



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Nea Alanen

Liköörikonvehtien laatu ja laadun mit- taukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinööriyö

15.4.2021

Tekijä Otsikko	Nea Alanen Liköörikonvehtien laatu ja laadun mittaukset
Sivumäärä Aika	36 sivua 15.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pia-Tuulia Laine Senior Manager Quality and safety Elisa Lehto
<p>Liköörikonvehdit ovat konvehteja, joiden sisällä on nestemäinen likööritäyte ja ympärillä suklaakuori. Konvehtien valmistus perustuu sokerin oikeanlaiseen kiteytymiseen kuoreksi liköörin ympärille. Sokerikuoren rakenteen kestävyys on erittäin tärkeää liköörikonvehtien laadun kannalta, jotta nestemäinen likööritäyte ei pääse vuotamaan. Yrityksessä, johon työ tehtiin, liköörikonvehtien keskiosien eli korpusten valmistusprosessiin oli tehty muutoksia niiden kestävyuden parantamiseksi. Työn tavoitteena oli aluksi perehtyä yleisesti laadun käsitteeseen. Tämän jälkeen tutustuttiin liköörikonvehtien laatuun ja laadun mittauksiin.</p> <p>Liköörikonvehtien korpuksista mitattiin kovuus, alkoholipitoisuus sekä °Brix ja tuloksia verrattiin yrityksen asettamiin tavoitearvoihin. Mittauksia tehtiin viidestä eri liköörikonvehtilaudasta. Kovuuden mittaamiseen käytettiin Texture Analyzer TA.XT Plus -rakennemittaria. Alkoholipitoisuuden määrittämiseen käytettiin höyrytislausta ja ominaispainomittaria. Näytteiden °Brix mitattiin laboratorion refraktometrillä. Lisäksi tehtiin vertailua tuotannon ja laboratorion refraktometreillä, sillä epäilyksenä oli, että ne antavat eri tuloksia. Vertailua varten keitettiin ylikylläisiä sokeriliuoksia, joihin lisättiin eri määrät alkoholia ja näytteistä mitattiin °Brix molemmilla refraktometreillä. Refraktometri on olennainen mittalaite prosessin ohjauksessa, joten oikeat mittatulokset ovat prosessin onnistumisen kannalta tärkeitä.</p> <p>Mitatut alkoholipitoisuudet ja °Brix olivat tavoitteiden mukaiset kaikissa, paitsi yhdessä tuotteessa, jossa alkoholipitoisuus poikkesi tavoitearvosta 0,1 %. Korpusten kovuudet vaihtelivat tuotteesta riippuen. Kovuudet olivat suurimmassa osassa lähellä tavoitearvoa tai jopa sen yli. Refraktometriä vertaillessa laitteiden välisiä eroja ei pystytty todistamaan johtuen näytteistä keiton aikana haihtuneesta vedestä ja näytteiden mahdollisesta muuttumisesta kuten sokerin kiteytymisestä mittausten aikana. Tulosten perusteella tuotannossa olisi kuitenkin hyvä ottaa huomioon huolellisuus mittauksissa, sillä lämpötilan muuttuminen ja sokerin kiteytyminen vaikuttavat brix-arvoon. Työstä saatuja tuloksia voidaan yrityksessä hyödyntää prosessin parantamiseen ja seurantaan jatkossa.</p>	
Avainsanat	laatu, makeisvalmistus, liköörikonvehdit

Author Title	Nea Alanen Quality of liqueur filled confections and quality measures
Number of Pages Date	36 pages 15 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and chemical engineering
Professional Major	Biotechnology and food engineering
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Lecturer Elisa Lehto, Senior Manager Quality and safety
<p>Liqueur confections are chocolates with a liquid liqueur filling inside and a chocolate shell around it. The production of confectionery is based on the correct crystallization of sugar into a crust around the liqueur. The durability of the structure of the sugar crust is very important for the quality of the liqueur confections so that the liquid liqueur filling does not leak. The aim of the work was initially to get acquainted with the concept of quality in general. After that, the quality of liqueur confections, factors affecting quality and quality measurements were introduced. Changes had been made to the manufacturing process of the centers of liqueur confections to improve their durability.</p> <p>The purpose of the work was also to make measurements of the new runs and to compare the results with the target values. Hardness, alcohol content and °Brix were measured from the centers of liqueur confections. Texture analyzer was used to measure hardness. Steam distillation and a specific gravity meter were used to determine the alcohol content. The °Brix of the samples was measured with a laboratory refractometer. In addition, a comparison was made with production and laboratory refractometers, as it was assumed that they would give different results. For comparison, supersaturated sugar solutions were boiled to which different amounts of alcohol were added. Samples were measured with both refractometers. The refractometer is an essential measuring device in controlling the process, so correct measurement results are important for the success of the process.</p> <p>The measured alcohol contents and °Brix were in line with the targets in all but one product, where the alcohol content deviated from the target value by 0.1%. The hardness of the centers varied depending on the product. In the comparison of refractometers, the differences between the devices could not be proved due to the evaporated water from the samples and the possible change of the samples during the measurements. However, based on the results, it would be a good idea to take care of the measurements in the production, as the Brix value is affected by the change in temperature and the crystallization of the sugar. The results obtained from the work can be used in the company to improve and monitor the process in the future.</p>	
Keywords	quality, confectionery, liqueur filled confections

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laatu ja laadunohjaus	1
2.1	Laadun määritelmä	1
2.2	Laatukustannukset	3
2.3	Laadun vaihtelu	5
2.4	Laadunvarmistus ja laadunohjaus	6
2.5	Mittaukset laadunohjauksessa	7
2.6	Tilastollinen laadunohjaus	9
2.7	Six sigma	11
2.8	Laatustandardit	12
3	Liköörikonvehtien laatu	13
3.1	Liköörikonvehdit	13
3.2	Liköörikonvehtien laatuun vaikuttavat tekijät	13
3.2.1	Sokerin kiteytyminen	13
3.2.2	Suklaan viskositeetti	18
3.2.3	Suklaan temperointi	19
3.2.4	Kuorruttaminen	19
3.3	Tuotteen säilyminen varastoinnin aikana	20
3.3.1	Rasvakukinta	21
3.3.2	Sokerikukinta	22
3.3.3	Kosteus- ja alkoholimigraatio	22
3.4	Liköörikonvehdeista tehtävät mittaukset	22
3.4.1	Sokeripitoisuuden mittaaminen	22
3.4.2	Alkoholimääritys	24
3.4.3	Rakennemittaus	25
4	Materiaalit ja menetelmät	26
4.1	Liköörikonvehtien korpusten mittaukset	26

4.2	Refraktometrien vertailu	29
5	Tulokset ja tulosten tarkastelu	30
5.1	Korpusten kovuus, brix-arvo ja alkoholipitoisuus	30
5.2	Refraktometrien vertailu	33
6	Yhteenveto	35
7	Lähteet	37

Lyhenteet

Brix Liuokseen liuenneiden kuiva-aineiden pitoisuus

Korpus Liköörikonvehdin kuorruttamaton keskiosa

1 Johdanto

Liköörikonvehdit ovat suklaakonvehteja, joissa on nestemäinen likööriäyte sisällä ja ympärillä suklaakuori. Liköörikonvehteja on olemassa kahdenlaisia, sellaisia, joissa nestemäisen sisuksen ja suklaakuoren välissä on sokerikuori ja sellaisia, joissa ei ole. Tässä työssä perehdyttiin liköörikonvehteihin, joissa on sokerikuori. Sokerikuorellisten liköörikonvehtien valmistaminen perustuu ylikylläisen likööriliuoksen sokerin oikeanlaiseen kiteytymiseen liköörisisuksen ympärille. Liköörikonvehtien valmistaminen on haastavaa, sillä sokerin täytyy kiteytyä riittävän paksuksi ja kestäväksi kuoreksi, mutta täyte ei saa kiteytyä umpeen. Sokerikuoren riittävä kestävyys on laadun kannalta erittäin tärkeää, ettei likööriäyte pääse vuotamaan. Liköörikonvehdeissa hyvä laatu tarkoittaa sitä, että tuote on spesifikaatioiden mukainen, ehjä ja hyvännäköinen. (1, s. 229; 2, s. 1.)

Liköörikonvehtien valmistusprosessiin oli toimeksiantajayrityksessä tehty muutoksia konvehtien keskiosien eli korpusten kestävyuden parantamiseksi. Työssä mitattiin liköörikonvehtien uusista ajoista otettuja näytteitä ja tuloksia verrattiin yrityksen asettamiin tavoitearvoihin. Mittauksista oli tarkoitus myös saada dataa, jota voidaan mahdollisesti hyödyntää prosessin parantamiseen ja seurantaan jatkossa. Mittausten lisäksi työssä vertailtiin laboratorion ja tuotannon refraktometrejä, sillä epäilyksenä oli, että ne antavat eri mittaustuloksia. Refraktometri on olennainen mittalaite tuotannon ohjaamisessa, joten oikeat mittaustulokset ovat tärkeitä prosessin onnistumisen kannalta.

2 Laatu ja laadunohjaus

2.1 Laadun määritelmä

Laadulle on olemassa monia, jopa toisistaan poikkeavia määritelmiä. Yksi tunnetuimmista laatuasiantuntijoista, Joseph Juran, määrittelee, että laatu on soveltuvuutta käytötarkoitukseen (fitness for use). William Demingin opetusten mukaan laatu on taas tuotannon ja suunnittelun virheettömyyttä. Hänen mukaansa tuotannon vaihtelut ovat suurin huonon laadun syy. Philip Crosby'n filosofiassa laadulla tarkoitetaan tuotteiden ja toiminnan virheettömyyttä. Hänen mukaansa laatu on ilmaista ja laatuksustannukset seurausta

siitä, ettei asioita osata tehdä kerralla oikein. Laatuajattelu on kehittynyt merkittävästi vuosikymmenien aikana, minkä seurauksena on otettu käyttöön uusia laajempia laadun määrittelyjä. Määritelmistä on kuitenkin turha järjestää keskenään kilpailua, koska mikä tahansa määritelmä laadulle on hyvä, kunhan se palvelee hyvin käyttötarkoitustaan. (3, s. 4; 4, s. 55; 5, s. 22–25.)

Laadun määritelmä riippuu paljon siitä, mistä näkökulmasta laatua tarkastellaan. Eri näkökulmia laadulle ovat tuotanto, suunnittelu, asiakas ja ympäristö.

Tuotantokeskeinen näkemys tarkoittaa tuotteiden virheettömyyttä ja, että ne ovat valmistettu sovittujen spesifikaatioiden mukaisesti. Laadukasta on virheetön tuotanto, sillä virheiden esiintyminen voi aiheuttaa lisäkustannuksia ja tulojen menetystä. (4, s. 58.)

Suunnittelukeskeinen laatu tarkoittaa tuotteen ominaisuuksia, jotka ovat tehty käyttötarkoitusta silmällä pitäen. Suunnittelukeskeistä laatua kutsutaan myös tuotelaaduksi. Se on asiakkaan kannalta lupaus laadusta ja vaikuttaa siten myös hintaan, jonka asiakas on valmis maksamaan tuotteesta. (4, s. 58.)

Asiakaskeskeinen laatu tarkoittaa asiakkaan kokemaa laatua eli kuinka hyvin tuote menestyy käyttötarkoituksessaan. Asiakaskeskeinen laatu perustuu tuotteen käyttöiän aikaiseen kokemukseen. (4, s. 59.)

Ympäristökeskeinen laatu tarkoittaa mm. vaatimuksia tuotteen kierrätettävyydestä ja turvallisuudesta. Ne aiheuttavat yritykselle suunnittelu- ja materiaalikustannuksia. Vaatimuksilla vähennetään tuotanto- ja kulutusprosessin haittoja ympäristölle. (4, s. 59.)

Laatuun liittyy vahvasti tarve suoritustason parantamiseen mahdollisimman nopeasti. Kehittämisen kohteita saadaan oman systemaattisen laatutyön seurauksena sekä ulkopuolisesta maailmasta. Mm. innovaatiot, kilpailijoiden toiminta ja markkinoiden muutokset asettavat jatkuvasti uudenlaisia vaatimuksia laadulle. (6, s. 18.)

Tuotteen kokonaislaadun kannalta virheettömyyttäkin tärkeämpää on oikeiden asioiden tekeminen. Yrityksen näkökulmasta tuote voi olla erinomainen, mutta asiakkaan mielestä

se voi olla ylilaatua, josta hän ei halua maksaa. Yleisesti katsottuna laatu voidaan määrittellä asiakkaan tarpeiden täyttämiseksi mahdollisimman pienillä kustannuksilla. (6, s. 18.)

Hyödykkeen laatu voidaan myös määrittellä tarkoittamaan hyödyllisiä ja haitallisia ominaisuuksia, sekä niiden välistä suhdetta siten, että

Hyödykkeen laatu = Hyödylliset ominaisuudet / Haitalliset ominaisuudet

Hyödylliset ominaisuudet ovat niitä, jotka tekevät hyödykkeestä hyvän ja joiden takia se otetaan käyttöön. Haitalliset ominaisuudet ovat sellaisia, jotka vähentävät hyödykkeestä koituvaa hyötyä. (4, s. 91-92.)

Elintarvikkeiden valmistuksessa, niin kuin kaikessa muussakin, laadun merkitys kasvaa jatkuvasti. Asiakkaat odottavat laajaa valikoimaa korkealaatuisia tuotteita, joilla on kilpailukykyinen hinta. Jokaisen tuotteen täytyy olla turvallinen, terveellinen, houkuttelevan näköinen sekä koostumukseltaan ja maultaan hyvä. Samojen tuotteiden välinen vaihtelu tulee pitää minimissä, sillä vaikka poikkeavan tuotteen laatu olisi erinomainen, asiakas saattaa silti pitää sitä virheellisenä. (2, s. 1.)

2.2 Laatumuutokset

Laatumuutokset ovat kustannuksia, jotka johtuvat huonosta laadusta tai poikkeamista. Ne syntyvät suurimmaksi osaksi virheiden tekemisestä, sekä niiden etsimisestä ja korjaamisesta eli kun asioita ei tehdä kerralla oikein. Virheiden välttämällä ja kerralla oikein -periaatteella voidaankin päästä huomattaviin kustannussäästöihin. (5, s. 31–32.)

Laatumuutokset voidaan jakaa neljään ryhmään, jotka näkyvät kuvassa 1. Kustannusryhmistä ennaltaehkäisevät kustannukset ovat yleensä kaikista pienin osa laadun kustannuksista, mutta niiden avulla voidaan vaikuttaa huomattavasti kokonaiskustannuksiin. Ennaltaehkäisevillä toimenpiteillä voidaan vähentää sisäisiä ja ulkoisia virhekustannuksia luomalla edellytykset toiminnan virheettömyydelle. Samalla myös tarkastuskustannuksia voidaan vähentää, koska tarkastuksia ei tarvita niin paljoa, kun tuotteet tehdään kerralla oikein. (5, s. 32–33.)



Kuva 1. Laadun kustannukset (4, s. 60).

Laatukustannusajattelun suurimpana ongelmana on se, että useimmissa tapauksissa laatukustannusten raportointi ei paljasta todellisista kustannuksista kuin vain osan. Suhteellisen pienet luvut voivat johtaa siihen, ettei kustannuksiin reagoida eikä niitä käytetä tehokkaasti hyväksi laadunohjauksessa. Laatukustannuksia laskiessa usein huomiotta jääviä virheisiin liittyviä kustannuksia ovat mm.:

- virheiden vaikutus koko prosessiin, esim. aikataulujen muutokset, materiaalien odotusajat ja ylityöt
- virheen analysointiin, syiden selvittämiseen ja korjaustoimenpiteiden suunnitteluun osallistuneiden henkilöiden työaika ja muut kulut
- virheiden kompensoimiseksi tehty ylituotanto. (5, s. 34.)

Puutteellisen laadun kustannuksista todennäköisesti vakavin ja vaikein korjata on menettänyt asiakas. Laatumaineen korjaaminen ja asiakkaan takaisin voittaminen on usein erittäin vaikea tehtävä. Tilannetta pahentaa monesti se, että vaikka ongelmat liittyisivätkin vain yhteen tuoteryhmään, ne vaikuttavat asiakkaan mielikuvaan koko yrityksestä. Lisäksi tyytymätön asiakas saattaa levittää negatiivista palautetta muille. (5, s. 34.)

2.3 Laadun vaihtelu

Vaihtelun seurauksena tuotteisiin syntyy satunnaisia virheitä. Materiaalien, koneiden kunnan sekä työ- ja tarkastusmenetelmien vaihtelu aiheuttaa virheitä. Jos missään näistä ei tapahtuisi vaihtelua, kaikki valmistetut tuotteet olisivat identtisiä keskenään eikä laatupoikkeamia esiintyisi ollenkaan. (7, s. 8.)

Materiaalien laatu aiheuttaa vaihtelua tuotteeseen. Vaikka silmämääräisesti materiaalit näyttäisivätkin samalta, saattaa niiden koostumuksessa olla eroja, jotka vaikuttavat niiden käyttäytymiseen valmistusprosessin aikana. (7, s. 8.)

Koneiden kunnan vaihtelu aiheuttaa luonnollisesti myös vaihtelua tuotteeseen. Esimerkiksi katkaisuterä kuluu, kun sillä leikataan useita tuotteita. Tuotteen mitat vaihtelevat sen mukaan, miten ja mihin katkaisuterä on asetettu. Olosuhteiden, esimerkiksi ilman kosteuden ja lämpötilan muutokset, saattavat vaikuttaa koneen toimintaan ja tuotteen käyttäytymiseen prosessissa. Lämpökäsittelyssä, esimerkiksi uunissa lämpötilan vaihtelua syntyy jatkuvasti uunin käyttöjännitteen vaihteluiden myötä. Uunin eri osissa, luukun edessä, katossa, pohjassa, reunoilla ja keskellä, on kaikissa erilaiset olosuhteet. Sama pätee myös jäähdytykseen. (7, s. 8.)

Työntekijöiden ammattitaito ja fyysiset ominaisuudet vaikuttavat myös tuotteiden vaihteluun. Työntekijät saattavat luulla, että he työskentelevät kaikki samalla tavalla, mutta heillä on henkilökohtaisia eroja. Jopa sama henkilö saattaa työskennellä eri tavalla eri päivinä riippuen voinnista ja väsymystilasta. Joskus työntekijä voi myös tehdä huolimattomuusvirheen. (7, s. 8.)

Tarkastuksessa voi esiintyä tuotteen ominaisuuksien vaihtelua. Jos käytetään mittauslaitetta, voi datavaihtelun syynä olla mittauslaitteen häiriö tai tapa, miten laitetta käytetään. Silmämääräisessä tarkastuksessa läpipäässeeseen tuotteen laatu vaihtelee, jos tarkastajan kriteerit vaihtelee. Tarkastuksen vaihtelu ei suoraan aiheuta vaihtelua itse tuotteeseen, mutta vaikuttaa päätökseen siitä, onko tuote virheellinen vai ei. (7, s. 9.)

Valmistusprosessin voidaan ajatella olevan joukko vaihtelun syitä. Nämä syyt aiheuttavat tuotteen laatuominaisuuksien muutoksia, joiden seurauksena syntyy virheellisiä ja

virheettömiä tuotteita. Tuotetta pidetään virheettömänä, jos sen laatuominaisuudet pysyvät sille asetetuissa rajoissa, muuten se on viallinen. Tämän vuoksi jopa virheettömät tuotteet vaihtelevat oman standardinsa sallimissa rajoissa eli virheettömäkään tuotteet eivät ole aina täysin identtisiä keskenään. (7, s. 9.)

2.4 Laadunvarmistus ja laadunohjaus

Elintarvikkeille asetetut laatuksiteerit määrittävät tuotteen ominaisuuksien toivotun tason lopullisessa tuotteessa. Laadunvarmistus on käsite, joka tarkoittaa kaikkien eri ohjelmien toteuttamista, jotta saavutettaisiin haluttu laadun taso. Laadunvarmistus on välttämätöntä elintarvikkeiden valmistuksessa, ja sen tehokkuuden merkitys kasvaa jatkuvasti. Asiakkaat odottavat korkealaatuisia turvallisia tuotteita, jotka ovat houkuttelevan näköisiä sekä hyvänmakuisia. Elintarvikkeiden laadun arviointi perustuu tuotteen makuun, tuoksuun, ulkonäköön, rakenteeseen ja ravintoarvoihin, sekä tuotteen turvallisuuteen ja stabiiliuteen. Elintarviketurvallisuusperiaatteet ja käytännöt ovat myös sisällytetty laadunvarmistus- ja laadunohjausohjelmien toimintoihin, jotta varmistetaan samanaikaisesti, että noudatetaan elintarvikkeiden laatu- sekä elintarviketurvallisuusstandardeja. (2, s. 1; 8, s. 1407.)

Laadunohjaus tapahtuu prosessin aikana, ja se keskittyy prosessin ylläpitoon sekä ohjaukseen. Laadunohjaus sisältää laadunvalvonnan, laadun mittaamisen, vertaamisen vaatimustasoon sekä mahdollisten poikkeamien aiheuttamat toimenpiteet. Laadunvarmistuksella huolehditaan, että laadunohjaus toteutuu. Prosessin suorituskykyä arvioidaan jälkeinpäin ja saatu informaatio annetaan työntekijöille ja muille, jotka sitä tarvitsevat, kuten esimerkiksi johto, suunnittelu, viranomaiset ja asiakkaat. Laadunvarmistuksen mittareina käytetään tuotteiden yhdenmukaisuuden sekä asiakkaiden tarpeiden ja odotusten täyttymistä. (5, s. 29; 9.)

Kokonaisvaltainen laadunohjaus (Total Quality Control, TQC) on käsite, jonka keskeinen ajatus on, että laadusta ovat vastuussa koko henkilöstö. Kokonaisvaltaisella laadunohjauksella korostetaan, että laadunohjausta ei toteuta vain jokin yksittäinen osasto, vaan jokaisella on oma roolinsa toiminnassa. (5, s. 30.)

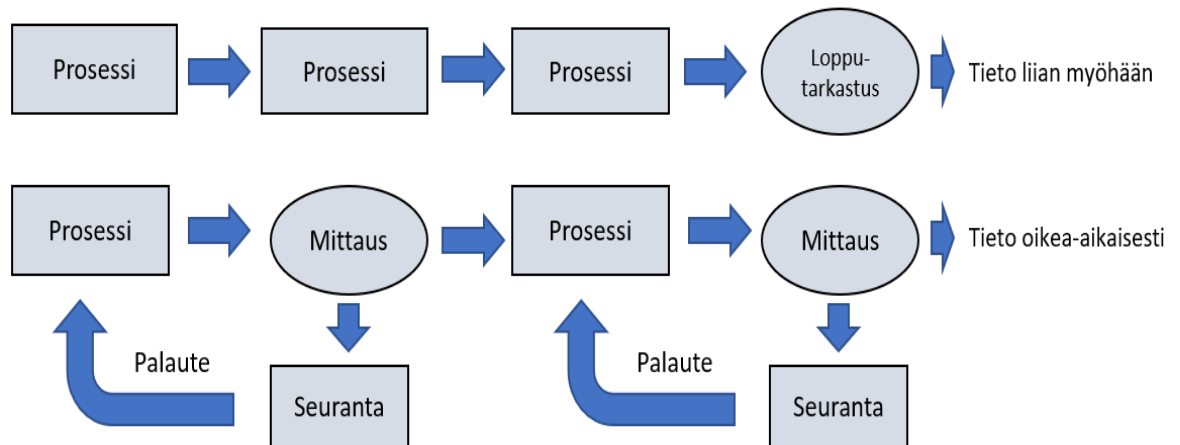
2.5 Mittaukset laadunohjauksessa

Mittaukset ovat olennainen osa prosessien hallintaa. Jotta prosessia ja laatua voidaan hallita, sitä on pystyttävä mittaamaan. (6, s. 151.)

Prosessin aikana tehdään mittauksia, jotta nähdään, onko tuote määriteltyjen spesifikaatioiden mukainen ja mittaustulosten perusteella prosessia voidaan säätää tarvittaessa. Prosessin ohjauksen ja laadun kannalta prosessin parametrien virheettömät mittaukset ovat erittäin tärkeitä. Mitattavia parametrejä voivat olla esimerkiksi lämpötila, paine, virtausnopeus, paino, rasvapitoisuus, proteiinipitoisuus, viskositeetti, tiheys, pH, koko ja väri. (10, s. 559.)

Prosessin mittarit voidaan jakaa niiden prosessiin sijoittumisen perusteella inline-, online- ja offline-mittareiksi. Inline-mittarit ovat integroituna osana prosessin laitteistossa ja niiden mittaamat arvot ohjaavat suoraan prosessia. Online-mittarit ovat myös integroituna prosessin laitteistoon, mutta operaattorin on syötettävä mitatut arvot ohjausjärjestelmään ohjataksaan prosessia. Offline-mittarit eivät ole osana prosessilaitteistoa, vaan operaattorin täytyy itse mitata ja syöttää mittaustulokset ohjausjärjestelmään ohjataksaan prosessia. (10, s. 560.)

Mittauspisteet tulisi sijoittaa prosessiin siten, että saatu tieto palvelee mahdollisimman hyvin ohjaustavoitetta. Mittaukset olisi hyvä sijoittaa jokaisen yksittäisen prosessin jälkeen, jolloin voidaan reagoida välittömästi ja säätää prosessia tarvittaessa. Jos mittauspisteitä on liian vähän, on vaikea selvittää missä kohtaa prosessia ongelma on syntynyt. Lisäksi vasta lopputarkastuksessa havaitut virheet ovat kalliita. Kuvassa 2 näkyy kaksi esimerkkiä mittauspisteiden sijoittamisesta prosessiin. (5, s. 83.)



Kuva 2. Mittauspisteiden sijoittaminen prosessiin (5, s. 83).

Ensimmäisessä esimerkissä mittauspiste sijaitsee vasta prosessin lopussa, jolloin on vaikea paikantaa, missä kohtaa prosessia virhe on syntynyt. Toisessa esimerkissä mittauspisteet sijaitsevat jokaisen osaprosessin jälkeen, jolloin tieto saadaan heti ja voidaan reagoida mahdolliseen virheeseen nopeasti.

Oikean mittaus tuloksen saamiseksi mittauslaitteiden pitää olla kunnossa. Kansainvälisessä ISO 9000 -laatustandardissa on määritelty vaatimukset tarkastus-, mittaus-, ja testausvälineille. Perusajatuksena on, että mittausvälineitä on valvottava ja kalibroitava tarkkuuden ylläpitämiseksi. Niiden mahdollinen mittauserävarmuus on oltava tiedossa ja vaaditun mittauskyvyn mukainen. Mittausvälineiden lisäksi myös muilla mittareilla on omat vaatimuksensa luotettavuudelle ja tarkkuudelle. Hyvä prosessimittari on luotettava, yksiselitteinen, nopea, helppokäyttöinen, edullinen, olennainen ja helposti huollettava. (6, s. 153.)

Mittaustuloksiin liittyy aina epävarmuutta, jotka aiheutuvat eri tekijöistä. Epävarmuuden lähteitä voivat olla mm.:

- mittalaitteesta aiheutuva epävarmuus
- ympäristöolosuhteet, kuten esimerkiksi ympäristön lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmanpaine

- mittalaitteen käyttäjästä aiheutuva epävarmuus
- mittauskohteesta aiheutuva epävarmuus
- näytteenotto
- mittaus- ja laskuvirheet (11, s. 37–42.)

Optimaaliseen laadunvarmistukseen valmistaja siis tarvitsee nopeita ja kustannustehokkaita, mielellään prosessiin integroituja, mittausmenetelmiä kemikaalisista ja fysikaalisista ominaisuuksista, raaka-aineiden mikrobipitoisuuksista, prosessivirroista sekä lopputuotteiden ominaisuuksista. Prosessin aikainen valvonta auttaa välttämään kallista uudelleen tehtävää työtä sekä spesifikaatorajojen ulkopuolelle menevien tuotteiden hävittämisestä johtuvia kustannuksia. Tiukkaa valvontaa tarvitaan muuttujiin, jotka vaikuttavat lopputuotteen muuttumattomuuteen, mikrobiologiseen pilaantumiseen tai hapettumiseen. Tämä käsittää mm. kuumennusprosessin, jäähtymisen ja säilytyksen lämpötilan sekä prosessin puhtaanapitomenetelmien valvonnan ja tuotteen pH:n, veden aktiivisuuden, liuenneiden aineiden sekä säilöntäainepitoisuuksien mittaamisen. (2, s. 3.)

2.6 Tilastollinen laadunohjaus

Tilastot auttavat ymmärtämään kaikkea säästä alkaen ja ne voivat myös auttaa prosessien kehittämisessä. Oikein kerättyä ja analysoitua tilastollista dataa voidaan käyttää prosessikäyttämisen ymmärtämiseen ja ennustamiseen. Tilastojen viisi osa-aluetta, datan kerääminen, taulukointi, analyysi, tulkinta ja esittäminen, ovat kaikki tärkeitä prosessia analysoitaessa. (3, s. 128–129.)

Tilastollisella laadunohjauksella (Statistical process control, SPC) tarkoitetaan tilastollisten menetelmien käyttöä tuotannon seurannassa ja valmistettavien tuotteiden tarkastuksessa sekä virheiden ennaltaehkäisyssä. Tilastotietoja kerätään, analysoidaan ja tulkitaan ongelmien ratkaisemiseksi. Tärkein huolenaihe on tuotettavan tuotteen tai palvelun vaihtelujen seuranta ja hallinta. (3, s. 12.)

Tilastollisessa laadunohjauksessa vikoja ja poikkeamia ennaltaehkäistään soveltamalla tilastollisia menetelmiä prosessinhallinnassa. Merkittävin ero ennaltaehkäisyn ja tarkastuksen välillä on se, että ennaltaehkäisyn avulla prosessia, eikä pelkästään tuotetta, seurataan, valvotaan ja säädetään. Tuotteen muutoksia ja tilastollisia menetelmiä seuraamalla prosessia valvovat henkilöt pystyvät tunnistamaan tuotteen laatuun vaikuttavat tekijät ja säätämään prosessia sen mukaan. Prosessista saadut tiedot palautetaan prosessin osapuolille ja näitä tietoja käytetään estämään virheiden syntyminen. Painopiste siirtyy laaduntarkastamisesta kohti prosessin parantamista ja vastuu laadusta siirtyy tarkastajilta suunnittelu ja valmistusosastoille. (3, s. 12.)

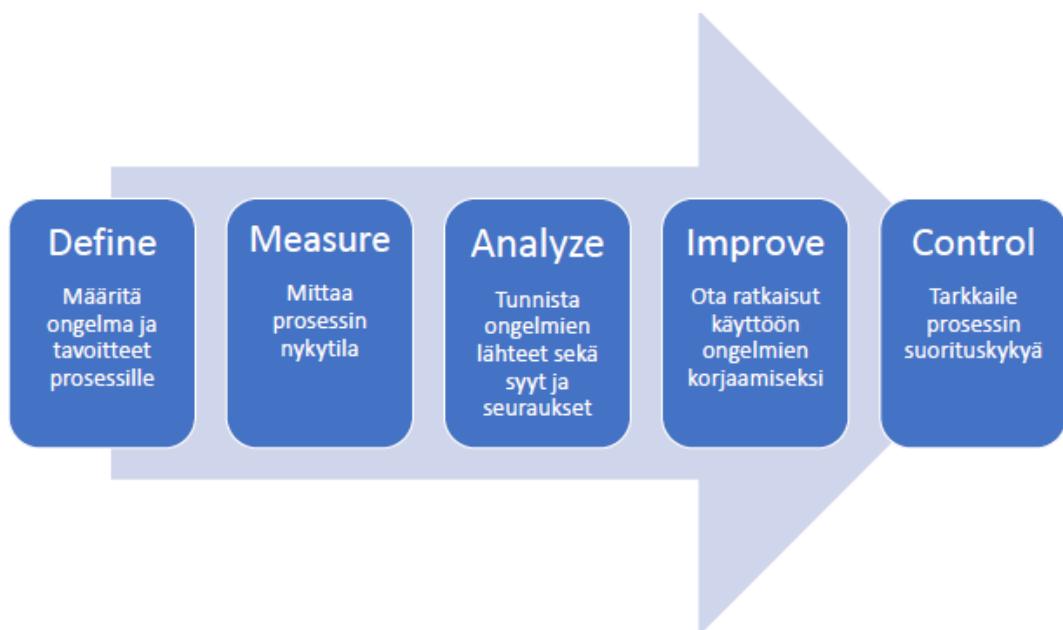
Tilastollista laadunohjausta voidaan käyttää auttamaan mm. seuraavien tavoitteiden saavuttamisessa:

- luoda tuotteita, jotka vastaavat jatkuvasti asiakkaiden odotuksia ja tuotespesifikaatioita
- vähentää vaihtelua tuotteessa siten, että tulos vastaa haluttua suunnittelun laatua
- saavuttaa prosessin vakaus, jonka avulla voidaan tehdä ennusteita tulevista tuotteista
- minimoida prosessin kustannukset eliminoimalla virheistä johtuvat kustannukset
- antamaan välitöntä palautetta nykyisestä tuotannosta
- auttamaan prosessin ongelmanratkaisussa
- lisätä voittoja
- lisätä tuottavuutta (3, s. 12–13.)

2.7 Six sigma

Six sigma on tilastollisiin menetelmiin perustuva laadunkehittämismenetelmä, jolla pyritään parantamaan prosessin suorituskykyä vähentämällä prosessin vaihtelua. Kuuden sigman taso sallii vain 3,4 virheellistä, valvontarajojen ulkopuolelle menevää, tapahtumaa miljoonasta. Six sigma perustuu prosessin mitattavuuteen: jos pystytään mittaamaan virheiden lukumäärää, voidaan systemaattisesti eliminoida virheet ja päästä lähelle nollavirhetasoa. (6, s. 204.)

Six sigma -menetelmä on nimetty työvaiheiden mukaan DMAIC-prosessiksi. Kirjaimet tulevat englanninkielisistä sanoista määritä (define), mittaa (measure), analysoi (analyze), paranna (improve) ja ohjaa (control). Prosessi keskittyy jo olemassa olevien tuotantoprosessien parantamiseen ja sitä täydentää tuotekehitykseen, suunnitteluun ja kehittämiseen kohdistuva DFSS (Design For Six Sigma) -prosessi. Kuvassa 3 on esitetty DMAIC-prosessin vaiheet. (6, s. 204–205.)



Kuva 3. Six sigma DMAIC-prosessin vaiheet (6, s. 204–205).

2.8 Laatustandardit

ISO-laatustandardit ovat perustana useimmille laadunvarmistussysteemeille. Yksi kansainvälisesti laajimmin tunnetuimmista laadun standardeista on ISO 9000 -perhe. Sen aikaisempien versioiden (vuosien 1987 ja 1994) tavoitteena oli varmistaa, että tuotteet täyttävät toivotut vaatimukset. Uudemmassa, vuoden 2000 versiossa, keskitytään asiakastytyväisyyden saavuttamiseen täyttämällä asiakkaiden vaatimukset, järjestelmän jatkuvaan parantamiseen sekä poikkeamien estämiseen. Nykyään ISO 9001:2000 onkin tunnetuin laadunhallintajärjestelmä monilla toimialoilla ja sitä on käytetty laajalti elintarviketeollisuudessa. (8, s. 1408.)

ISO 9001:2000 -standardien soveltamisessa elintarviketeollisuuteen on kuitenkin ongelmana se, että tekniset näkökohdat ovat hyvin yleismaallisia eivätkä ne sisällä konkreettisia käsitteitä elintarviketurvallisuudesta. Vuonna 2005 otettiin käyttöön ISO 22000:2005, joka käsittelee elintarviketurvallisuutta kaikilla elintarvikeketjun aloilla, koska yhden elintarvikealan korkean riskin alueet ja vaaditut standardit eivät välttämättä ole sopivia toisessa. ISO 22000:2005 antaa neuvoja kaikenlaisille elintarvikealan toimijoille aina alkutuotannosta varastointiin sekä pesuaineiden ja pakkausmateriaalien valmistajille. (8, s. 1408.)

Vuonna 2011 luotiin FSSC 22000 -laatustandardi, koska useat vähittäiskaupan järjestöt sekä suuret elintarvikkeiden valmistajat, kuten mm. Nestle, Unilever, Barilla ja Mondelez, eivät pitäneet ISO 22000:n mukaista ohjeistusta elintarviketurvallisuuden tukiohjelmille riittävänä. FSSC 22000 on itsenäinen elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmä, joka pohjautuu vahvasti ISO 22000:een täydentäen sitä. FSSC on nykyään yksi yleisimmistä Suomessa käytössä olevista elintarviketurvallisuuden standardeista. Tällä hetkellä (2021) Suomessa on 218 FSSC 22000 -sertifioitua yritystä, joihin kuuluu mm. Arla, Atria, Fazer, HKScan, Meira, Saarioinen ja Valio. (12; 13.)

3 Liköörikonvehtien laatu

3.1 Liköörikonvehdit

Liköörikonvehdit ovat konvehteja, joiden sisällä on nestemäinen likööritäyte ja ympärillä suklaakuori. Liköörikonvehteja on olemassa kahdenlaisia: sellaisia, joissa suklaan ja liköörisisuksen välissä on sokerikuori ja sellaisia, joissa likööritäyte on valettu suoraan suklaakuoreen. Tässä työssä käsitellään sokerikuorellisia liköörikonvehteja.

Sokerikuorellisten liköörikonvehtien keskiosaa kutsutaan korpukseksi. Korpus valmistetaan valamalla ylikylläinen sokeriliuos tärkkelysmuotteihin. Sokeria liuotetaan likööritäyteeseen niin paljon, että saadaan ylikylläinen sokeriliuos. Liuos kaadetaan kuumana tärkkelykseen painettuihin muotteihin ja varastoidaan, jotta sokeri kiteytyy ja muodostaa tärkkelysmuotin muotoisen kuoren nestemäiselle sisukselle. Kun tarpeeksi sokeria on kiteytynyt paksun kuoren muodostamiseksi, tärkkelys poistetaan sokerikuorellisen liköörikeskuksen päältä, jonka jälkeen ne kuorutetaan suklaalla. (1, s. 229.)

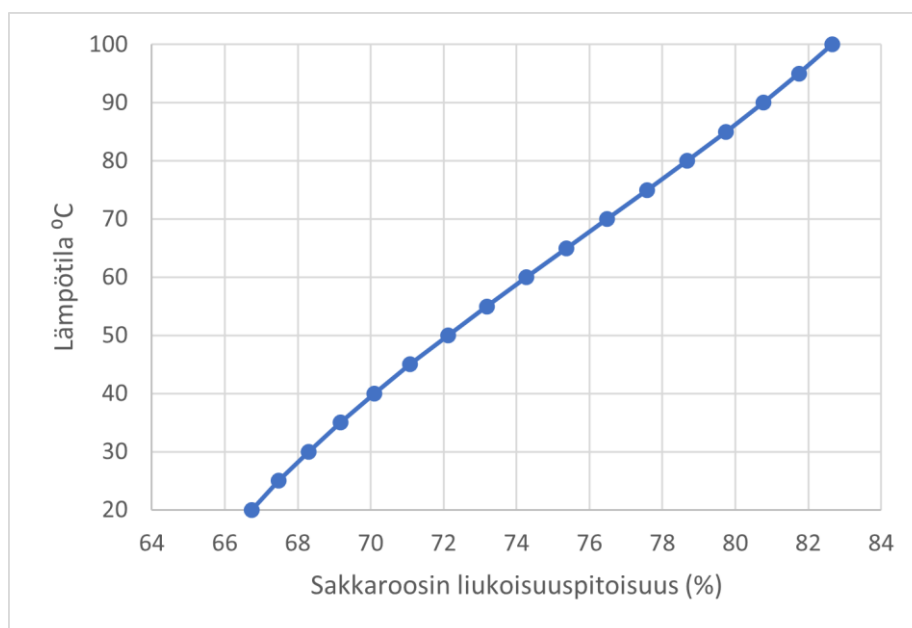
Liköörikonvehtien, joissa ei ole sokerikuorta, valmistaminen on haastavampaa kuin sokerikuorellisten. Nämä on valmistettu täyttämällä tyhjä suklaakuori likööritäytteellä ja varovasti valamalla suklaalla pohja umpeen. Valmistuksessa on tärkeää varmistaa, että kuori ja pohja ovat tiivistä kiinni toisissaan. (1, s. 229.)

3.2 Liköörikonvehtien laatuun vaikuttavat tekijät

3.2.1 Sokerin kiteytyminen

Sokerin kiteytymisen kontrollointi on liköörikonvehtien, niin kuin muidenkin makeisten, valmistuksessa yksi tärkeimmistä rakenteeseen, ulkonäköön ja laatuun vaikuttavista tekijöistä. Sokerin kiteytymisen kontrollointiin vaikuttavia tärkeitä vaiheita on kolme: ylikylläisen liuksen tuottaminen, kidealkioiden muodostaminen ja niiden kasvattaminen, kunnes tasapaino faasien välillä on saavutettu. (14, s. 58.)

Sokeriliuoksen (nestefaasi) ja sokerikiteen (kiinteä faasi) välinen kemiallinen potentiaali on nolla, kun molemmat ovat tasapainossa keskenään. Tämä piste on määritetty liuoksen liukoisuusrajaksi ja sokerin pitoisuus tässä pisteessä liukoisuuspitoisuudeksi. Liuokset, joiden sokeripitoisuus on tämän pisteen alapuolella ovat alikyllästettyjä, eli niihin voi vielä liueta lisää sokeria. Liuokset, joiden pitoisuus on suurempi kuin liukoisuuspitoisuus ovat taas ylikyllästettyjä. Tällaisiin liuksiin sokerikiteet eivät enää liukene, vaan alkavat kasvaa liuoksen pyrkiessä tasapainotilaan. Sokeriliuoksen liukoisuuspitoisuus muuttuu liuoksen lämpötilan muuttuessa. Eri sokereiden liukoisuuspitoisuudet vaihtelevat jonkin verran keskenään. Kuvassa 4 on esitetty sakkaroosin liukoisuus veteen eri lämpötiloissa. (15, s. 56.)



Kuva 4. Sakkaroosin liukoisuus veteen (%) eri lämpötiloissa (14, s. 53).

Ylikylläinen sokeriliuos voidaan valmistaa kolmella tapaa. Ensimmäinen tapa on poistaa liuoksesta vettä, jotta sokeripitoisuus kasvaa. Toinen tapa on valmistaa keittämällä kylmäliäinen sokeriliuos ja jäädyttää sitä, kunnes liuoksen pitoisuus ylittää liukoisuuden kyseisessä lämpötilassa. Tämä perustuu siihen, että sokerin liukoisuus veteen on suurempi, kun lämpötila on korkeampi. Sokeripitoisuuden kasvaessa myös liuoksen kiehumispiste nousee. Kun kylläistä liuosta jäädytetään, sen liukoisuuspitoisuus laskee sokeripitoisuuden pysyessä samana ja liuoksesta tulee ylikylläinen. Kolmas tapa on lisätä esimerkiksi alkoholia, johon sokeri ei ole niin liukoinen, jotta sokeripitoisuus seoksessa on suurempi

kuin liukoisuuspitoisuus. Vaikka alkoholia lisätessä liuksen sokeripitoisuus pienenee, ylikylläisyys silti kasvaa, koska sokeri ei ole yhtä liukoinen vesi-alkoholi-seokseen kuin pelkkään veteen. (14, s. 58; 15, s. 60.)

Sokerin kiteytyessä liuksen sokerimolekyylit pakotetaan siirtymään määrättyyn järjestykseen kidehilassa. Kun liuksen ylikylläisyys on saavutettu, sen kiteytymiseen vaikuttaa moni tekijä. Näitä ovat esimerkiksi kiteytymisen pakotevoima (driving force) eli ylikylläisyys, molekyylin taipumus kiteytyä ja kiteytymistä estävien aineiden esiintyminen (esimerkiksi glukoosisiirappi, inverttisokeri tai orgaaniset hapot). Kiteytymisen pakotevoima tarkoittaa ylikylläisen liuksen todellisen konsentraation ja kylläisen liuksen konsentraation välistä eroa eli liuksen ylikylläisyystilaa. Ylikylläisyystila S määritellään konsentraatiosuhteena C/C_s , missä C on liuksen konsentraatio ja C_s ylikylläisen liuksen konsentraatio vastaavassa lämpötilassa. (14, s. 58.)

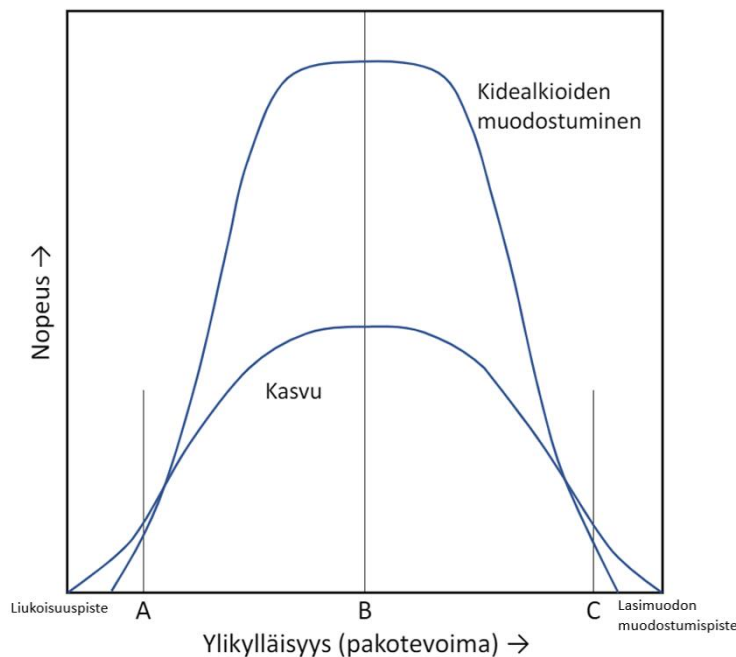
Kiteytymisessä on kaksi vaihetta: kidealkioiden muodostuminen ja kasvu. Kun liuksesta on tullut ylikylläinen, sen sokerimolekyyleillä on pakotevoima yhdistyä ja muodostaa kiteitä. Makeisvalmistuksessa yleensä jokin hiukkanen tai pinta katalysoi kidealkioiden muodostumista, tarkoittaen sitä, että ensimmäiset kiteet muodostuvat mikroskooppisen pienten hiukkasten karkealle pinnalle tai astian seinille. Näiden katalyyttisten pintojen aiheuttamien vuorovaikutusten uskotaan aiheuttavan molekyylien järjestäytymisen siten, että kiderakenne paranee. Liköörikonvehtien valmistuksessa kidealkioiden muodostumisen katalysoi tärkkelyshiukkaset tärkkelysmuotin pinnalla. (14, s. 59.)

Kun kidealkiot ovat muodostuneet, ne alkavat välittömästi kasvaa ja jatkavat kasvua niin kauan kuin liuksen konsentraatio on suurempi kuin sokerin liukoisuuspitoisuus kyseisessä lämpötilassa. Koska sokerimolekyylit poistuvat liuksesta kiteytyessään, liuksen sokeripitoisuus laskee, kunnes saavutetaan tasapaino, jossa liuksen sokeripitoisuus on sama kuin liukoisuuspitoisuus. Eli kunnes liuksessa ei ole enää ylimääräistä sokeria, joka voisi kiteytyä. Kun maksimaalinen kiteytyminen on saavutettu, kiteiden kokoja-kauma saattaa vielä muuttua ajan kuluessa johtuen termodynaamisesta "kypsymisestä". (14, s. 58.)

Sokerin kiteytymiseen vaikuttavia tekijöitä on monia. Prosessiolosuhteet tulisi valita siten, että saavutetaan haluttu lopputulos kiteytymisen kannalta. Näihin olosuhteisiin vaikuttaa vuorovaikutukset ainesosien välillä, joten tuotteiden formuloinnilla on tärkeä rooli optimaalisia prosessiolosuhteita valitessa. (16, s. 293.)

Ylikylläisyyden aste on tärkeä tekijä kiteytymisen kannalta. Mikäli ylikylläisyys ei ole kovin suuri, liuoksen tila vastaa metastabiilia aluetta: uusia kidealkioita muodostuu vain hyvin vähän ja olemassa olevat kasvavat. Liuoksen ylikylläisyyden kasvaessa kidealkioiden muodostumisnopeus kasvaa, kunnes se saavuttaa maksimipisteen. Tämän pisteen jälkeen liuoksen viskositeetti rajoittaa molekyylien liikettä ja kidealkioiden muodostuminen hidastuu. Kidealkioiden muodostumisnopeuden ja kidealkioiden kasvun muutuskäyrät liuoksen ylikylläisyystilan muuttuessa ovat esitetty kuvassa 5. Piste, jossa kidealkioiden muodostuminen on suurinta, sijaitsee suunnilleen puolivälissä liukoisuuspisteestä ja lasimuodon muodostumispisteestä. Tässä pisteessä myös kiteiden kasvu on nopeinta. Jos kidealkioiden muodostuminen tapahtuu huippukohdassa tai sen lähellä, saadaan suurin mahdollinen määrä kiteitä. Jos taas kidealkioiden muodostuminen tapahtuu pisteen ala- tai yläpuolella, esimerkiksi, jos liuoksen lämpötila on liian korkea tai

matala, muodostuu vähemmän kidealkioita, jotka saattavat kasvaa paljon suuremmiksi. (16, s. 290; 17, s. 311.)



Kuva 5. Kidealkioiden muodostumisnopeuden ja kidealkioiden kasvun nopeuden muutoskäyrät suhteessa liuoksen ylikylläisyyteen. Pisteessä B muodostuu paljon pieniä kiteitä. Pisteissä A ja C kidealkioita muodostuu vähän ja ne kasvavat suuremmiksi. (16, s. 291.)

Prosessin aikana lämmön- ja massansiirtonopeudet ovat tärkeitä kiteytymisen kontrolloinnin kannalta. Kuumennuksen ja jäähtymisen nopeudet voivat vaikuttaa kiteytymiseen, niin kuin myös pitoajat ja lämpötilat. Jos prosessin aikana esiintyy veden haihtumista, se vaikuttaa myös kiteytymiseen. (16, s. 293.)

Liuoksen jäähtymisnopeus haluttuun kiteytymislämpötilaan vaikuttaa kidealkioiden muodostumisen laajuuteen ja tyyppiin. Jos liuos jäähdytetään tasaisesti ja nopeasti haluttuun kiteytymislämpötilaan, se kiteytyy samoissa olosuhteissa ja samaan aikaan. Näin saadaan eniten kidealkioita ja pienin ero kiteiden koon välillä. Jos jäähtyminen on liian hidasta tai epätasaista, kiteytyminen on myös epätasaista. Niillä alueilla, jotka jäähtyvät ensin, kiteytyminen alkaa myös ensin ja nämä kiteet jatkavat kasvamista, kun muut kiteytyvät. Tämä aiheuttaa kiteiden epätasaisen muodostumisen. Tästä syystä on tärkeää varmistaa, että koko liuos jäähtyy tasaisesti ja nopeasti haluttuun kiteytymislämpötilaan. (16, s. 293.) Liköörikonvehtien valmistuksessa tämä todennäköisesti ei vaikuta paljoa, koska

konvehdit ovat niin pieniä. Toisaalta muotin keskellä olevat jäähtyvät hieman epätasaisemmin ja hitaammin, ja tämä voi mahdollisesti aiheuttaa epätasaista kiteytymistä.

Lämpötila, jossa kiteytyminen tapahtuu, on tärkeä kontrolloidessa kiteiden kokoa ja tuotteen rakennetta. Optimaalinen lämpötila useimmille prosesseille on se, jossa kidealkioiden muodostuminen on suurinta. Tässä lämpötilassa muodostuu suurin mahdollinen määrä kidealkiota ja lopullisten kiteiden välinen kokoero on pieni. Tämä on yleisesti haluttu ominaisuus tuotteille, joilla on sileä koostumus. Jos halutaan muutamia isoja kiteitä, kidealkioiden muodostumisen tulee tapahtua pisteessä, jossa muodostuu vähemmän kidealkioita, eli lämpimämmässä lämpötilassa tai pienemmällä pitoisuudella. (16, s. 294-295.)

Tuotteen ainesosien valinta perustuu moneen tekijään, eikä ainoastaan kiteytymisen kontrolloimiseen. Kuitenkin tuotteen formuloinnin vaikutus kiteytymiseen tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan prosessointiolosuhteita tuotteelle. Yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka kiteytymiseen vaikuttaa, on vesipitoisuus tai kuiva-ainepitoisuus. Tämä määrittää liuoksen ylikylläisyyden ja siitä seuraavan kinetiikan lämpötilan muuttuessa. Liukoisten komponenttien lisääminen tyypillisesti estää kiteytymistä, mutta täytyy ottaa huomioon niiden vaikutus myös ylikylläisyyteen tai termodynaamiseen pakotevoimaan. (16, s. 296.)

3.2.2 Suklaan viskositeetti

Viskositeetillä tarkoitetaan aineen kykyä vastustaa liikettä, kun sitä sekoitetaan tai kaadetaan. Konvehtien valmistuksessa nestemäisen suklaan viskositeetillä on suuri vaikutus kuorruttamisprosessin onnistumiselle. Jos suklaan viskositeetti on liian suuri, suklaakuoresta tulee liian paksu ja jos taas viskositeetti on liian pieni, kuoresta tulee liian ohut. Oikealla viskositeetillä varmistetaan oikea paksuus suklaakuorelle, mikä on tärkeää niin taloudellisesti kuin tuotteen laadun kannalta. Sen lisäksi, että väärä viskositeetti aiheuttaa sen, ettei suklaakuori ei ole oikean paksuinen, se saattaa aiheuttaa tuotteiden epämuodostumia. Epätasainen suklaakuorrutus saattaa myös aiheuttaa tuotteen varastoisajan lyhenemisen. Tyypillinen viskositeetti kuorruttamiseen käytettävälle suklaalle on 0,15–0,35 Pa*s. (14, s. 465; 18, s. 81.)

3.2.3 Suklaan temperointi

Suklaan temperointi on prosessi, jossa nestemäinen suklaa jäähdytetään ja lämmitetään peräkkäin kaakaovoin kiteytymisen edistämiseksi halutuksi polymorfiseksi muodoksi. Suklaan oikeanlainen temperointi on olennaista tuotteen laadun kannalta ja se tarjoaa mm. suklaan halutun supistumisen jäähdyttäessä, kiiltävän pinnan tuotteelle, suklaan napsahtavuuden tai haurauden sekä vakauden rasvakukintaa vastaan. (16, s. 288.)

3.2.4 Kuorruttaminen

Liköörikonvehtien korpusten kuorruttamisprosessissa on muutamia tärkeitä asioita, jotka saattavat vaikuttaa lopputuotteen laatuun.

Kuorruttamisessa korpusten sijainti hihnalla on tärkeää kuorrutuksen onnistumisen kannalta. Korpusten välissä tulee olla riittävästi tilaa, jotta suklaaverho kuorruttaa ne tasaisesti joka puolelta ilman kiinnittymistä toisiinsa. Korpukset saattavat myös liikkua hihnalla läpäistessään suklaaverhon. Jos korpukset koskettavat toisiaan kuorrutuksen aikana, saattaa muodostua paljaita laikkuja, joissa ei ole ollenkaan suklaata. Jos korpukset koskettavat toisiaan kuorruttamisen jälkeen jähmettymisen aikana, ne saattavat tarttua toisiinsa aiheuttaen ongelmia esim. tuotteiden käärinnässä. (1, s. 376.)

Korpusten oikea lämpötila on myös kuorruttamisessa tärkeää. Lämpötilan tulee olla sopiva temperoidulle suklaalle. Yleensä korpuksen sopiva kuorruttamislämpötila onnistuneelle operaatiolle normaaleissa olosuhteissa on 22–24 °C. Riippuen suklaan ominaisuuksista lämpötila voi myös olla jopa 27 °C, mutta tämä ei sovellu kaikille tuotteille. Korpusten lämpötila tulee pitää ennalta määrätyn arvon alapuolella, ettei suklaan temperointi mene pilalle kuorruttaessa ja, jotta jäähtyminen tapahtuu oikein jäähdyttimessä. Lämpötila ei saa myöskään olla liian matala, koska silloin kosketuksessa muodostuu epästabiileja kaakaovoin kiteitä. Suklaa myös kiinnittyy kylmään pintaan helpommin, minkä takia tavoitepaino saattaa ylittyä. Äärimmäisissä tapauksissa korpuksen lämpötila voi nousta ympäröivään lämpötilaan suklaan jäähtymisen tai tuotteen pakkaamisen aikana. Tällöin korpus saattaa vielä laajentua, kun suklaa on jo jähmettynyt, ja aiheuttaa suklaakuoren halkeamisen. (1, s. 387; 18, s. 377.)

Ennen kuorruttamista monissa korpuksissa saattaa olla irtonaisia kiinnikkeitä, joita ei kuuluisi olla. Nämä voivat aiheuttaa ongelmia kuorrutuskoneessa, jos ne putoavat tai jäävät vaijerikuljettimeen kiinni. Kuorrutuskoneeseen saattaa tulla häiriöitä ja tuotteisiin jäädä paljaita laikkuja tai niistä voi tulla epämuodostuneita. Korpuksiin jääneet kiinnikkeet olisi hyvä poistaa huolellisesti ennen kuorruttamista, etteivät ne pääse aiheuttamaan ongelmia. Usein tähän käytetään vaijerihihnakuuljetinta, jonka yläpuolelle on asetettu yksi tai useampi puhallin. Korpuksiin jääneet kiinnikkeet voivat olla esimerkiksi irtonaisia pähkinöitä, krispejä, muotoilusta jääneitä häntiä tai edellisistä prosesseista jääneitä aineita. Liköörikonvehdeissa saattaa esiintyä jäämiä tärkkelysmuotin tärkkelyksestä, jos sitä ei ole poistettu kunnolla muoteista poistamisen jälkeen. Tämä voi vaikuttaa esimerkiksi siten, että suklaa ei tartu kunnolla korpuksen pinnalle, kuten näkyy kuvassa 6. (1, s. 377.)



Kuva 6. Korpuksen pinnalle jäänyt tärkkelys saattaa estää suklaan tarttumisen kuorruttaessa.

3.3 Tuotteen säilyminen varastoinnin aikana

Elintarvikkeen varastoimiskestävyydellä tarkoitetaan aikaa, kuinka kauan se säilyttää hyväksyttävän ulkonäön, aromin, maun ja koostumuksen. Konvehdeissa tärkeimpiä tekijöitä varastointiajan kannalta ovat mikrobiologinen turvallisuus, rasvan ja sokerin kukinta, rasvan, etanolin tai kosteuden migraatio, rakenteen menetys sekä kuivuminen. Suklaa on hyvin stabiili kestävyydeltään, johtuen matalasta kosteuspitoisuudesta sekä kaakaon

ainutlaatuisista ominaisuuksista. Tämän takia monet suklaatuotteet voidaan luokitella keski- tai pitkäikäisiksi tuotteiksi. Kuitenkin, kun valmistetaan makeisia suklaasta, sen varastoimiskestävyys saattaa muuttua, johtuen suklaan ja täytteen välisistä reaktioista. Sokerikuorellisilla liköörikonvehdeilla tyypillinen säilyvyysaika on 10–12 kk. Suklaama-keisten varastoimiskestävyys voidaan luokitella kahteen luokkaan: tuotteelle ominaiseen varastoimiskestävyyteen, jota ei voida pidentää pakkauksella yksinään sekä varastoimiskestävyyteen, joka riippuu ympäristöstä ja jota voidaan hallita oikeanlaisella pakkauksella. (18, s. 550.)

3.3.1 Rasvakukinta

Kaakaovoin polymorfinen luonne vaikuttaa suklaatuotteiden prosessointiin ja varastoimiskestävyyteen. Kaakaovoi voi esiintyä kuudessa eri polymorfisessa muodossa I–VI. Muotoja I–IV kutsutaan epästabiileiksi, koska niillä on taipumus muuttua korkeampaan muotoon V ja myöhemmin muotoon VI. Vaikka muoto V ajan myötä muuttuu muodoksi VI, se on määritelty stabiiliksi, koska muutos tapahtuu hitaasti (12–18 kk) 20 °C:n lämpötilassa. Suklaata temperoinnissa on tärkeää varmistaa, että kaikki kaakaovoi kiteytyy muodossa V, jotta tuotteesta tulee stabiili ja se saa kiiltävän pinnan ja napsahtavan rakenteen. (19, s. 225–226.)

Rasvan kiteytymistä suklaan pinnalla kutsutaan rasvakukinnaksi. Säilytyksen aikana standardin mukaisissa säilytysolosuhteissa hyvin temperoidussa suklaassa kaakaovoin polymorfinen muodonmuutos jatkuu muodosta V muotoon VI. Tämä muutos on yleisesti hyväksytty rasvakukinnan aiheuttaja suklaissa, jotka on varastoitu viileissä olosuhteissa. Jotkut uskovat, että suklaan kylmävarastointi (alle 18 °C) estää polymorfisen muodonmuutoksen ja pitää suklaan vapaana rasvakukinnasta loputtomiin. (19, s. 226.)

Kaksi muuta yleistä syytä rasvakukintaan on rasvan sulaminen ja uudelleen kiteytyminen johtuen säilytyksestä liian lämpimässä lämpötilassa, sekä muiden rasvojen kiteytyminen tuotteessa johtuen kaakaovoin yhteensopimattomuudesta muiden rasvojen kanssa. Jälkimmäinen esiintyy yleensä suklaalla kuorutetuissa tuotteissa, joissa on pähkinäöljyä sisältävä täyte ja johtuu rasvan migraatiosta täytteestä suklaaseen. Väärä prosessointi, kuten riittämätön temperointi ja pakotettu jäähdytys saattaa myös saada kaakaovoin kiteytymään epästabiiliin muotoon ja aiheuttaa rasvakukintaa. (19, s. 227.)

3.3.2 Sokerikukinta

Sokerikukinta eli sokerin kiteytyminen suklaatuotteen pinnalla johtuu kosteuden imeytymisestä pintaan. Kosteus voi olla seurausta tuotteen pinnalle tiivistyneestä vedestä, huonoista säilytysolosuhteista kuten korkeasta ilmakestteudesta, sekä monikomponenttisisä tuotteissa kosteuden liikkumisesta tuotteen sisällä. Veden tiivistyminen tuotteen pinnalle saattaa tapahtua jäähdytysvaiheen lopussa, kun kylmän tuotteen pinta joutuu kosketukseen lämpimän ilman kanssa jäähdyttimen päässä. Tämän vuoksi jäähdytetty tuote tulisi lämmittää ympäröivän ilman lämpötilaan jäähdytyksen viimeisessä vaiheessa. Suklaa saattaa myös kerätä kosteutta, jos sitä säilytetään kosteissa olosuhteissa. Koska suklaan tasapainokosteus on kuitenkin n. 70 %, ilman kosteuden tulee olla korkeampi, jotta suklaa keräisi kosteutta. (19, s. 229.)

3.3.3 Kosteus- ja alkoholimigraatio

Kosteus- ja alkoholimigraatio tarkoittaa nesteen tai alkoholin liikkumista tuotteessa ja se on merkittävä syy tuotteen rakenteen muutoksille ja pilaantumiselle monikomponenttisisä suklaatuotteissa. Kosteus- ja alkoholimigraatio on usein ongelmana liköörikonvehdeissa ja saattaa aiheuttaa suklaakuoren hajoamisen. Yleensä kosteus- ja alkoholimigraatio koskee liköörikonvehdejä, joissa ei ole sokerikuorta, sillä sokerikuori estää liköörin ja suklaan kosketuksen toisiinsa. Sokerikuorellisissa liköörikonvehdeissa likööriä keskellä on myös riittävän kylläinen sokerista, ettei se enää liuota lisää sokeria suklaakuoresta. (1, s. 212, 229.)

3.4 Liköörikonvehdeistä tehtävät mittaukset

3.4.1 Sokeripitoisuuden mitta

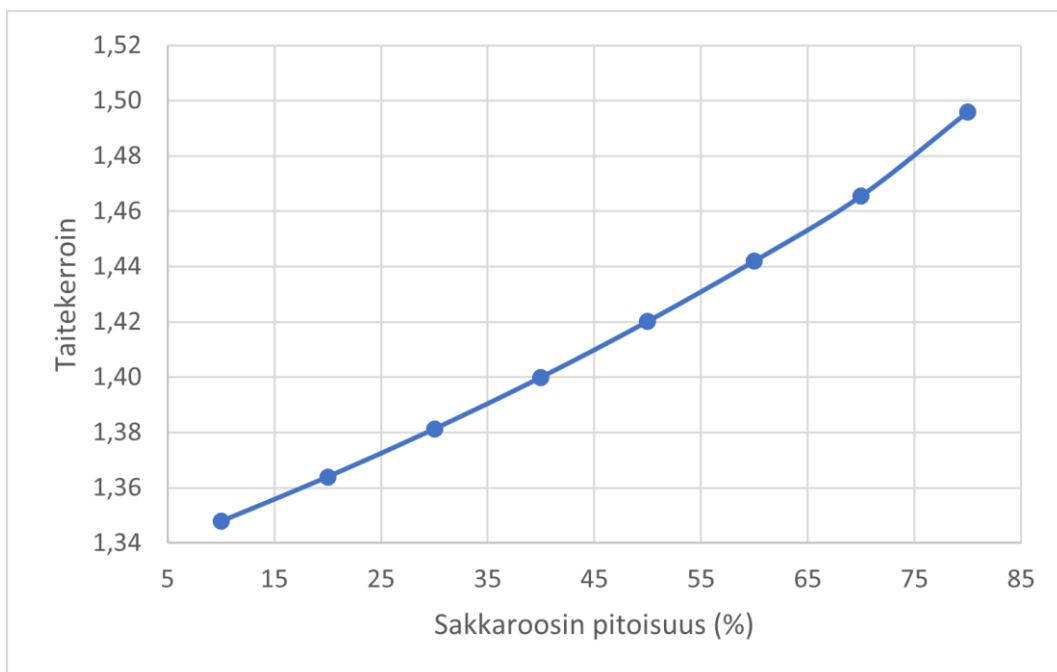
Liköörikonvehtien valmistuksessa yksi tärkeimmistä mittauksista on sokeripitoisuuden mitta. Sokeripitoisuutta mitataan tuotannossa likööritytteestä ennen valua, jotta tiedetään, että sokeria on riittävästi kiteytymiseen (noin 80 %).

Makeisvalmistuksessa käytetään sokeripitoisuuden mittaamiseen refraktometria, joka on kalibroitu ilmoittamaan liuoksen liuenneiden kuiva-aineiden pitoisuus asteina °Brix. Brix-asteikko kuvaa puhtaan sakkaroosiliuoksen pitoisuutta g/100 g liuosta, eli, jos sadassa grammassa liuosta on 10 g sakkaroosia, °Brix on silloin 10. Tarkka pitoisuus voidaan määrittää ainoastaan puhtaasta sakkaroosivesiliuoksesta, sillä kaikki liuenneet kuiva-aineet vaikuttavat liuoksen brix-arvoon. (14, s. 45–46.)

Refraktometrin toiminta perustuu taitekertoimen mittaamiseen aineiden rajapinnassa. Kun valo kulkee ilmasta vesiliuokseen, sen suunta taittuu riippuen liuoksen optisista ominaisuuksista. Tämä hyvin tunnettu muutos valonsäteen suunnan muuttumisessa, kun se kulkee ilmasta veteen, johtuu valonnopeuden eroista eri materiaaleissa. Materiaalin taitekerroin kuvataan usein valon nopeuden ilmassa tai vakuuissa ja valonnopeuden materiaalissa suhdelukuna. Mitä pienempi aineen optinen tiheys on, sitä nopeampi valonnopeus aineen sisällä ja pienempi taitekerroin. Esimerkiksi veden taitekerroin 20 °C:ssa on 1,3329 ja kylläisen sokeriliuoksen (67 m%) 1,4581. Taitekerroin muuttuu lämpötilan vaikutuksesta, joten se tulisi ottaa huomioon mittauksessa. (14, s. 44.)

Refraktometri on käytännössä prisma, jossa on goniometri valonsäteen kulman mittaamiseksi, kun valo läpäisee liuoksen. Mittauksessa pieni pisara sokeriliuosta asetetaan prisman päälle ja refraktometri mittaa valon taitekertoimen sokeriliuoksen ja prisman välillä. Refraktometrejä on olemassa monenlaisia: optisia, digitaalisia, kädessä pidettäviä ja laboratoriossa käytettäviä pöytämalleja. Kuvassa 7 näkyy laboratorion digitaalinen refraktometri. Refraktometri voi olla myös integroituna tuotantolaitteistoon. (14, s. 45.)

Refraktometri lukee liuoksen taitekertoimen, joka on suoraan verrannollinen liuoksen sokeripitoisuuteen, mutta riippuu siitä mitä sokereita liuokseen on liuenneena. Makeisvalmistuksessa käytetyt refraktometrit ovat yleensä kalibroitu ilmoittamaan liuoksen sakkaroosipitoisuus (g/100 g liuosta). Jokaisella eri sokerilla on hieman eri vaikutus liuoksen taitekertoimeen, riippuen niiden kemiallisista ominaisuuksista. Puhtaalle sakkaroosille liuoksen taitekertoimen muutos eri pitoisuuksissa on esitetty kuvassa 7. Tämän korrelaation perusteella taitekerrointa voidaan käyttää määrittämään sakkaroosin pitoisuus vesiliuoksessa. Toisin sanoen, puhtaan sakkaroosivesiliuoksen tarkka pitoisuus voidaan selvittää määrittämällä liuoksen taitekerroin. (14, s. 44.)



Kuva 7. Taitekertoimen muutos suhteessa puhtaan sakkaroosiliuoksen pitoisuuteen (20).

Refraktometrin antama lukema pitoisuudelle on oikea ainoastaan puhtaille sakkaroosille. Fruktosilla ja glukoosilla on hieman eri vaikutus liuoksen taitekertoimeen kuin sakkaroosilla. Myös kaikilla muilla liuokseen liuenneilla kuiva-aineilla on eri vaikutukset taitekertoimeen. Kuitenkin muiden liuenneiden kuiva-aineiden vaikutus brix-asteeseen on melko pieni, joten refraktometri, joka on kalibroitu ilmoittamaan taitekerroin brix-asteina, toimii riittävänä laadunohjaustyökaluna useimmissa tapauksissa. (14, s. 46.)

3.4.2 Alkoholimääritys

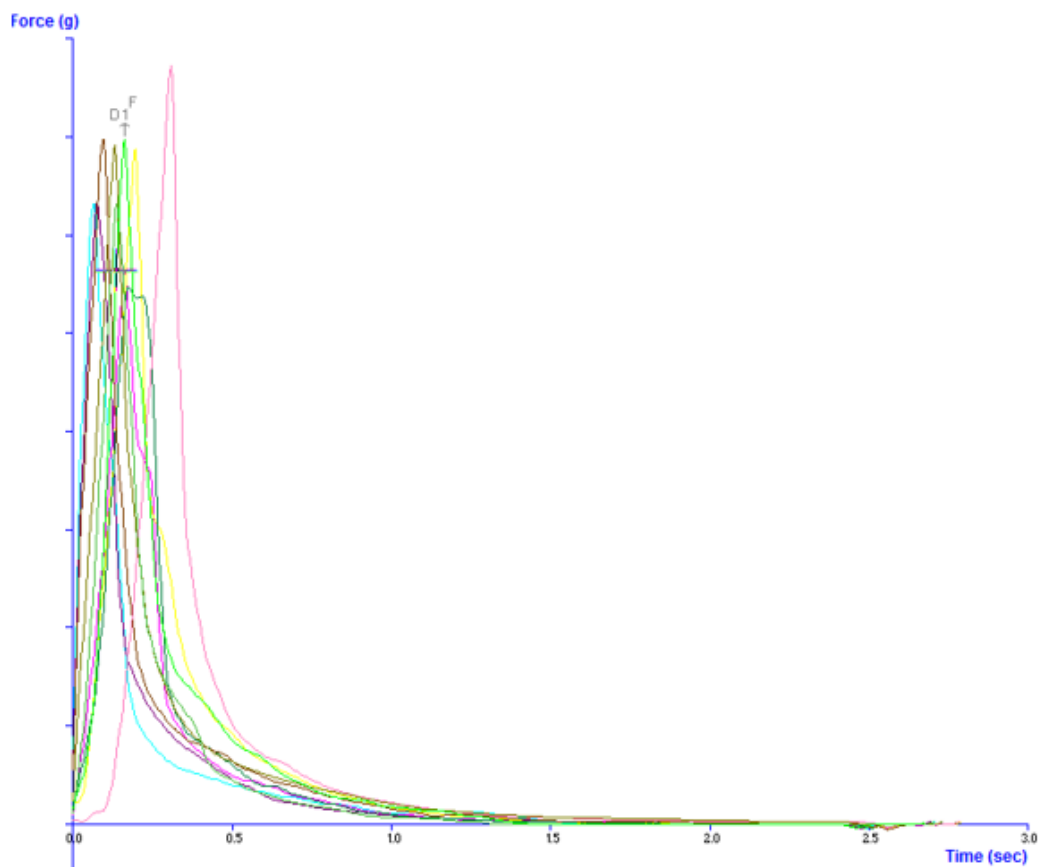
Alkoholipitoisuutta mitataan liköörikonvehdeista, jotta tiedetään ovatko tuotteet määriteltujen spesifikaatioiden mukaisia. Jokaisen liköörikonvehdelaadun puolivalmisteelle sekä lopputuotteelle on määritetty alkoholipitoisuus sekä raja-arvot, kuinka paljon pitoisuus saa poiketa tavoitearvosta. Yleensä alkoholipitoisuus on valmiissa liköörikonvehdissä 2,7–2,8 %, mutta joissakin tuotteissa se voi olla korkeampi (21; 22; 23). Alkoholipitoisuus vaikuttaa mm. tuotteen ominaisuuksiin kuten makuun ja koostumukseen.

Alkoholipitoisuuden määrittämiseen tuotteesta käytetään tislausta ja ominaispainomittausta. Tuotteesta tai puolivalmisteesta tislataan alkoholi käyttämällä höyrytisluslaitteistoa. Höyrytisluslaitteessa höyry johdetaan tisluspullossa olevaan näyteliuokseen haihtuvien komponenttien (tässä tapauksessa alkoholin) poistamiseksi. Höyrystynyt alkoholi kulkeutuu tisluslaitteistossa lauhduttimeen, jossa se kondensoituu ja saatu tisle kerätään vastaanottosäiliöön (esimerkiksi mittapulloon). (24.) Tisleestä mitataan alkoholipitoisuus ominaispainomittarilla, joka ilmoittaa tisleen ominaispainon sekä alkoholipitoisuuden. Tisleen alkoholipitoisuuden perusteella voidaan laskea tuotteen tai puolivalmisteen alkoholipitoisuus.

3.4.3 Rakennemittaus

Rakennemittausta käytetään liköörikonvehtien sekä kuorruttamattoman liköörikonvehdin keskuksen eli korpuksen kuoren kovuuden mittaamiseen. Liköörikonvehdeissa korpuksen kuoren rakenteen kestävyys on erittäin tärkeää. Liköörikonvehdeihin kohdistuu prosessissa mekaanista rasitusta erityisesti käärinnän ja pakkauksen aikana. Jos kuoren rakenne ei ole riittävän kova, konvehdit saattavat hajota ja vuotaa. Riittävällä kuoren kovuudella varmistetaan liköörikonvehdin kestävyys prosessin läpi asiakkaalle asti.

Rakenteen mittaus perustuu näytteen rakenteen säilymiseen tai muuttumiseen tietyn voiman ja ajan vaikutuksesta. Liköörikonvehtien ja korpusten rakennetta mitataan huoneenlämpöisestä näytteestä TA.TX Plus Texture Analyzer -laitteella. Mittauksessa näyte asetetaan laitteeseen sylinterin alle ja laite laskee sylinteriä, kunnes näytteen pinta rikkoutuu. Laite ilmoittaa pinnan rikkoutumiseen käytetyn voiman sekä etäisyyden ja ajan missä pinta rikkoutuu. Laite piirtää myös käyrän, jossa akseleina on voima, joka tarvitaan näytteen rikkoutumiseen sekä aika tai etäisyys, missä pinta menee rikki (kuva 8).



Kuva 8. Esimerkkikuva TA.XT Plus Texture Analyzer -rakennemittarin piirtämistä käyristä, joissa akseleina on voima, joka tarvitaan näytteen pinnan rikkoutumiseen sekä aika, joka siihen kuluu.

4 Materiaalit ja menetelmät

4.1 Liköörikonvehtien korpusten mittaukset

Mittauksissa näytteinä oli viiden erimakuisen liköörikonvehdin korpuksia, jotka ovat koodattu kirjaimilla A–E. Näytteet valikoituivat sen perusteella mitä tuotteita oli tuotannossa ajossa. Korpuksista mitattiin kovuus, alkoholipitoisuus sekä brix-arvo.

Korpusten kovuuden mittaamiseen käytettiin kuvassa 9 näkyvää Texture Analyzer TA.XT Plus -rakennemittaria (Stable Micro Systems, Iso-Britannia), jossa oli 2 mm:n sylinteri. Mittauksiin käytettiin Texture Exponent -ohjelmaa. Sylinteri asetettiin 2 cm:n korkeuteen, nopeudeksi valittiin 1 mm/s ja mittaus loppui, kun sylinteri puhkaisi korpusten

pinnan. Kovuutta mitattiin tuotantoajon alusta ja lopusta otetuista (10 mittausta molemmista) liköörikonvehtien korpuksista. Kovuudet kirjattiin Exceliin ja niistä laskettiin keskiarvo sekä keskihajonta.



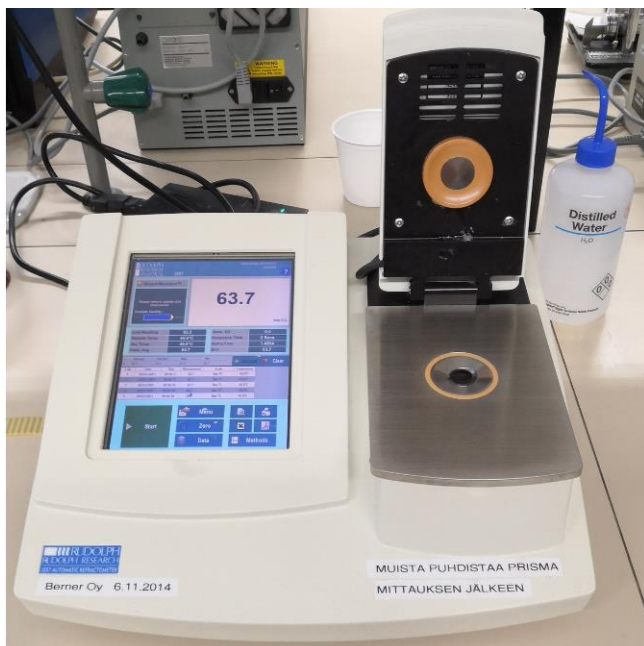
Kuva 9. TA.TX Plus Texture Analyzer -rakennemittari

Korpuksista mitattiin alkoholipitoisuus kerran jokaisesta laadusta, paitsi liköörikonvehti A:sta, sillä näytettä ei ollut riittävästi alkoholipitoisuuden mittaamiseen. Korpuksia punnittiin tislaukspulloon 100 g ja lisättiin 100 ml magnesiumoksidia. Tislaukspullo asetettiin höyrytislaukslaitteeseen (Buchi K 355 Distillation Unit, Sveitsi), joka tislasi näytteestä alkoholin vastaanottopuolelle laitettuun mittapulloon. Saadun tisleen määrä punnittiin, jonka jälkeen mitattiin tisleen alkoholipitoisuus ominaispainomittarilla. Höyrytislaukslaitteisto ja ominaispainomittari näkyvät kuvassa 10. Tisleen alkoholipitoisuuden ja määrän perusteella laskettiin näytteen alkoholipitoisuus. Alkoholipitoisuutta verrattiin yrityksen tavoitearvoihin.



Kuva 10. Vasemmalla kuvassa on höyrytisluslaitteisto ja oikealla ominaispainomittari

Korpusten nestemäisestä sisuksesta mitattiin °Brix kaksi kertaa jokaisesta laadusta. Korpusten halkaistiin varovasti muovipikarissa ja otettiin näyte lusikalla nestemäisestä sisuksesta, varoen ettei kiteitä tullut mukaan. Näytteestä mitattiin °Brix laboratorion refraktometrillä, joka näkyy kuvassa 11. Mittaustuloksia verrattiin yrityksen tavoitearvoihin.



Kuva 11. Refraktometri ilmoittaa liuksen brix-arvon.

4.2 Refraktometriä vertailu

Laboratorion ja tuotannon refraktometrejä vertailtiin, koska epäilyksenä oli, että laboratorion refraktometrin ja tuotannossa käytettävän käsimallin refraktometrin mittaustuloksissa olisi eroa. Refraktometrit näkyvät kuvassa 12. Refraktometriä käytetään tuotannossa prosessin ohjaamiseen, joten oikeat mittaustulokset ovat prosessin onnistumisen kannalta tärkeitä. Refraktometriä vertailua varten valmistettiin sokerista, vedestä ja etanolista liuosarja, joissa pohjana oli kaikissa sama sokerivesiliuos ja lisätyn etanolin määrä muuttui. Tarkoituksena oli myös selvittää, kuinka paljon liukseen lisätty etanoli vaikuttaa liuksen brix-arvoon.



Kuva 12. Vasemmalla tuotannon refraktometri (Brix-alue 0–93 %) ja oikealla laboratorion refraktometri (Brix-alue 0–100 %)

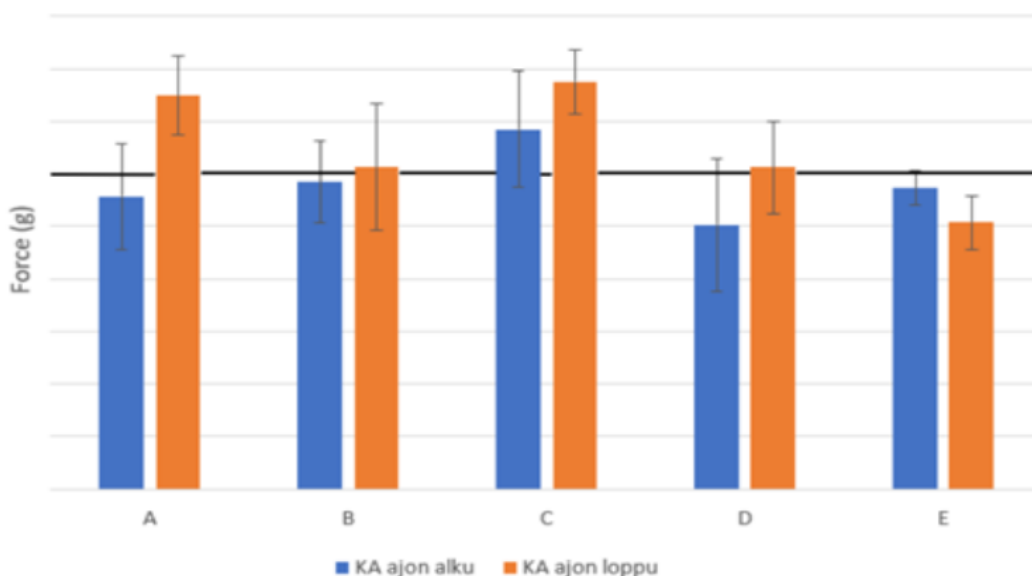
Liuokset valmistettiin yksi kerrallaan kuumentamalla 208 g vettä ja 792 g sokeria n. 109 aste, jotta sokeri liukenee veteen. Liuoksen annettiin jäähtyä n. 90 asteiseksi, jonka jälkeen liuokseen lisättiin liuoksen halutun alkoholipitoisuuden mukaan n. 50 asteiseksi lämmitettyä 94 prosentista etanolia ja sekoitettiin nopeasti. Liuoksista mitattiin brix-arvo ennen etanolin lisäämistä sekä välittömästi lisäämisen jälkeen laboratorion ja tuotannon refraktometreillä molemmilla kaksi kertaa. Liuoksista mitattiin myös vesipitoisuus Karl Fischer -titrauslaitteella (Mettler Toledo V30 Volumetric KF Titrator, Sveitsi) etanolin lisäämisen jälkeen.

5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

5.1 Korpusten kovuus, brix-arvo ja alkoholipitoisuus

Kuvassa 13 näkyy liköörikorpuksen kovuuden keskiarvot sekä keskihajonta ajon alusta ja lopusta otetuista näytteistä. Kuvaa on merkitty mustalla viivalla tavoitearvo, jota pi-

detään hyvänä vähimmäiskovuutena korpukselle. Korpusten kovuutta ei mitata säännöllisesti, joten aikaisempaa dataa mittauksista on hyvin vähän. Tuotteiden laadun seurannan kannalta mittauksia olisi hyvä tehdä säännöllisesti. Liköörikonvehdit C–E on mitattu vuorokauden sisällä muotista poiston jälkeen, mutta liköörikonvehdit A ja B ovat mitattu vuorokautta myöhemmin. Tämä pitää ottaa huomioon, sillä korpuksat kovenevat hieman ajan kuluessa.



Kuva 13. Liköörikonvehtien (A–E) korpusten kovuuden keskiarvot (=KA) sekä keskihajonta. Mustalla viivalla on merkitty kovuuden tavoitearvo. N = 10.

Mittaustuloksista nähdään, että suurin osa mitatuista keskiarvoista on lähellä tavoitearvoa ja jopa sen yli, mutta vain liköörikonvehti C ylitti tavoitearvon sekä ajon alusta otetuista näytteistä, että ajon lopusta otetuista näytteistä tehdyissä mittauksissa. Näytteiden kovuuden keskihajonta on suurimmassa osassa tuotteista melko suurta, joten yksittäisiä näytteitä, jotka alittavat tavoitteen, on lähes kaikissa tuotteissa. Yhtä lukuun ottamatta (liköörikonvehti E) kaikissa tuotteissa kovuus on parempi ajon lopussa otetuista näytteissä kuin ajon alusta otetuissa näytteissä. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että prosessia on säädetty ajon aloituksen jälkeen. On myös mahdollista, että ajoa aloittaessa putkisto ei ole vielä lämmennyt kunnolla ja sokeria on kiteytynyt jo matkalla.

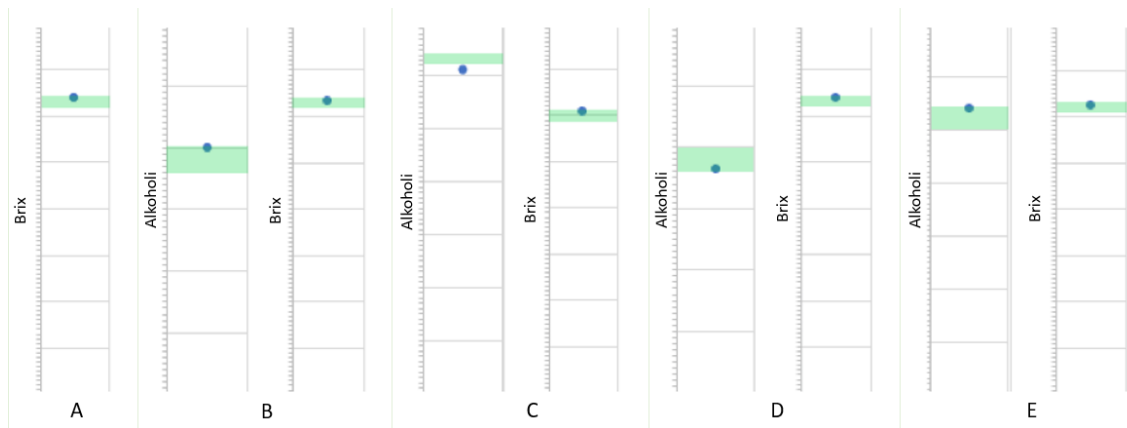
Mittaustulosten perusteella voidaan huomata, että korpuksen kovuus vaihtelee tuotteesta riippuen (kuva 13). Siihen voi olla syynä tuotteeseen lisätyt makuaineet, jotka

saattavat vaikuttaa negatiivisesti sokerin kiteytymiseen. Kiteytymiseen voivat vaikuttaa negatiivisesti orgaaniset hapot (esimerkiksi sitruunahappo) ja muut liukoiset komponentit (15, s. 101). Alkoholilla laskee sokerin liukoisuutta ja siten parantaa sokerin kiteytymistä (14, s. 58). Heikommin kestävästä tuotteesta olisi hyvä selvittää vaikuttavatko niissä käytetyt maku- tai lisäaineet sokerin kiteytymiseen. Sokeripitoisuus saattaa myös laimentua makuaineita lisätessä, mikä myös voi vaikuttaa siihen, ettei sokeria ole lopullisessa liuoksessa niin paljon kiteytymiseen. Kiteytymiseen saattaa myös vaikuttaa prosessin aikana tapahtuvat muutokset lämpötilassa sekä tuotantolinjaston pysähdykset sekä muut häiriöt.

Kiteytyneen sokerin määrän lisäksi on mahdollista, että kiderakenteen kestävyys vaikuttaa myös kiteiden kokojakaumaan. Kiteiden kokoon ja muodostumiseen vaikuttaa mm. liuoksen ylikylläisyys, jäähtymisnopeus, sekä lämpötila, missä kiteytyminen tapahtuu (16, s. 293–294). Kiteiden koon ja kiderakenteen kestävyysyhteyttä pitäisi tutkia liikkörikonvehtien kannalta. Mahdollisesti pienet kiteet muodostavat kestävämmän rakenteen. Kiderakenteen kokojakaumaa voitaisiin tutkia esimerkiksi mikroskoopilla.

Työssä tehtiin mittauksia ainoastaan yhdestä ajosta per tuotetyyppi, koska näytteitä ei ollut saatavilla enempää. Olisi hyvä tehdä lisää mittauksia, jotta saataisiin lisää dataa korpuksien kovuuksista. Näin voitaisiin myös nähdä, kuinka paljon kovuus vaihtelee ajosten välillä samassa tuotteessa. Jos prosessiin tai tuotteiden reseptiikkaan tehdään muutoksia, voidaan uusista mittauksista nähdä miten muutokset vaikuttavat kovuuksiin.

Kuvassa 14 näkyy korpuksista mitatut brix-arvot ja alkoholipitoisuudet. Kuvaan on vihreällä merkitty tavoitealue arvoille. Korpuksista mitatut brix-arvot olivat kaikki spesifikaatioiden mukaiset. Alkoholipitoisuudet olivat spesifikaatioiden mukaiset kaikissa, paitsi näytteessä C, jossa se oli 0,1 % spesifikaatorajojen alapuolella. Heitto on kuitenkin pieni ja se voi myös johtua esimerkiksi mittausvirheestä.



Kuva 14. Liköörikonvehtien korpuksista A–E mitatut brix-arvot ja alkoholipitoisuudet. Vihreällä on merkitty tavoitealue pitoisuuksille. Näytteestä A ei ole mitattu alkoholipitoisuutta, koska näytettä ei ollut riittävästi.

5.2 Refraktometrienv vertailu

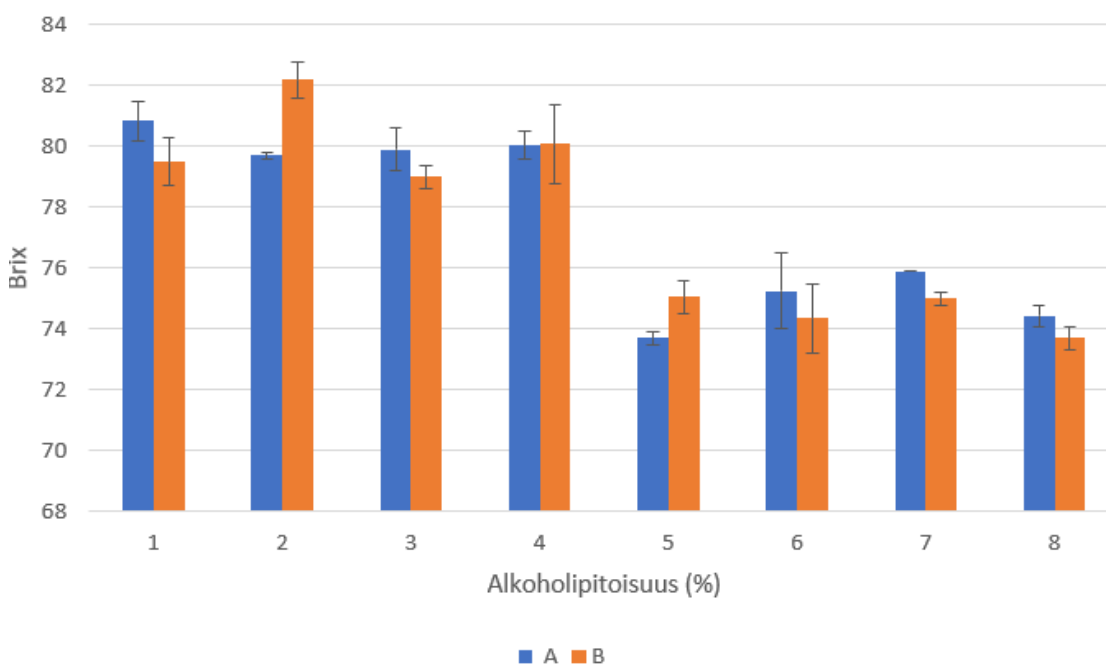
Refraktometrienv vertailun tulokset näkyvät taulukossa 1. Taulukossa A0 tarkoittaa mitausta ennen alkoholin lisäämistä laboratorion refraktometrillä, A1 ja A2 tarkoittavat mittauksia alkoholin lisäämisen jälkeen laboratorion refraktometrillä. B0, B1 ja B2 tarkoittavat samoja mittauksia tuotannon refraktometrillä. Laskettu sokeripitoisuus on ohjeen mukaan laskettu lopullisen liuoksen sokeripitoisuus. Vesipitoisuus on mitattu liuoksesta Karl Fischer -menetelmällä alkoholin lisäämisen jälkeen. Brix-arvoista sekä vesipitoisuuden mittauksista voidaan huomata, että vettä on päässyt haihtumaan keiton aikana. Brix-arvon tulisi olla pienempi kuin laskennallinen sokeripitoisuus, sillä alkoholin lisäys pienentää liuoksen taitekerrointa ja siten myös brix-arvoa. Myös alkoholia on todennäköisesti haihtunut hieman, kun sitä on lisätty kuumaan (90 °C) liuokseen.

Taulukko 1. Refraktometrienv vertailun tulokset. A0 tarkoittaa mittausta laboratorion refraktometrillä ennen alkoholin lisäämistä, A1 ja A2 ovat mittaukset alkoholin lisäämisen jälkeen. B0, B1 ja B2 tarkoittavat samoja mittauksia tuotannon refraktometrillä.

Alkoholi-%	Laskettu sokeri-%	A0	A0	A1	A2	B0	B0	B1	B2	Vesi-%
0 %	79,2 %	80,7	80,9			79,5	78,3			18,3 %
1 %	78,4 %	83,4	83	80,2	81,5	83,8	84,7	78,7	80,3	11 %
2 %	77,5 %	82,6	81,8	79,8	79,6	83,4	82,2	81,6	82,8	11,8 %
3 %	76,7 %	81,8	81,8	80,6	79,2	81,4	82,0	79,4	78,6	9,4 %
4 %	75,8 %	82,7	83,1	79,6	80,5	84,4	79,0	78,8	81,4	10,6 %

5 %	75 %	81,2	81,0	73,5	73,9	83,3	84,6	75,6	74,5	9,8 %
6 %	74,1 %	80,8	80,8	76,5	74,0	81,5	79,1	73,2	75,5	10,3 %
7 %	73,3 %	82,4	82,5	75,9	75,9	81,2	81,3	74,8	75,2	8,2 %
8 %	72,5 %	80,7	80,8	74,1	74,8	79,8	82,2	73,3	74,1	12,1 %

Mittaustuloksista voidaan huomata, että saman näytteen mittauksissa eri laitteilla on eroa, mutta eroa on myös saman näytteen mittauksessa samalla laitteella. Kuvassa 15 näkyy saman näytteen mittausten keskiarvot ja keskihajonnat molemmilla laitteilla. Kuvasta nähdään, että laitteet eivät anna systemaattisesti eri tuloksia keskenään. Mittaustulosten välisiin eroihin voi olla syynä näytteen muuttuminen mittauksen aikana tai niiden välissä. Tuloksiin vaikuttaa myös mahdollisesti se, kuinka hyvin näyte oli sekoittunut. Laboratorion refraktometrillä mittaamisessa kesti melko kauan (n. 5 min), joten näyte saattoi muuttua jopa mittauksen aikana.



Kuva 15. Brix-mittausten keskiarvot (n=2) ja keskihajonnat laboratorion (A) refraktometrillä sekä tuotannon (B) refraktometrillä 1–8 % alkoholia sisältävistä sokeriliuoksista.

Haasteita työhön aiheutti veden haihtuminen keiton aikana, mikä todennäköisesti oli osasyynä sokerin nopeampaan kiteytymiseen liuoksen jäähtyessä. Keittoja oli myös haastavaa tehdä täysin samalla tavalla, joten eri keitoista vettä saattoi haihtua eri määrä. Sokerin kiteytymisen minimoimiseksi liuoksia ei saisi sekoittaa, mutta sekoittaminen oli

kuitenkin pakollista alkoholin lisäyksessä ja liuoksen lämpötilan mittaamisessa. Alkoholin lisääminen myös alentaa sokerin liukoisuutta ja siten nopeuttaa kiteytymistä.

Tuloksista voidaan huomata, että mittalaitteet antoivat eri tuloksia keskenään, mutta tulokset eivät systemaattisesti eronneet toisistaan. Laboratorion refraktometrillä vaihtelua oli 0–2,5 °Brix saman näytteen mittauksissa ja tuotannon refraktometrillä eroa oli 0,4–2,6 °Brix. Samojen näytteiden keskiarvoissa eri laitteilla eroa oli 0,05–2,5 °Brix. Koska näyte on saattanut muuttua mittausten välissä tai niiden aikana, tällä kokeella ei voida todistaa onko mittalaitteiden välillä eroa. Mittalaitteita olisi hyvä vertailla näytteellä, joka pysyy stabiilina mittausten aikana. Tällainen näyte voisi olla esimerkiksi sokeriliuos, joka ei ole niin ylikylläinen. Tässä työssä käytettiin näytteenä ylikylläisiä sokeriliuoksia, sillä tavoitteena oli saada mahdollisimman samankaltainen näyte kuin tuotannossa. Työssä tehtyjä mittauksia ei voida vertailla suoraan tuotannon mittauksiin, sillä keitetyt liukset ovat valmistettu käsin. Tulosten perusteella olisi silti hyvä ottaa tuotannossa huomioon huolellisuus mittauksissa. Mittaukset tulisi tehdä aina nopeasti, samalla tavalla ja samasta kohdasta, sillä moni tekijä kuten näytteen jäähtyminen ja kiteytyminen vaikuttaa mittaustuloksiin. Mittaus olisi myös hyvä toistaa muutaman kerran ja laskea niistä keskiarvo, jotta saataisiin mahdollisimman luotettava tulos ja prosessia pystyttäisiin ohjaamaan oikein. Työvaiheeseen voisi olla hyvä tehdä ohjeistus, jossa kerrotaan aika, tapa ja kohta näytteen mittaamiseen. Paras ratkaisu brix-asteen mittaamiseen olisi tuotannon laitteistoon integroitu online-refraktometri (esimerkiksi Vaisala K-PATENTS® Seed-Master SM-3 (25)), jolla saataisiin reaaliaikaisia mittauksia. Online-mittaus poistaisi myös näytteen mittaamisesta aiheutuvat mittausepävarmuudet.

6 Yhteenveto

Liköörikonvehtien laatuun vaikuttaa moni tekijä. Liköörikonvehtien hyvä laatu tarkoittaa, että tuote on sille asetettujen spesifikaatioiden mukainen, ehjä sekä rakenteeltaan, maultaan ja ulkonäöltään hyvä. Yksi tärkeimmistä liköörikonvehtien laatuun vaikuttavista tekijöistä on sokerin oikeanlainen kiteytyminen. Laadun kannalta on erittäin tärkeää, että sokeri kiteytyy riittävän kestäväksi ja paksuksi kuoreksi nestemäisen likööritäytteen ympärille. Sokerikuoren riittävällä kestävyydellä varmistetaan, että liköörikonvehdit säilyvät

ehjänä prosessin läpi asiakkaalle asti. Sokerin kiteytymiseen vaikuttaa mm. liuoksen lii-
kylläisyys, jäähtymisnopeus, kiteytymisen lämpötila ja aika sekä liuokseen liuenneet
muut liukoiset komponentit.

Työssä saatiin tehtyä mittauksia liköörikonvehtien korpuksista laadun selvittämiseksi.
Mittauksia tehtiin ajon alussa sekä lopussa otetuista näytteistä. Korpuksista mitattiin ko-
vuus, alkoholipitoisuus ja °Brix. Mittaustuloksia verrattiin tavoitearvoihin. Kaikissa tuot-
teissa °Brix oli tavoitearvon mukainen. Alkoholipitoisuus oli tavoitearvoissa kaikissa
muissa paitsi yhdessä tuotteessa, jossa se poikkesi tavoitteesta 0,1 %. Korpuksien ko-
vuuksissa oli eroa tuotteesta riippuen. Osa tuotteista oli selkeästi kestävämpiä. Heikom-
missa tuotteissa olisi hyvä selvittää vaikuttavatko esimerkiksi tuotteeseen lisätyt maku-
aineet kestävyteen ja voisiko tuotteen reseptiä muuttaa, jotta tuotteesta saataisiin kes-
tävämpi.

Tuotannon ja laboratorion refraktometriä vertailu ei onnistunut täysin odotusten mukai-
sesti. Vertailussa refraktometrit antoivat eri tuloksia keskenään, mutta myös samalla lait-
teella toistaessa samasta näytteestä, mikä johtui mahdollisesti näytteen muuttumisesta.
Vertailulla ei siis pystytty todistamaan onko laitteiden välillä eroa. Laitteita tulisi verrata
keskenään näytteillä, jotka pysyvät stabiilina mittausten ajan. Refraktometriä vertailun
tulosten perusteella olisi kuitenkin hyvä ottaa tuotannossa huomioon huolellisuus mit-
tauksissa, sillä näytteen lämpötila ja kiteytyminen vaikuttaa olennaisesti brix-arvoon.
Luotettavien mittaustulosten saamiseksi tuotantolaitteistoon olisi hyvä asentaa online-
refraktometri, joka mittaa brix-astetta jatkuvasti. Tämä helpottaisi prosessin ohjaamista
ja poistaisi mittaajasta ja mittauksesta aiheutuvat mittausepävarmuudet.

Työssä saatuja tuloksia voidaan yrityksessä hyödyntää jatkossa prosessin parantami-
seen sekä seurantaan. Korpuksien kovuuksista olisi hyvä tehdä lisää mittauksia, jotta
kestävyydestä saataisiin enemmän dataa laadunseuranta varten.

7 Lähteet

- 1 Geoff, Talbot. 2009. Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products. E-kirja. Elsevier Science & Technology.
- 2 Brimelow, Christopher J.B. ja Kress-Rogers, Erika. 2011. Instrumentation and sensors for the food industry. E-kirja. Woodhead Publishing.
- 3 Summers, Donna C.S. 2016. Quality. New York : Pearson Education
- 4 Saari, Seppo. 2002. Laatuun perustuva talous. Espoo : Mido Oy.
- 5 Andersson, Paul H ja Tikka, Heikki. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo : WSOY - kirjapainoyksikkö.
- 6 Lecklin, Olli. 2006 Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki : Talentum.
- 7 Kume, Hitoshi. 1998. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. Vammala : Metalliteollisuuden keskusliitto
- 8 Ahmed, Jasim ja Rahmad, Mohammad Shafiur. 2012. Handbook of Food Process Desing. E-kirja. Wiley-Blackwell.
- 9 Karjalainen, Eero. 2016. Unohdettu laadunohjaus. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/unohdettu-laadunohjaus/>> 09. 11 2016. Luettu 19.01.2021.
- 10 Brennan, James G. ja Grandison, Alistair S. 2012. Food processing handbook. E-kirja: John Wiley & Sons Inc
- 11 Hiltunen, Erkki ym. 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Espoo: Metrologian neuvottelukunta ja mittaustekniikan keskus.
- 12 Lepistö, Outi. 2018. Mikä ihmeen ISO-standardi. Verkkoaineisto. EnviroVet <<https://www.envirovet.fi/2018/03/28/iso-standardi/>> 28.3.2018. Luettu 19.3.2021.
- 13 Certified Organizations. 2021. Verkkoaineisto. FSSC 22000. <<https://www.fssc22000.com/certified-organizations/#.>> Luettu 11.4.2021.
- 14 Hartel, Richard W;von Elbe, Joachim H ja Hofberger, Randy. 2017. Confectionery Science and Technology. E-kirja. Springer International Publishing AG.

- 15 Hartel, Richard W ja V, Shastry Arun. 1991. Sugar crystallization in food products. Verkkoaineisto. Critical Reviews in Food Science & Nutrition. <<https://doi.org/10.1080/10408399109527541>>. Julkaistu verkossa 29.9.2009. Luettu 16.2.2021.
- 16 Myerson, Allan. 2001. Handbook of Industrial Crystallization. E-kirja. Elsevier Science & Technology.
- 17 Mohos, Ferenc A. 2017. Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications. E-kirja. John Wiley & Sons Inc.
- 18 Beckett, Steve ;Fowler, Mark ja Ziegler, Gregory. 2017. Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. E-kirja. John Wiley & Sons, Incorporated.
- 19 Subramaniam, Persis ja Wareing, Peter. 2016. The Stability and Shelf Life of Food. E-kirja. Elsevier Science & Technology.
- 20 Refractive index of sucrose solutions. 2011. Refractometer.pl. Verkkoaineisto. <<http://www.refractometer.pl/refraction-datasheet-sucrose>>. Luettu 19.3.2021.
- 21 Panda Liköörikonvehteja. Panda.fi. Verkkoaineisto. <<https://www.panda.fi/products/panda-likoorikonvehteja-290-g/>>. Luettu 11.4.2021
- 22 Liqueur Fills. Fazer.com. Verkkoaineisto. <<https://www.fazer.com/products/our-international-brand-selection/liqueur-fills/>>. Luettu 11.4.2021.
- 23 Anthon Berg Chocolate Bottles With Liqueur. Cognac.com. Verkkoaineisto. <<https://www.cognac.com/p/anthon-berg-chocolate-bottles-with-liqueur-16-piece-set.>>. Luettu 11.4.2021.
- 24 Distillation Unit K-355 Operation Manual. 2016. Buchi. Verkkoaineisto. <https://static1.buchi.com/sites/default/files/downloads/K-355_Operationmanual_en_G_lowres.pdf?5cfec786951a7b67fc8bc875aeaf7a714d5ffe43>. Luettu 11.4.2021.
- 25 Vaisala K-PATENTS SeedMaster SM-3. Vaisala. Verkkoaineisto. <<https://www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices-instruments-industrial-measurements-liquid-concentration/sugar/sm-3.>>. Luettu 7.4.2021.

