

Koska projektin yhtenä toimenpiteenä laboratorioon vietävien näytepakkausten määrää vähennettiin, seurauksena on, että osaa projektin alussa käytetystä datasta ei enää kerätä tietojärjestelmään. Muutoksen jälkeen laboratorioon viedään ainoastaan pakkaamon tuotantoajon aloituspurkki mikrobiologisten analyysien vuoksi ja siitä mitataan myös brix-arvo. Tämän vuoksi ohjausvaiheessa (control) täytyi käyttää data-aineistona tuotannon aloituksen brix-mittaustuloksia, kun projektin alussa käytettiin analyyseissä tuotantoajon aikana mitattuja brix-arvoja. Aloituspurkkien brix-arvojen on havaittu olevan hieman alhaisempia kuin ajon aikaisten, mikä on virhelähteenä ohjausvaiheen analyysissä. Vertailun vuoksi ohjausvaiheen tilastolliset analyysit pitäisi tehdä pakkaamon ajon aikaisilla brix-mittaustuloksilla.

## 5 Tulokset ja niiden tarkastelu

Prosessissa tapahtunutta muutosta voidaan todentaa määrittelyvaiheessa (define) asetettujen avainmittarien (taulukko 5) avulla. Määrittelyvaiheessa data-aineiston perusteella selvitettiin ennen projektia olleet arvot mittareille ja näille tavoitteet, jotka pyrittiin projektilla saavuttamaan. Prosessiin tehtyjen muutoksien jälkeisen seurantajakson data-

aineiston perusteella lisättiin saavutetut tulokset mittareille. Tavoitteena olleen tuotelaadun parantaminen vastaamaan tarkemmin brix-tavoitearvoa on mitattavissa brix-mittaustulosten keskiarvon erolla brix-tavoitearvoon. Brix-mittaustulosten hajonta toimii mittarina tuotelaadun vaihtelulle.

Taulukko 5. Projektin avainmittarit, joilla pystytään todentamaan prosessin muuttuminen projektin muutoksien jälkeen. Taulukkoon lisätty projektin jälkeiset tulokset mittareille.

Mittari	Nykytila	Tavoite	Tulos
Brix-mittaustulosten keskiarvon ero brix-tavoitearvoon	+0,17	0,09	-0,14
Brix-mittaustuloksien hajonta	0,11	0,06	0,14
Vapa (maku, rakenne , ulkonäkö), vuosi 2018 alusta	3,81 ppm	2 ppm	?

Työn tuloksista laadittiin kooste (taulukko 6), jossa palataan tarkastelemaan C&E-matriisin todennäköisimpiä juurisyitä ongelman taustalla, joiden perusteella mittaus- ja analysointivaiheiden (measure and analyze) selvitykset tehtiin. Taulukossa lyhyesti esitellään selvitysten tulokset, tehdyt toimenpiteet ja niiden vaikutukset prosessiin. Viimeisessä sarakkeessa on yritykselle suositellut jatkotoimenpiteet, joilla voitaisiin parantaa prosessia edelleen ja mahdollisesti saavuttaa kaikki projektille asetetut tavoitteet. Taulukossa esitetyt asiat kerrotaan laajemmin taulukon jälkeen.

Taulukko 6. C&E-matriisin vaihtelun todennäköisimmät juurisyyt, näille projektissa tehty selvitys ja toimenpiteet, toimenpiteiden vaikutus prosessiin sekä yritykselle esitettävät jatkoehdotukset näiden osalta.

Vaihtelun todennäköiset juurisyyt C&E Matriisista	Projektissa tehty selvitys hypoteesistä	Prosessiin tehdyt parantamistoimet	Parantamistoimen todentaminen ja vaikutus prosessiin	Jatkoehdotukset
1. Vedenlisäyksen haasteet, ei mittareita eri vaiheissa ja on/off-venttiilien epätarkkuus.	Ei tehty. Viitteitä prosessiteknisistä haasteista vedenlisäyksessä testeissä käyttäjän vaikutuksesta brix-arvoon.	Ei tehty.	Ei tehty.	On/off-venttiilien korvaaminen tarkemman vedenlisäyksen mahdollistaviin venttiileihin.
2. Pastöroinnin vaikutusta ei tiedetä	Koetulokset osoittivat pastöroinnin vaikuttavan tuotteen brix-arvoon + 0,2 °Brix.	Uudet valmistuksen ohjausrajat 10,2 – 10,6 °Brix ennen pastörointia.	Lopputuotteen brix-mittaustuloksien keskiarvo 10,46 °Brix on alle tavoitteen	Ohjausv. analyysien tarkastus pakkaamon brix-tuloksilla. Valm. ohjausrajojen siirtäminen tarvittaessa 10,3 – 10,7 °Brix, valm. tavoitteen 10,4 lisääminen yht.vetotaulukkoon.
3. Erilaiset toimintatavat ja työohjeiden puuttuminen	Hypoteesin testaus käyttäjän vaikutuksesta brix-arvoon.	Työohjeet, koulutus, kirjauskäytäntöjen muutokset	Ei ole todettu data-analyysin, ei tiedetä vaikuttavuutta prosessiin.	Testien toistaminen muutoksen todentamiseksi.
4. Brix-spesifikaatorajat laajat	Tausta selvitetty, aiemman mittaustekniikan epätarkkuus	Ei tehty.	Ei tehty.	Brix-spesifikaatorajojen määrittäminen nykyisen mittaus-tekniikan mukaan.
5. Mittausprosessin epäluotettavuus	Mittalaiteanalyysi	Ei tehty: pakkaamon tarkempi refraktometri käytettäväksi valmistukseen.	Ei tehty.	Laitteiden vaihto ja mittalaiteanalyysin toistaminen muutoksen todentamiseksi.
6. Inhimilliset virheet, kuten jauhereseptin syöttövirhe	Ei tehty.	Ei tehty.	Ei tehty.	Selvitys mahdollisuuksista teknisillä prosessimuutoksilla.

## 5.1 Tuotelaadun parantaminen

Tuotelaadun parantaminen vastaamaan tarkemmin spesifikaation määritelmää eli brix-tavoitearvoa oli yksi projektin päätavoitteista. Pastöroinnin vaikutuksen selvittäminen tuotteen brix-arvoon oli yksi merkittävimmistä tekijöistä, miksi tuotteen brix-mittaustulosten keskiarvo oli yli tavoitearvon. Pastörointi muuttaa sokerillisen mustikkakeiton brix-

arvoa +0,2 °Brix. Samanlainen selvitys tehtiin myös sokerittomalla mustikkakeitolla, jonka brix-arvo muuttui pastöroinnissa myös +0,2 °Brix. Muutos selittyy kuiva-ainepitoisuuden kasvamisena. Tämä tarkoittaa, että mustikkakeiton brix-arvon tulisi olla ennen pastörointia keskimäärin 10,4 °Brix, jotta saavutettaisiin lopputuotteelle asetettu tavoitearvo 10,6 °Brix. Projektiryhmä suosittelee löydettyjen ilmiöiden selvittämistä muillakin tehtaalla marjakeitoilla ja mehutuotteilla.

Toimenpiteenä tehtiin valmistuksen ohjausrajojen muutos, johon määritettiin ohjausraajat ennen pastörointia 10,2–10,6 °Brix ja valmistuksen brix-tavoitearvo poistettiin valmistajien käyttämästä brix-yhteenvetotaulukosta. Ohjausvaiheen ennen ja jälkeen -analyysit kertovat mittaustuloksien jakauman sijainnin olleen ennen projektia väärässä kohtaan tavoitteen yläpuolella, ja se on muutoksien jälkeen väärässä kohtaa tavoitteen alapuolella brix-mittaustuloksien keskiarvon ollessa 10,46 °Brix. Muutoksen tuoma hyöty on kustannussäästöinä arviolta 20 000 € vuodessa.

Jatkotoimena yritykselle suositellaan ohjausvaiheen jälkeen -analyysin tarkistamista pakkaamon tuotantoajan aikaisilla brix-mittaustuloksilla. Mikäli tarkastuksen jälkeen brix-mittaustulosten keskiarvo on edelleen alle tavoitearvon, suositellaan valmistuksen ohjausrajojen siirtoa arvoihin 10,3–10,7 °Brix.

Lisäksi suositellaan valmistuksen tavoitearvon 10,4 °Brix kirjaamista brix-yhteenvetotaulukoon. Valmistuksen brix-mittaustulos on tuotelaadun kannalta oleellisin prosessissa käytettävässä brix-yhteenvetotaulukossa, sillä tuotelaatua ei voida enää muuttaa pastöroinnin jälkeen. Valmistuksen brix-tavoitearvon puuttuessa taulukosta voidaan saada käsitys, että tuotteen brix-arvoa on säädetty tuotevalmistuksessa riittävästi, kunhan mittaustulos osuu ohjausrajojen sisälle. Kirjaamattomat asiat unohtuvat nopeasti, eikä taulukoon kannata jättää tulkinnanvaraisuuksia. Näiden takia brix-tavoitteen kirkkana mielessä pitäminen valmistuksessa on erityisen tärkeää.

Dokumentoinnin tärkeyttä ei voi ylikorostaa. Pitkin projektia nousi esille vuosikymmenten aikaisten toimintojen ja muutosten dokumentoimattomuuden tuomat haasteet. Kaikenlaisia dokumentteja paperisina oli ja on arkistoituna pitkin tehdasta, mutta systemaattisuus puuttuu. Projektissa haastateltiin tehtaalta juuri eläköityvää pitkän linjan tuoteasiantuntijaa, joka pahimmassa tapauksessa olisi vienyt tuon kaiken hiljaisen tiedon mukanaan, ja arvokasta tietoa olisi kadonnut. Projektin läpivienti aloituksesta ohjausvaiheen

loppuun vei kaiken kaikkiaan noin vuoden eli kyseessä oli iso projekti. Jo projektin aikana käsitellyjä asioita unohtuu, jolloin dokumentoinnin tärkeys nousee taas esiin. Jotta voidaan esimerkiksi tarkistaa ja seurata myöhemmin, millaisia tuloksia projektin avainmittarit myöhemmin antavat, on tärkeä kirjata tarkasti, millaista ja miten mitattua dataa niiden pohjalla on käytetty.

Muutosta tehtäessä tulisi kuitenkin olla erityisen varovainen, ettei tavoiteltavaa kustannussäästöä tehdä asiakastyytyväisyyden ja asiakkaan menetyksen kustannuksella. Tässä mielessä hieman unohdetaan lean six sigman tärkein sanoma, että kaikki tehtävät parannukset tulee olla asiakaslähtöisiä. Tämä saa pohtimaan, maistaako kuluttaja eron tuotteessa, miten se vaikuttaa kuluttajakäyttäytymiseen ja olisiko samansuuruiset tai jopa suuremmat kustannussäästöt saatu jostain muusta kohteesta tehtaalla.

## 5.2 Laadunvaihtelun vähentäminen

Tuotelaadun eli brix-mittaustulosten vaihtelun vähentäminen oli yksi projektin päätavoitteista. Hypoteesien tarkastelu osoitti toimintatavoissa esiintyneen vaihtelua saman valmistajan eri valmistuskerroilla ja valmistajien välillä. Valmistaja lisää tuotteeseen vettä useita kertoja vedenlisäyksen viimeisessä vaiheessa, jossa halutun brix-arvon saavuttamiseksi sama valmistaja voi eri valmistuskerroilla lisätä tuotteeseen 4–11 kertaa vettä yhteensä 2 300–4 000 litran välillä. Tämä ei välttämättä selity yksin toimintatapojen vaihtelulla, vaan viittaavat vahvasti prosessi- ja laitetekniseen kyvyttömyyteen hallita ainakin tätä prosessinvaihetta nykyisessä valmistusprosessissa. Lopputuotteen brix-mittaustuloksissa esiintyy vaihtelua saman valmistajan eri valmistuskerroilla ja valmistajien välillä. Toimenpiteenä vaihtelun pienentämiseksi tehtiin toimintatapojen yhtenäistämiseksi musikkakeiton valmistuksen työohje, koulutettiin tuotevalmistajia ja muutettiin valmistusraportti käsin kirjoitettavasta mallista sähköiseen muotoon. Lisäksi valmistuksen ohjausrajojen kaventamisella pyrittiin saavuttamaan brix-mittaustulosten vaihtelun pienentyminen.

Parantamistoimien jälkeisellä seurantajaksolla vaihtelu oli kasvanut ja prosessin kyvykkyysanalyysit osoittivat kyvykkyuden huonontuneen, kun Pp-arvo (jakauman leveys) oli ennen 1,48 ja oli laskenut arvoon 1,15, kokonaiskyvykkyys Ppk-arvo oli ennen 0,94 ja oli laskenut arvoon 0,82. Näiden hyvinä tuloksina pidetään vähintään arvoa 1,33. Vaihtelu

kasvoi arvosta 0,11 arvoon 0,14, kun projektin tavoitteena oli pienentää vaihtelu arvoon 0,06. Vaihtelun kasvaminen kertoo siitä, että projektissa ei löydetty keinoja hallita prosessissa esiintyvää vaihtelua ja brix-arvoa ei pystytty asettamaan tavoitteeseensa muutetussa prosessissa. Projektiryhmä antoi ohjausvaiheessa jatkotoimena suosituksen siirtymisestä tilastollisten ohjausrajojen käyttöön, millä voitaisiin saavuttaa vaihtelun pieneneminen, mistä saattaisi kuitenkin syntyä ristiriita tuotteessa luvattujen marjapitoisuuksien suhteen.

Projektin aikana pidettiin ensisijaisena tavoitteena pienentää vaihtelua nykyiseen keskiarvoon. Kun pystyttäisiin hallitsemaan prosessin vaihtelua ja valmistamaan tietyn brix-arvon omaavaa tuotetta, voitaisiin sen jälkeen miettiä yhdessä Valion tuotekehityksen asiantuntijoiden kanssa, mitä brix-arvon tulisi olla. Lopulta asiakasvaatimusten kannalta projektin jälkeen käyrän siirtyminen tavoitteen toiselle puolelle ja vaihtelun kasvaminen, voivat huonontaa asiakkaan kokemusta tuotteesta.

Jatkotoimena yritykselle suositellaan C&E-matriisiin vaihtelun todennäköisimmäksi juurisyyksi nousseen vedenannostelun haasteiden tarkastelua, mihin liittyvät prosessissa käytettyjen on/off-venttiilien epätarkkuus vedenannostelussa johtuen vedenpaineen vaihtelusta ja mittareiden puuttuminen prosessin eri vaiheista. Se, että jokaiseen prosessinvaiheeseen lisättäisiin vedenannostelutietojen saamiseksi mittareita, ei toisi niinkään ratkaisevaa lisäarvoa ja olisi kustannusmielessäkin kallista. Sen sijaan viimeisen vedenlisäyksen on/off-venttiilien korvaaminen tarkan vedenlisäyksen mahdollistaviin venttiileihin edistäisi onnistumista brix-arvon säätämisessä tavoitteeseensa, mikä voisi olla osa ratkaisua vaihtelun vähentämisessä.

Spesifikaatorajojen määrittelyssä havaittiin olevan turhaa leveyttä mustikkakeiton rajojen ollessa 9,6–11,6 °Brix. Tällä hetkellä spesifikaatorajat ovat vanhemmilla tuotteilla, kuten mustikkakeitolla, pääsääntöisesti puolta leveämmät kuin uudemmilla tuotteilla. Spesifikaatorajojen määrittelyn taustojen selvittämisessä havaittiin määrittelyssä olevan eroja marjakeittotuotteiden välillä. Erojen syyksi selvisi aiemmin käytössä olleet epätarkemmat mittausmenetelmät, joiden kehittymisen myötä spesifikaatorajoja ei ole muutettu vastaamaan nykyisiä mittausmenetelmiä. Pakkaamo käyttää näitä spesifikaatorajoja myyntiinhyväksynnässä, mikä on suoraan yhteydessä asiakkaan saamaan kokemukseen tuotteen tasalaatuisuudesta, kun asiakas saa tuotteen vaihtelevasti brix-arvoilla 9,6–11,6 °Brix. Jatkotoimena yritykselle suositellaan spesifikaatorajojen

yhtenäistäminen kaikilla marjakeitoilla vastaamaan paremmin nykyisten mittausmenetelmien mahdollistamaa tarkkuutta. Tällä toimenpiteellä spesifikaatorajoista poistettaisiin turha leveys ja varmistettaisiin, että asiakkaan saama tuote on tasalaatuisempi.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyössä parannettiin mustikkakeittoprosessin laatua, ja tavoitteena oli parantaa tuotelaatu vastaamaan tarkemmin spesifikaation määritelmää sekä vähentää tuotelaadun vaihtelua. Tuotelaatu on tärkeä asia niin yritykselle kuin asiakkaallekin, sillä tuotelaadun ollessa yli tavoitearvon kuluu raaka-ainetta suunniteltua enemmän vaikuttaen tehtaan tulokseen ja laadunvaihtelu vaikuttaa asiakkaan saamaan kokemukseen tuotteesta.

Työssä selvitettiin ongelman juurisyitä, joita olivat vedenlisäyksen haasteet, pastöroinnin vaikutusta ei tiedetty, erilaiset toimintatavat valmistusprosessissa, työhöjien puuttuminen, mittausprosessin epäluotettavuus ja spesifikaatorajojen leveys. Pastöroinnin vaikutus mustikkakeiton brix-arvoon selvitettiin työssä, ja tämän selvittäminen toi ratkaisun siihen, miksi tuotelaatu oli yli tavoitteen. Vaihtelun vähentämiseksi toimintatapoja yhtenäistettiin, mutta se ei tuonut riittävää muutosta tuotelaadun vaihteluun. Toimintatapojen tarkastelun hyötynä oli kuitenkin turhien työvaiheiden väheneminen ja kirjauskäytäntöjen selkeyttäminen. Yritykselle suositellaan valmistusprosessissa käytettyjen on/off-venttiilien korvaamista tarkemman vedenlisäyksen mahdollistavilla venttiileillä ja spesifikaatorajojen määritysten yhtenäistämistä, jolloin laadunvaihtelun vähentämisen tavoite voitaisiin saavuttaa. Työ toimii pohjana tuoteryhmän muiden tuotteiden tarkastelulle. Tehty pastörintikoe voidaan toistaa myös muilla tuotteilla, jolloin saavutettaisiin projektin lopullinen tavoite koko tuoteryhmän tuotelaadun tasaamisesta vastaamaan tuotteille määritettyjä brix-tavoitearvoja.

Insinööriyöraportin toivottiin kirjoitettavan lean six sigman näkökulmasta, jolloin raportti tuo lisäarvona oppeja lean six sigma -menetelmän käytöstä. Yrityksessä lisätään jatkuvasti lean six sigma -osaamista ja koulutukseen osallistuvat voivat käyttää raporttia esimerkkiprojektina koulutuksen aikana tehtävässä konkreettisessa harjoitusprojektissa. Lisäksi insinööriyötä voitaisiin hyödyntää Valion lean six sigma -projektialustan tai -pohjan kehittämiseen täydentämällä siihen insinööriyöraportin kuvauksia ja ohjeita työvaiheista

ja työkaluista. Tällä saataisiin hyötynä tehtävien ja työkalujen tarkoituksen paremmin hahmottaminen, sillä projekteihin osallistuu usein henkilöitä, joilla ei ole aiempaa kokemusta lean six sigmasta.

Lean six sigma tarjosi johdonmukaisen projektin vetotavan ongelmanratkaisuun ja prosessin parantamiseen. Useat työkalut auttoivat ajattelemaan ongelmaa monipuolisesti erilaisista näkökulmista ja uudella tavalla. Projektin kaava ja työkalut tulevat lean six sigmasta, mikä tuo projektin etenemiseen selkeyttä. Projektin aiheen on pysyttävä melko tiukasti rajoissaan, jotta projekti ei rönsyile ja pitkity. On tärkeää muistaa, että yhdessä projektissa ei voida ratkaista ja selvittää kaikkia esille nousseita asioita. Projektin tavoitetta on hyvä välillä kirkastaa mieleen, jotta muistetaan, mitä ollaan selvittämässä. Toisaalta tehdyistä havainnoista voi löytyä seuraavien projektien aiheita.

Tärkeäksi osoittautui projektiryhmän jäsenten eri toiminta-alueiden asiantuntemuksen hyödyntäminen, kuunteleminen, toisilta oppiminen, sitoutuneisuus ja motivaatio projektiin. Projektia vaikeuttavia tekijöitä ovat ymmärryksen muodostaminen eri toiminta-alueiden osaajien välillä, henkilöillä olevat muut työtehtävät ja niiden päällekkäisyys, yhteensovittaminen ja ajan järjestäminen. Projektinvetäjä ja insinööriyöntekijä tekivät suuren osan projektinvaiheiden töistä, mikä toi työskentelyyn ja projektin etenemiseen sujuvuutta. Insinööriyön hyötynä oli siten myös yrityksen saama hyöty työpanoksesta prosessin parantamishankkeessa. Lisäksi yritys hyötyi ulkopuolisen osallistumisesta hankkeeseen siten, että ulkopuolinen tuo uusia ajatuksia ja näkemyksiä. Ulkopuolinen katsoo asioita uusin silmin ja pystyy tarkastelemaan prosessin tapahtumia ja toimintatapoja objektiivisesti.

## Lähteet

Autio, Jari; Hauvala, Jonna; Ihalainen, Niina; Lappalainen, Varpu; Päckilä, Miina; Perkiömäki, Jonna & Stenholm, Jaana. Helsingin mehutehtaan mustikkakeittoprosessin laadun parantaminen. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Valio Oy.

Autio, Jari; Hauvala, Jonna; Ihalainen, Niina; Korkee, Pekka; Lappalainen, Varpu; Perkiömäki, Jonna; Stenholm, Jaana & Viikari, Paula. Valio Oy. Keskustelu. 2.1. – 30.5.2019.

CTQ Tree. Verkkoaineisto. What Is SixSigma.net. <<https://www.whatissixsigma.net/ctq-tree/>>. Luettu 30.3.2020.

George, Michael. 2002. Lean Six Sigma. E-kirja. McGraw-Hill.

George, Michael; Rowlands, David & Kastle, Bill. 2005. What is Lean Six Sigma. E-kirja. McGraw-Hill.

Johdatus tilastotieteeseen. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu\\_v2.xql?course\\_id=tkoulu\\_tilaj&lesson\\_id=2&subject\\_id=21&page\\_type=sisalto](https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=2&subject_id=21&page_type=sisalto)>. Luettu 30.3.2020.

Kaikki tuotot maitotiloille. Verkkoaineisto. Valio Oy. <<https://www.valio.fi/vastuullisuus/osuustoiminta/>>. Luettu 30.4.2020.

Laatutyö elintarvikeketjussa. 2011. Luentomoniste. Laatuketju.

Lintula, Risto & Koivisto, Mika. 2015. Lean Six Sigma Certified Green Belt. Luentomoniste. Aalto University.

Mitä korkea laatu tarkoittaa kuluttajille? Verkkoaineisto. Makery Oy. <<https://makery.fi/korkea-laatu-merkitys/>>. Luettu 30.3.2020.

Neuvoston direktiivi elintarvikkeena käytettävistä hedelmämehuista ja tietyistä vastavista valmisteista. 2001. 2001/112/EY. 20.12.2001.

Neuvoston direktiivi elintarvikkeina käytettävistä hedelmähilloista, hyytelöistä ja marmeladeista sekä makeutetusta kastanjasoseesta. 2001. 2001/11/EY. 20.12.2001.

Nurttila, Annika. 2010. Ainesosan määrän ilmoittaminen. Verkkoaineisto. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. <[https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-oppaat/ainesosan\\_maaran\\_ilmoittaminen.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-oppaat/ainesosan_maaran_ilmoittaminen.pdf)>. 25.2.2010. Luettu 30.3.2020.

Nurttila, Annika. 2015. Hedelmä- ja kasvistäysmehujen sekä tiettyjen vastaavien valmisteiden koostumus ja pakkausmerkinnät – ohje valvojille ja toimittajille. Verkkoaineisto. <[https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/pakkausmerkinnat/tuotekohtaisia\\_vaatimuksia\\_mehuohje-17072\\_2.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/pakkausmerkinnat/tuotekohtaisia_vaatimuksia_mehuohje-17072_2.pdf)>. 20.11.2015. Luettu 30.3.2020.

Overall capability for Nonnormal Capability Analysis for Multiple Variables. Verkkoaineisto. Minitab Inc. <<https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/normal-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/overall-capability/>>. Luettu 18.4.2020.

Overall capability for Normal Capability Sixpack. Verkkoaineisto. Minitab Inc. <<https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/normal-capability-sixpack/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/overall-capability/#cpm>>. Luettu 19.4.2020.

Potential (within) capability for Normal Capability Analysis. Minitab Inc. <<https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/normal-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/potential-within-capability/>>. Luettu 19.4.2020

Puhakka, Toni. 2019. Yellow Belt Koulutus. Luentomoniste. Nordic Process Improvement Oy.

The Orange Book. 1998. Kirja. Tetra Pak Processing System AB.

Valio mustikkakeitto. Verkkoaineisto. Valio Oy. <<https://www.valio.fi/tuotteet/mehut-ja-marjakeitot/valio-mustikkakeitto/>>. Luettu 31.3.2020.

Valmistespesifikaatio Valio Mustikkakeitto. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Valio Oy.