

Kati Kujala

Kuivausmenetelmien valintaan vaikuttavat tekijät

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Elintarvike ja Maatalous yksikkö

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja Maatalous

Koulutusohjelma: Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Kati Kujala

Työn nimi: Kuivausmenetelmien valintaan vaikuttavat tekijät

Ohjaaja: Jarmo Alarinta

Vuosi:2014

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyössä tutkittiin teollisuuden kuivausmenetelmiä sekä niiden vaikutuksia kuivattavaan tuotteeseen. Työn tavoitteena oli löytää yrityksen tuotantoon soveltuvat laitteet, joilla pystyttäisiin kuivaamaan marjoista valmistettua mehua sekä valmistuksesta sivutuotteena syntyvää puristemassaa.

Työ tehtiin yhteistyössä Kauhajoella sijaitsevan Fenola Oy:n kanssa. Fenola Oy on pieni yritys, joka valmistaa luonnon raaka-aineista uutteita ja jauheita. Yrityksellä on entuudestaan käytössä kuivauslaite, mutta kuivaus sitoo laitteen pitkäksi aikaa sekä aiheuttaa tuotehävikkiä.

Teoriaosuudessa tutkittiin kuivausmenetelmiä. Kuivausmenetelmät vaikuttavat kuivattavan tuotteen ominaisuuksiin. Eri marjoilla on erilaiset ominaisuudet ja ne tulee ottaa huomioon kuivauksessa, koska ne vaikuttavat lopputuotteeseen. Yrityksen tuotannon kannalta valittiin sopivat kuivauslaitteet, joita esitellään työssä. Työssä käydään läpi erityyppisiä laitevalmistajia ja esitellään heidän tarjoamiaan laitteita.

Avainsanat: kuivaus, marjat

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food Technology

Author: Kati Kujala

Title of thesis: Affecting factors of choosing drying methods

Supervisor: Jarmo Alarinta

Year: 2014

Number of pages: 37

Number of appendices: 0

The thesis studied drying methods and how the methods affect the drying product. The goal of the thesis was to find drying apparatus which would fit in the production of the company.

The thesis was made in co-operation with Fenola. Fenola is located in Kauhajoki. The company is small, and they produce extractions and powders from natural raw materials. The company has old drying apparatus but the drying takes too long which causes product loses.

In the theoretical part, information about drying methods was studied. Drying methods affect the quality of dried products. Different berries have different features. Features have to be observed because they affect the final product. The best drying apparatus suitable for the company was introduced in the thesis. Manufactures manufacturing drying apparatus were also introduced.

Keywords: drying, berries

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn lähtökohta.....	8
1.2 Työn tarkoitus.....	8
1.3 Työn rakenne	8
2 KUIVAUSMENETELMÄ	10
2.1 Menetelmä	10
2.2 Lämmönsiirto.....	10
2.3 Tuotteen reagointi kuivurissa	11
2.4 Lasittuminen.....	12
2.5 Energia.....	12
2.6 Kantoaine.....	13
3 MARJOJEN KUIVAUS	15
4 LAITTEET	17
4.1 Sumutuskuivain.....	17
4.1.1 Menetelmä	17
4.1.2 Sumutuskuivauksen tasot	17
4.1.3 Turvallisuus.....	19
4.1.4 Edut ja rajoitteet	20
4.2 Flash-kuivain	21
4.2.1 Menetelmä	21
4.2.2 Edut ja rajoitteet	21
4.3 Leijukuivain	22
4.3.1 Menetelmä	22
4.3.2 Fluidisaatio.....	23
4.3.3 Edut ja rajoitteet	24

4.4 Yhteenveto.....	25
5 LAITEVALMISTAJAT	26
5.1 GEA Niro.....	26
5.1.1 Sumutuskuivain.....	26
5.1.2 Leijukuivain	27
5.1.3 Flash-kuivain.....	28
5.2 SPX.....	29
5.2.1 Sumutuskuivain.....	30
5.2.2 Leijukuivain	31
5.3 AVM	32
5.3.1 Sumutuskuivain.....	32
5.3.2 Leijukuivain	33
5.3.3 Flash-kuivain.....	33
5.4 CEE.....	33
5.5 Yritysverailu.....	34
6 YHTEENVETO.....	35
LÄHTEET	36

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Marjojen prosessikuvaus.....	15
Taulukko 1. Kuivauslaitteiden yhteenveto	25
Taulukko 2. Sumutuskuivainten vertailu.....	27
Taulukko 3. Leijukuivainten vertailu	28
Taulukko 4. Hiutalekuivainten vertailu.....	29
Taulukko 5. Sumutuskuivainten ominaisuuksien vertailu	31
Taulukko 6. Leijukuivaimen ominaisuudet	32
Taulukko 7. Yritysvertailu	34

Käytetyt termit ja lyhenteet

Fluidisaatio	Leijukuivauksessa paineen kasvu saa aikaan partikkeli-kerroksen leijumisen.
Kantoaine	Kantoaine suojaa kuivattavaa ainetta. Kuivauksessa kantoaine siirtää kosteutta itseensä kuivattavalta tuotteelta.
Lasittuminen	Materiaali muuttuu lasimaisesta muodosta kiteiseen muotoon lasittumislämpötilassa.
Sivuvirta	Tuotannossa syntyviä tuotteita, joita pystytään jatkojalostamaan.
Vedenaktiivisuus	Vapaan veden määrää tuotteessa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn lähtökohta

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Fenola Oy:n kanssa. Fenola Oy sijaitsee Kauha-joella ja valmistaa luonnon raaka-aineista uutteita ja jauheita elintarvike-, luonnon- tuote- ja ravinne- sekä kosmetiikkateollisuudelle. Työn lähtökohtana on, että van- hat laitteet tulisi korvata uusilla laitteilla, jotka soveltuvat ominaisuuksiltaan kuivat- tavan materiaalin kuivaamiseen. Yrityksellä on käytössään yksi sumutuskuivain, joka on malliltaan vanha ja aiheuttaa materiaalihävikkiä.

1.2 Työn tarkoitus

Työn tavoitteena on selvittää uusia parannusmahdollisuuksia yhtiön kuivauslaittei- siin. Yritys valmistaa marjoista erotettua mehua ja saatua mehua kuivataan sumu- tuskuivaimella, josta saadaan jauheita. Tämänhetkinen kuivauslaite sitoo laitteen pitkäksi aikaa ja ei tuota tavoiteltua hyötyä. Työssä tarkastellaan vanhan tilalle uu- denmallista kuivauslaitetta, jolla pystyttäisiin kuivaamaan tehokkaammin ja pienen- tämään hävikkiä.

Mehun valmistuksessa syntyvä puristemassaa ei hyödynnetä tällä hetkellä, mutta tulevaisuudessa olisi tarkoitus saada sivuvirrat käyttöön. Sivuvirrat sisältävät mar- jan kuoriosat, siemenet ja muut kiintoaineet. Työssä pohditaan puristemassan kui- vaukseen kuivausmenetelmiä, joiden avulla saataisiin aikaan laadukasta jauhetta.

1.3 Työn rakenne

Aluksi käydään läpi kuivausmenetelmän teoriaa ja kuivauksen vaikutuksia tuotteen rakenteeseen ja ominaisuuksiin. Kuivausmenetelmästä siirrytään erilaisiin teollisiin kuivaimiin, kuten sumutus-, leiju- sekä hiutalekuivaimiin, jotka soveltuvat yrityksen valmistamille tuotteille. Tutustutaan laitteiden toimintaan ja kuivureiden soveltu- vuutta erilaisille tuotteille. Työssä tutustutaan laitevalmistajiin ja tarkemmin heidän

tarjontaan sekä vertaillaan eri valmistajien kuivaimia toisiinsa. Lopuksi tehdään yhteenveto ja päätelmät, mitkä olisivat taloudellisesti sekä ominaisuuksiltaan hyviä laitteita.

2 KUIVAUSMENETELMÄ

2.1 Menetelmä

Kuivausmenetelmä on yksi vanhimmista ja yleisimmistä menetelmistä, jota voidaan soveltaa monella teollisuuden alalla (Mujumdar 2006, 7). Kuivauksessa yhdistyvät lyhytaikainen lämmönsiirto ja aineen siirto, jotka vaikuttavat tuotteen laatuun, tekevät prosessista monimutkaisen.

Kosteutta poistetaan lähtöaineesta keskeneräisestä ja valmiista tuotteesta. Prosessissa siirretään ympäröivästä ympäristöstä energiaa, jotta saadaan haihdutettua kosteutta ulkopinnalta. Ulkopuoliset olosuhteet kuten ilmankosteus, lämpötila, virtaus sekä paine vaikuttavat prosessin onnistumiseen. Edellisen prosessivaiheen jälkeen sisäpuolella oleva kosteus siirtyy kohti ulkokuorta. Materiaalin ominaisuudet, lämpötila sekä kosteuspitoisuus vaikuttavat kosteuden liikkumiseen. (Mujumdar 2006, 4.)

Haihtumisessa pisaran sisältä nousee vettä kohti ulkopintaa. Haihtumisnopeus on tasainen silloin, kun kosteus pitää pinnan sopivan kosteana. Kuivausnopeuteen vaikuttavat pinnan haihtuminen, partikkelin pinnan ja ilman välinen vedenpaine ja veden nopeuden muutos partikkelin sisältä ulkopinnalle. (Schuck, Dolivet & Jean-tet 2012, 12.)

Kuivauksen aikana muuttuvat seuraavat ominaisuudet:

- Kuivattavan aineen kosteuspitoisuus muuttuu kuivauksen aikana.
- Ilmavirtaa voidaan säädellä kuivattavan tuotteen mukaan.
- Kuivauslämpötila valitaan kuivattavan tuotteen mukaan
- Kuivattavan aineen ulkomuoto muuttuu, esimerkiksi nestemäinen muuttuu kiinteäksi jauheeksi.

2.2 Lämmönsiirto

Prosessi on energiaa kuluttava, koska haihduttaminen ja lämmittäminen kuluttavat suuren määrän energiaa (Mujumdar 2006, 2). Ympäröivästä ympäristöstä siirtyvä

energia voi siirtyä johtumalla, konvektiolla tai säteilyllä sekä näiden yhdistelmänä nestemäiseen aineeseen (Mujumdar 2006, 43–44).

Johtumisessa lämpö siirtyy aineiden välillä, jotka ovat epäsuorasti yhteydessä toisiinsa. Energiaa siirretään kuumemmasta alempaan lämpötilaan. Ainetta kuumennettaessa partikkelit saavat energiaa ja alkavat väristä. Energian siirto tapahtuu partikkeleiden vuorovaikutuksen ansiosta eli värisevät partikkelit siirtävät energiaa toisille partikkeleille. Tämä menetelmä soveltuu erittäin märille aineille sekä ohuille materiaaleille. (Mujumdar 2006, 44.)

Konvektiossa lämpö kulkeutuu suoraan kuivattavaan aineeseen. Lämpöenergia siirtyy kuumemmasta kylmempään materiaaliin. Yleensä ilmaa syötetään lämpimänä, jotta haihtuminen saadaan aikaiseksi. Vapaa lämpö muuttuu haihtumisessa latenttilämmöksi eli sitoutuu aineeseen. Konvektio sopii hyvin hiukkasten, nesteiden sekä kiinteiden aineiden kuivaamiseen. Menetelmää voidaan käyttää hiutaleja leijukuivaimissa. (Mujumdar 2006, 43.)

Säteilyssä kuivauksella on kaksi erilaista tapaa: infrapunasäteily ja dielektrinen säteily. Dielektrisessä kuivauksessa käytetään mikro- ja radioaaltoja ja infrapunakuivauksessa käytetään infrapuna-aaltoja. (van't Land 2011, 263.)

Infrapunakuivaus soveltuu pintakerroksien ja ohuiden kalvojen kuivaukseen. Menetelmällä ei pystytä läpäisemään paksuja kerroksia. Osa absorboituneesta energiasta vaikuttaa tehokkaasti kuivaukseen. (van't Land 2011, 278–279.)

Dielektrinen kuivaus soveltuu sellaisille materiaaleille, jotka eivät ole hiukkasina sekä hiukkasille, jotka ovat isoja partikkeleita. Kuivattavalla materiaalilla täytyy jotta. Energian lähteenä kuivaamisessa käytetään sähköverkkoa. Kuivauksessa käytettävät elektromagneettiset aallot ovat samanlaisia kuin televerkossa. (van't Land 2011, 264.)

2.3 Tuotteen reagointi kuivurissa

Kuivattavana tuotteena on marjoista valmistettu mehua sekä mehun valmistuksessa sivuvirtana syntynyt puristemassa. Puristemassa on huonosti säilyvää, joten se

pitää prosessoida heti puristuksen päätyttyä. Puristemassa on tiivis kakku ja se pitää ennen kuivausta rikkoa pienemmäksi partikkelikooksi. Pieni partikkelikoko mahdollistaa tasaisen kuivauksen. Ravintoainehävikkien kannalta kuivauslämpötilan tulee olla alhainen. Mikrobiologinen riski nousee, koska käytetään alhaisia lämpötiloja. (Elo, Peusa & Piilo 2006, 26.)

Marjojen suuri kosteuspitoisuus ja vedenaktiivisuus nostavat entsyymiaktiivisuutta ja mikrobikasvua. Vedenaktiivisuuden ja kosteuspitoisuuden laskeminen parantaa tuotteen laatua. Liian alhainen kosteuspitoisuus johtaa ravintoainetappioihin. (van't Land 2011, 2.) Kuivauslaitteissa on mahdollisuus kontrolloida prosessia, jolloin saadaan aikaan laadultaan hyvää tuotetta.

2.4 Lasittuminen

Lasittumisessa materiaali muuttuu lasimaisesta muodosta kiinteään muotoon lasittumislämpötilassa. Amorfisille materiaaleille sekä osittain kiteytyneille materiaaleille lasittumien soveltuu parhaiten. Amorfisessa tilassa olevan nesteen molekyylit eivät ole järjestäytyneet. Tilaa kutsutaan lasitilaksi. Lasitilassa olevalla materiaalilla on korkea ominaisviskoosisuus. Lämmityksen aikana systeemi muuttuu nopeasti lasittumisesta lasitilaan ja siitä viskoelastiseen tilaan. Molekyylien liikkuvuus nousee viskoelastisessa tilassa. Systeemin muutokset voivat aikaan saada vesipitoisuuden nousun tasaisessa lämpötilassa. (Schuck, Dolivet & Jeantet 2012, 191.)

2.5 Energia

Kuivaus on energiaintensiivinen prosessi. Prosessista tekee intensiivisen haihduttamislämpötila, kuivauskammion lämpötilaerot ja lämpötappiot poistuvan ilman kautta. Kuivauslämpötilan tulee saavuttaa lyhyessä ajassa tietty piste, jotta kuivaus tapahtuisi kuivattavan tuotteen kannalta oikein. Kuivauskammion lämpötilaerot ovat pieniä lämpöherkkien materiaalien vuoksi. Lämpöherkät materiaalit eivät kestä liian kuumaa tuloilmaa. Liian alhainen poistoilman lämpötila vaikuttaa lopputuoteseen. (Mujumdar 2006, 263.)

Energian kulutusta voidaan pienentää muutamalla keinolla. Ennen kuivausta voidaan yrittää poistaa mahdollisimman paljon vettä syötettävästä tuotteesta (Mujumdar 2006, 254). Veden poistaminen vähentää kuivattavan veden määrää ja näin ollen saadaan energiaa kulumaan vähemmän. Säättämällä sisään tulevan ilman tai poistuvan ilman lämpötilaa korkeammaksi vaikutetaan lämpöhyötysuhteeseen. Tuotetappioita voidaan välttää puhdistamalla poistoilmaa. Energian säästämisen kannalta prosessissa voitaisiin hyödyntää uudelleen käytettyä vettä pesurin vetenä tai keskittää syöte pesuriin. Veden uudelleen käyttämistä vaikeuttavat hygienia-asiat. (Mujumdar 2006, 254.)

2.6 Kantoaine

Kantoaineen tehtävänä on suojella soluja tai biopolymeerejä mekaaniselta rasitukselta tai kuumalta kuivauksen aikana. Tuotetta kuivattaessa kantoaine muuttaa muotoaan. Kantoaine ottaa puolet massan kosteudesta, mikä aiheuttaa sen, että haihdutettavan vesimäärän osuus pienenee ja näin ollen kuivauksessa säästyy energiaa. (Mujumdar 2006, 944.)

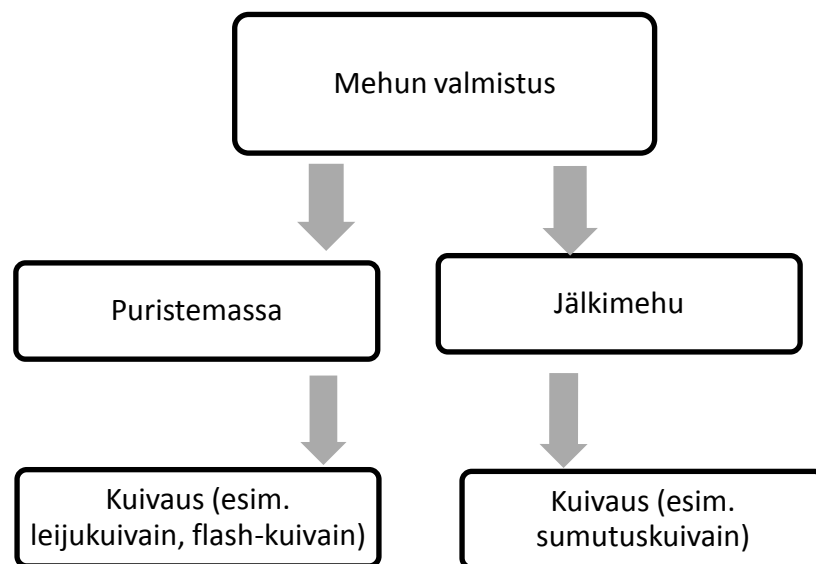
Mikrokapseloinnin avulla saadaan suojattua marjojen tärkeitä vitamiineja, flavonoideja sekä peptideitä. Kapselointia käytetään sumutuskuivauksessa. Kapselimitaalia ja kapseloitavasta yhdisteestä (rasvaliukoinen) yhdistetään emulsio. Emulsiota sumutetaan pieninä pisaroina. Valmistetusta emulsiosta haihtuu vettä. Kapseloitavan materiaalin ympärille muodostuu suojaava kerros kapselimitaalia. (Toppinen 2010, 47).

Sumutuskuivauksessa kantoaineena käytetään yleisemmin maltodekstriiniä. Maltodekstriinillä on alhainen kosteudenottokyky, alhainen hinta, korkea liukoisuus ja se on mitäänsanomattoman makuinen (Spray drying aids + carriers, [Viitattu 25.1.2014].) Muita kantoaineena käytettäviä aineita ovat muun muassa glukoosi, luonnonkumi kuten arabikumi ja sokerialkoholit (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014]). Aineet käyttäytyvät samantyyllisesti kuin maltodekstriini. Arabikumi imee vettä nopeasti ja aiheuttaa alhaisen kosteuspitoisuuden jauheille.

Kantoaineen valintaan vaikuttavat lopputuotteen ominaisuudet. Tuotteen ominaisuuksista on hyvä tietää kosteuspitoisuus ja vedenaktiivisuus, jotka ovat tärkeitä varastoinnin ja jauheen stabilisuuden kannalta. Jauheen toiminnan kannalta partikkelin koko on tärkeä, koska partikkeli vaikuttaa prosessointiin.

3 MARJOJEN KUIVAUS

Marjoista valmistettujen tuotteiden ja sivuvirtojen kuivauksessa, on hyvä huomioida marjan ominaisuuksia. Kuviossa 1 on kuvattu marjojen prosessin eteneminen. Marjoista valmistetut mehut sisältävät eri määrät sokereita, jotka vaikuttavat kuivauslämpötilaan. Sivuvirtana syntyvä puristemassa on tiivistä, kosteaa ja helposti pilaantuvaa. Kuivauksen on tapahduttava nopeasti, koska muuten puristemassaan pääsevät mikrobit ja homeet. Massa sisältää paljon vitamiineja ja kivennäisaineita.



Kuvio 1. Marjojen prosessikuvaus (Elo, Peusa & Piilo, 2006, 22).

Mehuja voidaan kuivata sumutuskuivaimen avulla. Kuivaimen pisaroiden kokoa voidaan säädellä halutunlaiseksi, jotta saadaan sopivan kokoista jauhetta. Kuivauslämpötilat säädellään kuivattavan marjan mukaan. Puristemassaa voidaan kuivata leijukuivaimen ja hiutalekuivaimen avulla. Massa on vaikeasti pumpattavaa, joten se voi juuttua helposti putkiin. Tasalaatuista jauhetta haluttaessa kuivauksen on tapahduttava tasaisesti, koska puristemassa on tiivistä ja kosteaa.

Erityyppiset marjat kestävät erilaisia kuivauslämpötiloja. Marjojen lämmönsietokyvyn avulla tiedetään, millä lämpötilalla pystytään saamaan marjoille tärkeät vitamiinit ja muut ominaisuudet talteen. Liian korkeat lämpötilat pilaavat ravinteet ja tuotteelta ei saada haluttua hyötyä irti. Kantoainetta käytetään suojaamaan kuivatavan tuotteen ominaisuuksia.

Kuivauslaadun tulee olla tasaista, jotta saataisiin partikkeleista poistettua kosteutta halutun verran. Alhainen kosteuspitoisuus takaa jauheiden ominaisuuksien pysymisen halutunlaisena. Kosteuspitoisuuden ollessa alhainen varastointi helpottuu ja tuote säilyy muuttumattomana pitempään. (Elo, Peusa & Piilo, 2006, 26.)

Markkinoilla on paljon kysyntää tuotteille, jotka saadaan valmistettua ilman lisäaineita sekä vähemmällä sokerilla. Kuivaus ilman lisättyjä suoja-aineita on mahdollista, mutta kuivatavan tuotteen saanto saattaa jäädä pieneksi, koska tuotetta siirtyy poistoilman mukana pois sekä tuotetta jää kammion seinille. Kuivatavan tuotteen ominaisuudet saattavat kärsiä kuivauslämpötilassa ja siten muuttaa tuotteen ominaisuuksia. Lisäaineilla saadaan tuotteelle pidempi säilymisaika sekä estetään mikrobien ja homeiden kasvumahdollisuudet.

4 LAITTEET

Laitetta valittaessa on hyvä ottaa huomioon kuivattava materiaali. Materiaalin ominaisuudet vaikuttavat kuivaimen valintaan. Erilaisilla materiaaleilla on eri kuivausajat, kuivaimet, lämpötilat, nopeudet sekä paineet. Seuraavaksi esitellään laitteita, jotka soveltuvat nestemäisen tuotteen ja puristemassan kuivaukseen.

4.1 Sumutuskuivain

4.1.1 Menetelmä

Sumutuskuivaus soveltuu monelle teollisuudenalalle. Prosessissa lähtöaineena on neste ja loppuaineeksi muodostuu kuiva-aine kuten jauhe, rae tai agglomeraatti. Laitte vastaanottaa syötteen tankista. Lähtöaine voi sisältää liuoksia, emulsioita ja pumpattavia suspensioita. Sumutuskuivaimen avulla voidaan kuivata marjoista valmistettua mehua. Neste siirtyy sumuttimeen, jossa neste muutetaan pisaroiksi. Nesteeseen kohdistetaan lämmintä tai kuumaa ainetta, usein ilmaa. Ilman vaikutuksesta neste muuttuu kuivatuksi hiukkasiksi. (van't Land, 2011, 133.)

Märän tuotteen kohdatessa kuuma ja kuiva ilma, tuotteen ja ilman välille aiheutuu lämpötilan ja vedenpaineen nousu. Lämpötilan ollessa eri tuotteella ja ilmalla, niin lämpöä siirtyy ilmasta tuotteeseen. Vesi siirtyy toisin päin ilman ja tuotteen pinnan välisen vedenpaineen eron vuoksi. Ilman avulla siirretään kuumuutta ja kantoainetta nesteeseen, joiden vaikutuksen avulla torjutaan vesihöyryn muodostumista. Ilmaa syötetään kuumana ja kuivana ja se poistuu kylmänä ja märkänä (Schuck, Dolivet & Jeantet 2012, 11).

4.1.2 Sumutuskuivauksen tasot

Sumutuskuivauksessa on neljä tasoa: syötteen atomisointi, vapaan kosteuden haihduttaminen, sidotun kosteuden haihduttaminen sekä tuotteen palauttamien. Syötteen atomisoinnissa määritetään pisaroiden koko sekä niiden liikerata ja no-

peus, kuten myös sumuttimen koko, vaikuttavat lopputuotteen kokoon. Sumutus on kriittisin vaihe prosessissa. Kuivausnopeuteen vaikuttavat sumutuksen lämpötila sekä kuivaajan koko. (van't Land, 2011, 133-136.)

Sumutustekniikoita on kolme erilaista: painesumutus ja rotaatiosumutus ovat yleisimpiä ja pneumaattisumutusta käytetään harvoin ja tiettyihin prosesseihin. Painesumutuksessa neste pakotetaan sumuttimen suuaukosta paineen avulla. Nesteessä oleva energia välittyy nesteestä itsestään. Sumutus on energiatehokas sekä soveltuu kaikille viskoosisille aineille. (van't Land, 2011, 136.)

Rotaatiosumutuksessa syötettävä aine siirtyy rotaatiolevyn väliin ja hajoaa pisaroiksi keskipakovoiman avulla pyörän reunaan. Energia siirtyy nesteeseen pyörimisliikkeen kautta. Sumutus soveltuu erilaisille nesteille, jonka avulla pystytään käsittelemään suuria syöttönopeuksia sekä pisaroiden kokoa pystytään säätelemään muuttamalla nopeutta. (van't Land, 2011, 136.)

Pneumaattisumutuksessa nestettä sumutetaan höyryllä tai paineilmalla. Pisaroiden muodostuminen syntyy ilman ja nesteen suhteesta. Sumutin soveltuu suspensioille, koska syöttönopeus on hidas. Nesteen nopeus on hidas, kunnes neste kohtaa ilman tai toisen kaasun, jolla on suurempi nopeus ja näin sumutusenergia saadaan sumutuskaasulta. Kaikista kolmesta suuttimesta pneumaattisuuttimella on suurin energiankulutus. Kammion suuruus riippuu valitusta suuttimesta sekä ilman ja nesteen yhteydestä, johon vaikuttavat lopputuotteen halutut ominaisuudet. (van't Land, 2011, 138.)

Seuraavalla tasolla pisarat sekoittuvat kuuman ilman kanssa, minkä seurauksena haihtuminen alkaa. Kuuma ilma poistaa kosteutta pisarasta, minkä seurauksena pisara muuttuu jauheeksi. Lämmittimen avulla saadaan kuuma ilma aikaiseksi. Virtauksessa pisarat saattavat yhdistyä toisiinsa, jolloin muodostuu isompia kiteitä. Pisarat voivat ottaa kontaktia kuuman ilman kanssa yhdensuuntaisesti, vastavirtaisesti tai sekavirtaisesti. Yhdensuuntaisessa virtauksessa pisarat tippuvat samassa suunnassa virtaavan ilman kanssa. Yhdensuuntainen virtaus on yleisimmin menetelmä rotaatio- ja suutinsumuttimissa. Lopputuotteen lämpötila on alhaisempi kuin tuloilman. (Mujumdar 2006, 248.)

Vastavirtauksessa ilma virtaa vastavirtaan putoavien pisaroiden kanssa. Lopputuotteen lämpötila on suurempi kuin poistoilman. Sekavirtausta käytetään silloin, kun tuote on karheaa ja kuivauskammion koko on rajoitettu. Menetelmä soveltuu sellaisille materiaaleille, jotka sietävät korkeita lämpötiloja. (Mujumdar 2006, 248–249.)

Lopputuotteen laatuun vaikuttavat ilmavirran suunta sekä ilman nopeus kammion poikki. Kuumen ilman lähde estää märän partikkelin ylikuumenemisen paluuvirtauksessa takaisin kuumalle alueelle, minkä avulla taataan, että partikkelit ovat kuivia ennen kuin ne tavoittavat kammion seinän. Pisaroiden ja kuumen ilman vaikutusaika yhdessä on vain muutamia sekunteja. Lämpötila kuivauksessa on yleensä 150–220 °C ja kuivatun jauheen lämpötila on 50–80 °C. (Mujumdar 2006, 249.)

Viimeisellä tasolla erotetaan kuiva jauhe ilmasta ja kuiva aine kerätään talteen. Erotus tapahtuu kuivauskammion pohjalla, jonne kuiva aine kerätään ja vapautetaan. Erotuksen pystyy tekemään kahdella tavalla: kammion ulkopuolella, jossa erotetaan hienot partikkelit tai kammion sisällä, jossa suurin osa partikkeleista voidaan erottaa. Jauheen talteenottoa varten on kehitelty erilaisia menetelmiä. Kammion pohjan muoto saattaa vaikeuttaa jauheen talteenottoa ja sitä voidaan helpottaa erilaisilla värähtelevillä tai pyörivillä kaapimeilla tai ilmavirran avulla. (Mujumdar 2006, 252.)

4.1.3 Turvallisuus

Mujumdarin (2006, 264) mukaan sumutuskuivauksen suurimpia turvallisuusriskejä ovat räjähdys- ja palovaarat. Vaaroja aiheuttavat kuivat aineet, korkeat lämpötilat, paine ja käytettävät kaasut. Palovaarat syntyvät liian korkeista lämpötiloista, jolloin kuivat tuotteet syttyvät. Tuotteet ovat ominaisuuksiltaan helposti syttyviä, joten on tärkeää tarkkailla lämpötiloja prosessin kulun aikana. Räjähdysvaaran riskin muodostavat hapen, paineen ja hiukkasen pitoisuuden kasvaminen. Seuranta estää vaaratilanteiden muodostumisen prosessin aikana.

4.1.4 Edut ja rajoitteet

Kuivaimen etuja ovat laaja valikoima, isojen määrien käsittely, ominaisuuksien säätely ja helppo kontrollointi. Laaja valikoima sumutuskuivaimia mahdollistaa erilaisten tuotteiden kuivaamisen teollisuudenalasta riippumatta. Kuivainta pystytään käyttämään jatkuvatoimisesti ja käsittelemään suuria määriä nesteitä. Prosessin kontrollointi on helppoa ja sen pystyy tekemään manuaalisesti tai ohjelman kautta. Halutunlaisen tuotteen kosteuspitoisuutta, kokoa ja muotoa pystytään säätelymään helposti. (Mujumdar 2006, 238.)

Rajoitteita sumutuskuivaukselle ovat suuri energian kulutus, soveltuvuus nesteille, kustannukset sekä turvallisuusriskit. Kuivaus kuluttaa paljon energiaa, koska kuivaus tapahtuu nopeasti. Kuivauksessa käytettävää energiaa voitaisiin käyttää uudelleen hyväksi, mutta hygienia-asiat vaikuttavat käyttöön. Sumutuskuivaus soveltuu nesteille, joten paksuja tahnoja ei pystytä kuivaamaan sillä. Kustannukset saattavat nousta suuriksi erilaisten lisäosien hankinnan kautta. Muihin kuivauslaitteisiin verrattuna asennuskustannukset ovat myös korkeita. Turvallisuusriskejä ovat esimerkiksi palo- ja räjähdysvaarat. Räjähdysvaara syntyy, koska prosessissa happi ja paine ovat tekemisissä toisten kanssa. Palovaarat syntyvät, kun kuivauskammioon jää tuotetta. (Mujumdar 2006, 238.)

Sumutuskuivaimen etuja:

- Laajat valikoimat: kuivaimia on valittavissa erilaisilla ominaisuuksilla.
- Kuivaimella voidaan käsitellä niin isoja kuin pieniä tuotantomääriä.
- Kuivaimessa pystytään säätelymään erilaisia ominaisuuksia kuten pisarakokoa, lämpötilaa ja painetta.
- Esimerkiksi lämpötilan säätelyminen on helppoa.

Sumutuskuivaimen rajoitteita:

- Kuivausmenetelmä soveltuu nestemäisille aineille.
- Kuivaukseen tarvitaan suuri määrä energiaa.
- Kustannukset saattavat nousta korkeiksi erilaisten lisäosien takia.
- Turvallisuusriskit kuten palo- ja räjähdysvaarat tulee ottaa huomioon kuivauksessa.

4.2 Flash-kuivain

4.2.1 Menetelmä

Flash-kuivain on pieni ja yksinkertainen laite, jossa on vain muutama liikkuva osa. Menetelmän avulla voidaan kuivata tahnoja ja suodatuskakkuja. Kuivaimella voidaan käsitellä myös suuriviskoosisia nesteitä. Tahna tai kakku syötetään kuivauskammioon, jossa se kohtaa lämpimän kaasun. Tuotteeseen voidaan sekoittaa tai jauhaa kaasua, jotta aine ei jumiudu putkeen. Syöttöpisteen alle voidaan kiinnittää levy, joka hajottaa partikkelit. Kuivauskammiossa tapahtuu pyörimisliikettä, jonka avulla aine saadaan kuivattua. Kuivauskammioista tuote siirtyy erottelijaan, jossa erotetaan kaasusta partikkelit. Tämän jälkeen aine siirtyy keräysastiaan. (van't Land 2011, 117.)

Flash-kuivain sisältää yleensä seuraavat osat:

- tuuletin
- syöttölaite
- keräyssykloni
- kaasun puhdistin. (van't Land 2011, 117).

Syöttöpisteessä on pieni alipaine. Alipaine estää kuoren muodostumisen syöttöosaan ja samalla se estää pölynmuodostumisen syöttöpisteeseen. Saadakseen tietyn kosteuspitoisuuden tuotteelle aineen lämpötilaa täytyy nostaa. Kuivauksessa suurimmat partikkelit voivat olla 1–2 mm. Suuremmat partikkelit eivät läpäise ilmaa. (van't Land 2011, 117–118.)

4.2.2 Edut ja rajoitteet

Flash-kuivaimen etuja ovat: pieni tilan tarve, pystytään käsittelemään vaikeasti pumpattavia tuotteita, käsittelyaika säädettävissä eri aineille sopivaksi ja sietää hyvin korkeita kuivauslämpötiloja. Kuivaimen rajoittavia tekijöitä ovat aineen jumiutuminen syöttövaiheessa ja partikkelin halutut ominaisuudet. Vaikeasti pumpatta-

via aineita ovat suodatuskakut ja tahnat. Laite on suunniteltu niin, että näitä aineita pystytään kuivaamaan. Kuivauksessa aine voi jumiutua syöttöputkeen. Jumiutumisista pystytään estämään sekoittamisella ja jauhamisella. (van't Land 2011, 119.)

Flash-kuivaimen etuja:

- Kuivain vie pienen tilan, ei vaadi suuria tiloja.
- Tuotteen käsittelyaika on lyhyt ja kuivattavat tuotteet kestävät korkeita lämpötiloja.
- Kuivaimella pystytään kuivaamaan vaikeasti pumpattavia tuotteita kuten suodatuskakkuja ja tahnoja.
- Kuivauksessa lämmön hukkaan meneminen on pientä.

Flash-kuivaimen rajoitteet:

- Tuote jumiutuu helposti putkeen, koska kuivattavat aineet ovat vaikeasti pumpattavia.
- Kuivattavan tuotteen ominaisuudet rajoittavat kuivausta.
- Turvallisuusriskit kuten tulipalo- ja räjähdysvaarat vaikuttavat kuivaukseen.

4.3 Leijukuivain

4.3.1 Menetelmä

Leijukuivainta käytetään märkien partikkeleiden ja rakeisten materiaalien kuivaamiseen. Rakeiset materiaalit voivat olla leijuvia tai lietteitä, tahnoja tai suspensioita. Mehun valmistuksesta syntyvä puristemassa voidaan kuivata leijukuivaimella. Perinteisessä leijukuivaimessa partikkeleiden, jotka ovat alatasolla, läpi virtaa kaasu. Kaasun nopeus pysyy vakiona. Paineen laskeminen etenee tasolla sitä mukaan, kun kaasunopeus nousee. (Mujumdar 2006, 196.)

Kun kaasu on läpäissyt tason, se siirtyy kohti kaasunpuhdistusta. Kaasunpuhdistuksessa kaasusta erotetaan hienot partikkelit ennen kuin kaasu päästetään ulos. Energian säästämiseksi kaasu voidaan kierrättää uudelleen. Leijukuivaimen tyypillisesti kuuluvat seuraavat osat:

- kaasupuhallin

- lämmitin
- leijutaso
- kaasun puhdistin
- letkusuodatin
- ilmanpuhdistin
- esipuhdistin (Mujumdar 2006, 197).

Leijukuivaimia on olemassa kahden tyyppisiä: perinteisiä ja muunneltuja. Muunnellut leijukuivaimet ovat saaneet alkunsa siitä, että perinteiset leijukuivaimet eivät ole soveltuneet tietynlaisiin prosesseihin. Prosesseihin on kehitetty toimivammat menetelmät, jotka soveltuvat prosessille paremmin.

4.3.2 Fluidisaatio

Fluidisaatiossa rakeisen materiaalikerroksen läpi johdetaan ilma- tai kaasuvirta. Partikkelit alkavat erota ja liikkua kauemmas toisistaan, kun virtausnopeus kasvaa. Paine alkaa kasvaa, mitä suuremmaksi virtausnopeus muuttuu. Paineen kasvaminen saa aikaan voiman, joka pystyy leijuttamaan koko partikkelikerrosta. Leijutuksessa partikkelit liikkuvat ylöspäin. (Smith 2008, 3.)

Paineen saavuttaessa maksimiarvonsa se aikaan saa tason laajentumisen. Tämän seurauksena rakeet alkavat irrota toisistaan ja liikkuvat nopeasti ympäriinsä samalla vapauttaen energiaa. Tätä tilaa kutsutaan fluidisaatiopisteeksi ja vastavaa ilmavirtausta sanotaan minimifluidisaationopeudeksi. Ilmavirran kasvaessa suuremmaksi saavutetaan piste, jolloin ensimmäiset kuplat alkavat esiintyä. Pistettä kutsutaan kuplimispisteeksi ja on alhaisin kuplimisnopeus. Virtauksen noustessa suuremmaksi saavutetaan lopulta suurin laajentumisnopeus. (van't Land 2011, 70.)

Jauheet voidaan jaotella neljään ryhmään, jotka johtuvat fluidisaation laadusta.

- Ryhmä A: ilmavat partikkelit, helposti leijuvia kuivina
- Ryhmä B: hiekantyyppiset partikkelit, helposti leijuvia kuivina

- Ryhmä C: hienot partikkelit, koheesiovoimien vaikutus partikkelien välillä vaikeuttaa leijutusta
- Ryhmä D: isot ja tiheät partikkelit, huono leijutus johtuu isoista kuplista. (Mujumdar 2006, 197.)

4.3.3 Edut ja rajoitteet

Leijukuivaimen etuja ovat korkea lämpöhyötysuhde, materiaalin helppo siirtäminen kuivaimeen, helppo säätäminen, alhaiset kunnossapitokustannukset ja kosteutta pystytään poistamaan suuria määriä. Suuri määrä erityyppisiä sovelluksia mahdollistaa laajan markkina-alueen teollisuudessa. Kuivaukseen voidaan sisällyttää jälkikuivaus poistamaan kosteutta tuotteen sisältä. Jälkikuivausta voi seurata vielä kolmas vaihe eli jäähdytys, jolla yritetään välttää kondensaatiosta aiheutuvat ongelmat pakkaamisen aikana. (Mujumdar 2006, 199.)

Rajoitteita kuivaimen käytölle asettavat muun muassa suuret painelaskut, isot sähkökulutukset, joidenkin partikkeleiden huonot fluidisaatiolaatu, epähomogeeninen tuotelaatu, eroosiot putkissa ja astioissa ja huokoisuus hienoissa partikkeleissa. (Mujumdar 2006, 199.)

Leijukuivaimen edut:

- Kuivain poistaa tuotteesta hyvin kosteutta, koska ilma pääsee helposti kosketuksiin kaikkien partikkeleiden kanssa.
- Kuivauksen säätäminen on helppoa.
- Materiaali pystytään siirtämään helposti kuivaimeen.
- Kunnossapidon kustannukset ovat alhaiset.

Leijukuivaimen rajoitteet:

- Paineen vaihtelut ovat isoja.
- Kuivaimen kuluttama sähkökustannukset ovat suuria.
- Fluidisaatio ei aina onnistu halutulla tavalla.
- Erilaisten kuivattavien tuotteiden laatu ei aina ole onnistunut.
- Haluttujen partikkeleiden ominaisuudet rajoittavat kuivausta: kaikki eivät siedä samanlaisia kuivausoloja.

4.4 Yhteenveto

Eri kuivauslaitteilla pystytään kuivaamaan tietynlaisia materiaaleja. Laitteet ovat esimerkiksi kooltaan ja kuivauslaadultaan erilaisia. Edellä esiteltyjen kuivauslaitteiden ominaisuuksista on yhteenveto kirjattuna taulukkoon 1.

Taulukko 1. Kuivauslaitteiden yhteenveto

Ominaisuudet	Sumutuskuivain	Leijukuivain	Hiutalekuivain
Kuivattava materiaali	Nesteet	Märät ja rakeiset partikkelit	Suodatuskakut ja tahnat
Tuotantomäärä	Suuri	Suuri	Pieni
Kuivaimen koko	Suuri	Suuri	Pieni
Energian kulutus	Suuri	Suuri	Pieni
Ominaisuuksien säätely	Helppoa	Helppoa	Helppoa
Kuivaulaatu	Tasainen	Vaihteleva	Tasainen
Laitevalikoima	Laaja	Laaja	Muutama

5 LAITEVALMISTAJAT

5.1 GEA Niro

Maailmalaajuisesti tunnetulla laitevalmistajalla GEA Nirolla on laaja valikoima erilaisia kuivaimia eri tuotteille ja aloille. Tuotteen haluttujen ominaisuuksien perusteella valmistaja pystyy tarjoamaan juuri ominaisuuksien kannalta parhaimpia laitteita.

Prosessisuunnittelun ja sen kehittämisen lisäksi yritys tarjoaa kuljetustekniikan sekä asennus- ja käyttöönottopalveluita. Palveluiden avulla yritys takaa, että tilattu laite laadultaan ja käyttösuoritukseltaan vastaa tilattua laitetta. Suomessa yrityksellä on oma toimipisteensä Helsingissä. (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014].)

GEA Nirolla on oma testauskeskus Kööpenhaminassa, jossa on monenlaisia malleja. Testauskeskuksessa saadaan testattua kuivattavaa tuotetta, jotta löydetään sille parhaiten soveltuva kuivausprosessi. Testauksessa voidaan kokeilla koe-eriä tai jopa täysmittaista tuotantoa. (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014].)

5.1.1 Sumutuskuivain

Laitevalmistajalta löytyy monia sumutuskuivainvaihtoehtoja. Sumutuskuivauksessa lopputuote määrittelee prosessin kulun. GEA Niron kuivainten on tuotettava laadultaan hyvä tuote, laitteen muotoilun tulee olla hygieeninen, energian kulutuksen on oltava pieni, tuotevaihdot on helppo hoitaa sekä laite täyttää EU-direktiivit. (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014].) Kaikissa kuivaimissa on seuraavat osat:

- syöttöpumppu
- sumutin
- ilmanlämmitin
- ilmanhajotin
- kuivauskammio
- poistoilmanpuhdistin
- jauheen keräysastia. (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014].)

Prosessin, johon on enemmän kuin yksi sumutin vaihtoehtona, yhtiö suosittelee valitsemaan rotaatiosumuttimen. Rotaatiosumutin on toiminnaltaan helppo käyttää ja sen avulla pystytään käsittelemään isoja tuotantomääriä. Suutin pystyy käsittelemään karkeita aineita ilman tukosongelmia ja pisaroiden koon säätäminen on helppoa. Syöttöjärjestelmän matalapaine tekee suuttimen ohjaamisesta ja ylläpidosta yksinkertaista. (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014]). Taulukossa 2 on vertailtu GEA Niron muutaman mallin ominaisuuksia keskenään.

Taulukko 2. Sumutuskuivainten vertailu (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014]).

Ominaisuudet	Conventional SD	VERSATILE-SD™	FSD™
Tyyppi	Suureen tuotantoon	Pieneen tuotantoon	Suureen tuotantoon
Partikkelin koko (mm)	Suuri paine: 0,02-0,2 Pieni paine: 0,1-0,3		0,1–0,4
Suutin	Rotaatio tai paine	Rotaatio, paine tai pneumaattinen	Rotaatio tai paine
Kuivaustaso	Yksi tai kaksi	Yksi	Kaksi tai kolme

5.1.2 Leijukuivain

Menetelmän avulla voidaan kuivata märkiä jauheita ja rakeita. Normaali partikkeli-koko on 50–5000 mikrometriä. Erityyppisiä leijukuivaimen virtausmalleja ovat sekoitus- ja ideaalivirtaus. Sekoituskuijaaminen soveltuu jauheille, joilla ei ole fluidisaatiota korkean kosteuspitoisuuden takia. Ideaalivirtauskuivaaminen soveltuu jauheille, joilla fluidisaatio on suoraan mahdollinen. Ideaalivirtauskuivain voi olla paikallaan pysyvä eli tasainen tai tärinä-mallinen. (GEA Niro Drying and Particle Formation Technologies [Viitattu 7.1.2014], 21.)

Käsittelyaikaa, joka vaikuttaa partikkelin ominaisuuksiin, pystytään kontrolloimaan muotoilun avulla. (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014]). Taulukossa 3 on vertailtu leijukuivaimia keskenään.

Taulukko 3. Leijukuivainten vertailu (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014]).

Laite	Ominaisuudet
CONTACT FLUIDIZER	<ul style="list-style-type: none"> – Yhdistelmä: sekoitus ja ideaalivirtaus. – Partikkelin koko: 50–800 µm. – Pitkä käsittelyaika. – Avoin systeemi märille jauheille ja suljettu systeemi orgaanisille lietteille.
VIBRO-FLUIDIZER™	<ul style="list-style-type: none"> – Ideaalivirtaus – Tärinä – Voi toimia itsenäisesti, yleensä osana sumutuskuivausta. – Ilmavirran kulmaa ja suuntaa voidaan muuttaa.
SPRAY FLUIDIZER	<ul style="list-style-type: none"> – Yhdistetty sumutuskuivaimen – Sekoitus – Partikkelin koko: 0,3–3,0 mm. – Joustava

5.1.3 Flash-kuivain

Kuivaimella pystytään kuivaamaan aineita, joita ei pystytä pumppaamaan. Aineiden käsittelyajat ovat lyhyitä. Kuivaimet ovat joustavia ja ne suunnitellaan asiakkaiden toiveiden mukaan. Prosessi voi olla avoin, jolloin se on energiaystävällinen

laite, jossa letkusuodatin tehostaa poistoilman puhdistamista. Suljetussa prosessissa tyyppi puhdistaa prosessissa kulkevaa kaasua. Taulukossa 4 vertaillaan GEA Niron kahdentyyppisiä hiutalekuivaimia keskenään.

Taulukko 4. Hiutalekuivainten vertailu (GEA Niro, [Viitattu 7.1.2014]).

Laite	Ominaisuudet
Flash dryer	<ul style="list-style-type: none"> – Partikkelin koko: 50–800 µm. – Korkea lämpötila – Kuivaaminen voi tapahtua yhdessä tassaossa tai useammasta (riippuu tuotteesta).
SWIRL FLUIDIZER™	<ul style="list-style-type: none"> – Lyhyt käsittelyaika. – Pystyy käsittelemään erittäin viskoosia nesteitä. – Korkeat kuivauslämpötilat. – Soveltuu lämpöherkille tuotteille. – Pienikokoinen. – Kapasiteetti ja partikkelin koko voidaan suunnitella halutunlaiseksi. – Prosessi perustuu kuivauskammiossa olevaan rotaatiohienontimeen.

5.2 SPX

Yritys tarjoaa laajan valikoiman Anhydron kuivaus- ja haihduttamisteknologiaa. Teknologian avulla lopputuotteesta saadaan tehokkaasti ja taloudellisesti korkealaatuista. Laittevalmistajalla on laaja valikoima kuivaimia eri aloille ja he työskentelevät tiiviisti asiakkaan kanssa. Suomessa toimii SPX-konsernin alaisuudessa APV, joka toimii prosessiteollisuuden parissa. (SPX, [Viitattu 3.2.2014]).

Asiakkaana olevan yrityksen kanssa tiivis työskentely johtaa tehokkaaseen ja kestäväan laatuun, kun tavoitellaan laadukasta lopputuotetta. Prosessin tehokkuuden ja toiminnan luotettavuuden takaavat kuivaustekniikka, joka on suunniteltu säilyttämään ja kontrolloimaan tuotteen ominaisuuksia, sekä omaperäinen teknologia. (SPX, [Viitattu 3.2.2014]).

Laitteita pystytään testaamaan valmistajan testauskeskuksessa Kööpenhaminassa. Testauksessa pystytään löytämään halutuille tuotteille paras kuivauslaite, jonka ominaisuuksia pystytään muuttamaan. Testausta voidaan suorittaa pieninä määrinä tai täysimittaisina tuotantomäärinä. (SPX, [Viitattu 3.2.2014]).

5.2.1 Sumutuskuivain

SPX Anhydro tarjoaa erilaisia kuivausmahdollisuuksia. Yksiasteisessa kuivauksessa tuote poistuu erilliseen keräysastiaan. Kaksiasteisessa kuivauksessa tuote siirtyy sumutuskuivaimesta ulkopuoliseen leijukuivaimen ja/tai jäähdyttimeen. Moniportaisessa kuivauksessa tuote siirtyy sumutuskuivaimesta yhdistettyyn leijukuivaimen ja sieltä ulkopuoliseen leijukuivaimen ja/tai jäähdyttimeen. (SPX, [Viitattu 3.2.2014]). Taulukossa 5 on vertailtu yrityksen valmistamia sumutuskuivaimia keskenään.

Taulukko 5. Sumutuskuivainten ominaisuuksien vertailu (SPX, [Viitattu 3.2.2014]).

Laite	Ominaisuudet
MasterSpray	<ul style="list-style-type: none"> – Soveltuu pieneen tuotantoon. – Kapasiteetti: toiveen mukaan. – Suutin: rotaatio, paine tai pneumaattinen.
Spray Dryer	<ul style="list-style-type: none"> – Soveltuu suureen tuotantoon. – Kapasiteetti: muutama kg/h–80 t/h. – Suutin: rotaatio, paine tai pneumaattinen. – Kuivaustaso: Yksi tai useampi
SBD	<ul style="list-style-type: none"> – Soveltuu suureen tuotantoon. – Partikkelin koko: 100–350 µm. – Lisäosana leijukuivain. – Soveltuu lämpöherkille tuotteille. – Prosessia on mahdollisuus muokata. – Kuivaustaso: useampi.

5.2.2 Leijukuivain

Anhydron leijukuivaimella on myös kaksi eri virtausmahdollisuutta: sekoitus- ja ideaalivirtaus. Kuivaimelle on tarjolla laaja valikoima erilaisia muotoiluja. Leijukuivaimen muotoiluun vaikuttavat asiat:

- virtauskuviot
- kuivaimen osat
- tuotelinjan pituus
- lämmityspaneelit
- nesteen syöttö kuivaimen

- hienon jauheen erottelija. (Anhydro Fluid Bed Technologies 2012, 4-5).

Valmistajalla on valittavissa erilaisia prosessisuunnitelmia kuten esimerkiksi avoin, suljettu ja vesihöyrysteemi (Anhydro Fluid Bed Technologies 2012, 6-8). Prosessinsuunnitelmaan vaikuttavat kuivattava aine sekä halutun lopputuotteen ominaisuudet. Taulukossa 6 on vertailtu leijukuivaimen ominaisuuksia keskenään.

Taulukko 6. Leijukuivaimen ominaisuudet (SPX [Viitattu 3.2.2014]).

Laite	Ominaisuudet
<p style="text-align: center;">Anhydro Fluid Bed Dryer</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Laaja valikoima – Kapasiteetti: muutama kg/h–20 t/h. – Soveltuu kuivaamiseen ja jäähdyttämiseen. – Partikkelin kokoa pystytään säätämään.

5.3 AVM

AVM on 2004 vuonna perustettu yritys, joka valmistaa kuivauslaitteita. Yritys toimii Intiassa ja on lyhyessä ajassa saanut markkinoille tuotteita. AVM suunnittelee asiakkailleen heidän tarpeiden perusteella laitteita. Testikeskuksessa pystytään testaamaan, kuinka laitteet soveltuvat kuivattavalle tuotteelle. (AVM, [Viitattu 15.4.2014].)

5.3.1 Sumutuskuivain

AVM tarjoaa asiakkailleen laajan valikoiman sumutuskuivaimia. Kuivain vaihtoehtoisista pystytään valitsemaan yritykselle kustomoituja sumutuskuivaimia tai sumutuskuivainjärjestelmiä niin isoille kuin pienille tuotantomäärille. Sumutuskuivaimia on tarjolla yksi-, kaksi- ja minitasoisina. Kuivaimeen on valittavana erilaisia suutti-

mia, virtausmalleja, lämmittimiä sekä keräysastioita. Yritys tarjoaa myös laajan lisäosavalikoiman, joita voidaan lisätä kuivaimeen asiakkaan pyynnöstä. (AVM, [Viitattu 15.4.2014].)

5.3.2 Leijukuivain

AVM valmistaa kahden tyyppisiä leijukuivaimia, jotka ovat leijupeditään erilaisia. Leijupeti voi olla tärinä-mallinen tai tasainen, jolloin se ei muutu. Laitteen valintaan vaikuttaa kuivattava tuote. Kuivaimiin pystytään valitsemaan syöttöjärjestelmä, tuotteen keräysastia, lämmitysjärjestelmä sekä muita lisäosia, kuten turvallisuuden vaikuttavia osia. (AVM, [Viitattu 15.4.2014].)

5.3.3 Flash-kuivain

Yritys tarjoaa erilaisia flash-kuivaimia eri asiakkaille. Asiakkaan tarpeet vaikuttavat siihen, millaisia malleja ja osia AVM tarjoaa. Valittavia osia ovat muun muassa syöttöjärjestelmä, lämmitysjärjestelmä ja tuotteen keräysastia. Yrityksellä on niin suureen kuin pieneen tuotantoon sopivia flash-kuivaimia. (AVM, [Viitattu 15.4.2014].)

5.4 CEE

CEE (Comp Engineering and Exports) on Intian suurin kuivauslaitteita valmistava yritys. Yritys tarjoaa laajan valikoiman sumutuskuivaimia. Leiju- ja flash-kuivaimia yritys valmistaa liitettäväksi sumutuskuivaimeen. Kuivauslaitteita pystytään testaamaan yrityksen testikeskuksessa, joka sijaitsee Intiassa. (CEE, [Viitattu 15.4.2014].)

CEE tarjoaa laajan valikoiman erilaisia sumutuskuivaimia. Tavalliset, suljetut sekä monitasoiset sumutuskuivaimet riippuvat asiakkaan tarpeista. Sumutuskuivaimeen voidaan liittää esimerkiksi leijukuivain tehostamaan kuivaamista. Kuivaimiin valitaan kuivattavalle tuotteelle sopiva suutin. (CEE, [Viitattu 15.4.2014].)

5.5 Yritysvertailu

Laitevalmistajat toimivat laajasti ympäri maailmaa. Euroopassa sijaitsee yritysten testikeskuksia sekä maakohtaisia toimipisteitä. Edellä mainittujen yritysten vertailu on tilastoitu taulukkoon 7.

Taulukko 7. Yritysvertailu
(GEA, SPX, AVM & CEE [Viitattu 15.4.2014])

	GEA Niro	SPX Anhydry	AVM	CEE
Laitevalikoima	Laaja	Laaja	Laaja	Laaja (sumutuskuvain)
Toiminta	50 maassa	Yli 35 maassa	Ympäri maailmaa	Ympäri maailmaa
Perustusvuosi	1933	1912	2004	1991
Pääkonttori	Tanska	Amerikka	Intia	Intia
Testikeskus	Kööpenhamina	Kööpenhamina	Intia	Intia
Liikevaihto (koko yhtiö)	Yli 4,7 mrd. €	N. 5 mrd. €	-	-

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli vertailla erilaisia kuivausmenetelmiä keskenään ja löytää yritykselle parhaimmat kuivauslaitteet. Menetelmää valittaessa on hyvä ottaa huomioon seuraavat asiat:

- kuivattava aine (ominaisuudet)
- kuivauslämpötilat
- partikkelin koko
- kuivattavan aineen lämmönkestävyys
- kapasiteetti
- kuivausnopeus
- lämmönsiirto
- energian kulutus.

Eri laitevalmistajat tarjoavat laajan valikoiman erimallisia kuivaimia ja hygieenisen muotoilun. Kuivauskammioiden muotoiluun vaikuttavat kuivattava aine sekä lopputuotteen halutut ominaisuudet. Kuivauslaitteita pystytään helposti kokeilemaan yritysten tarjolla olevissa testauskeskuksissa. Keskuksissa pystytään kokeilemaan, kuinka laite soveltuu kuivattavalle tuotteelle ja testaamaan prosessin etenemistä kokeiluerillä.

LÄHTEET

- Anhydro Fluid Bed Technologies. 2012. [Verkkójulkaisu]. SPX. [Viitattu 3.2.2014]. Saatavana: http://www.spx.com/en/assets/pdf/ANH_Fluid_bed_technologies_401_01_05_2012_GB.pdf
- Anhydro Spray Bed Dryer. 2012. [Verkkójulkaisu]. SPX. [Viitattu 3.2.2014]. Saatavana: http://www.spx.com/en/assets/pdf/ANH_Spray_bed_dryer_for_dust_free_powers_118_01_05_2012_GB.pdf
- AVM. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. AVM Systect. [Viitattu 15.4.2014]. Saatavana: <http://www.avmsystech.co.in/>
- CEE. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Comp Engineering and Exports. [Viitattu 15.4.2014]. Saatavana: <http://www.compspraydryers.com/>
- Elo, A., Peusa, J. & Piilo, T. 2006. Marjat ja hedelmät prosessissa. Viikki Food Center.
- Fenola Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Kauhajoki: Fenola Oy. [Viitattu 20.1.2014]. Saatavana: <http://www.fenola.fi/>
- GEA Niro. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. GEA Niro. [Viitattu 7.1.2014]. Saatavana: <http://www.niro.com/niro/cmsdoc.nsf/WebDoc/vvvv5g8df3HomeHome>
- GEA Niro Drying and Particle Formation Technologies. Ei päiväystä. [Verkkójulkaisu]. GEA Niro. [Viitattu 7.1.2014]. Saatavana: <http://www.ipaper.geap.com/08Chemicals/GEANiroBNA884DryingParticleFormation/>
- Mujumdar, Arun S. 2006. Handbook of Industrial Drying. 3. uud. p. CRC Press. [Viitattu 5.1.2014] Saatavana: <http://www.tex.tuiasi.ro/biblioteca/carti/CARTI/Textile/Handbook%20of%20Industrial%20Drying/Handbook%20of%20Industrial%20Drying.pdf>
- Spray drying aids + carriers. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Grain Processing Corporation. [Viitattu 25.1.2014]. Saatavana: <http://www.grainprocessing.com/>
- Schuck, P., Dolivet, A. & Jeantet, R. 2012. Analytical Methods for Food and Dairy Powders. [Verkkokirja]. Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell, [Viitattu 4.2.2014]. Saatavana: Ebrary-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.

- Sezer, A. 2012. Recent Advances in Novel Drug Carrier Systems. [Verkkokirja]. InTech. [Viitattu 21.3.2014]. Saatavana: <http://www.intechopen.com/books/recent-advances-in-novel-drug-carrier-systems>
- Smith, P. 2008. Applications of Fluidization to Food Processing. [Verkkokirja]. Wiley, Chichester GBR. [Viitattu 4.3.2014]. Saatavana: Ebrary-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- SPX Anhydro. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. SPX. [Viitattu 3.2.2014]. Saatavana: <http://www.spx.com/>
- Toppinen, E. 2010. Kauran komponenteilla emulsioita mikrokapselointia varten. Kehittyvä elintarvike (6), 47.
- Upgrading of Anhydro Spray Drying Plants. 2012. [Verkkojulkaisu]. SPX. [Viitattu 5.2.2014]. Saatavana: http://www.spx.com/en/assets/pdf/ANH_Spray_bed_dryer_for_dust_free_powers_118_01_05_2012_GB.pdf
- van't Land, C. M. 2011. Drying in the Process Industry. [Verkkokirja]. Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell. [Viitattu 8.1.2014]. Saatavana: Ebrary-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.