

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2021

Artturi Toivonen

YRTTIKUIVURIN KONSEPTOINTI

– Esiselvitys

Artturi Toivonen

YRTTIKUIIVURIN KONSEPTOINTI

- Esiselvitys

Tämän työn tavoitteena on kuvailla yrttien kuivaamiseen soveltuvia kuivausmenetelmiä ja olemassa olevien kuivureiden toimintaperiaatteita, ja näihin tietoihin perustuen luoda yrttikuiivurin konsepti.

Tässä työssä on kuvailtu erilaisia kuivausmenetelmiä ja erilaisten kuivureiden toimintaperiaatteita samalla tuoden esiin työn aiheeseen liittyviä lähteitä. Täydellisen konseptin sijaan työssä on alustettu yrttikuiivurin konseptointia asettamalla kuivurille toiminnalliset vaatimukset, vertailemalla kuivausmenetelmiä keskenään ja ehdottamalla kahta sopivaa konseptia löytyneen tiedon perusteella.

Tämä työ on suoritettu hankkimalla tietoa verkkolähteistä ja tuotekehitystä käsittelevästä kirjallisuudesta. Kuivausmenetelmien kuvaus perustuu osittain opinnoista ja yliopettajalta saatuihin tietoihin Tampereen ammattikorkeakoulusta.

Tämän työn tuloksena kuivurille on asetettu sellaiset toiminnalliset vaatimukset, että kuivurin kuivausprosessi olisi nopea, energiatehokas ja automatisoitu, ja että kuivuria käyttävä yritys pystyisi kuivaamaan koko satokauden materiaalit. Tässä työssä on todettu, että kaikista työssä esitellyistä kuivureista infrapunakuivaukseen ja vakuumikuivaukseen perustuvat kuivurit ovat tehokkaimpia.

ASIASANAT:

Tuotekehitys, konseptisuunnittelu, kuivaus, yrtit.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2021 | 17 pages

Artturi Toivonen

CONCEPT DESIGN OF A HERB DRYER

- Initial investigation

The goal of this thesis was to describe applicable drying methods of herbs and the working principles of existing dryers and to create a concept of a herb dryer based on this information.

In this thesis different drying methods and the working principles of existing dryers were described while bringing up source materials related to the topic of this thesis. Instead of creating a perfect concept of a herb dryer, the concept development was initialized by establishing target specifications for the dryer, by comparing drying methods to each other and by recommending two suitable concepts based on the discovered information.

This thesis was performed by acquiring information from the internet and literature about product development. The description of drying methods is partially based on information acquired from studying and a principal lecturer from Tampere University of Applied Sciences.

As a result of this thesis such target specifications were established that the drying process would be fast, energy efficient and automated, and that the company would be able to dry all its materials of the harvest season. In this thesis it was stated that from all the dryers presented, the ones that are based on infrared drying and vacuum drying are the most efficient.

KEYWORDS:

Product development, concept design, drying, herbs.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 KASVIEN KUIVAUSMENETELMIÄ	6
2.1 Yleistä kasvien kuivaamisesta	6
2.2 Kuivaaminen konvektiolla	7
2.3 Kondenssikuivaus	7
2.4 Kuivaaminen infrapunasäteilyllä	8
2.5 Vakuumikuivaus	8
2.6 Kylmäilmakuivaus	9
3 KUIVAUSLAITTEISTO	10
3.1 Konvektiokuivaimet	10
3.2 Kondenssikuivaimet	10
3.3 Infrapunakuivaimet	11
3.4 Vakuumikuivaimet	12
4 KONSEPTOINNIN ALUSTUS	13
4.1 Kuivurin toiminnalliset vaatimukset	13
4.2 Kuivausmenetelmien vertailu	13
4.3 Konseptin ehdotus	14
LÄHTEET	16

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on yrttikuivurin konseptointi. Konseptointi on osa tuotekehitysprosessia, jonka tarkoituksena on tunnistaa asiakkaan tarpeet, asettaa tuotteen tavoitespesifikaatiot, tehdä luonnostelua ja luonnosten testausta. Konseptointi on tuotteen varsinaista suunnittelua edeltävä vaihe. (Hietikko 2015, 61.)

Tämän työn tavoitteena on kuvailla yrttien kuivaamiseen soveltuvia kuivausmenetelmiä ja olemassa olevien kuivureiden toimintaperiaatteita, ja näihin tietoihin perustuen luoda yrttikuivurin konsepti.

Tämä opinnäytetyö on osana Turun ammattikorkeakoulun selvitys- ja kehitysprojektia, jonka tilaaja on Yrityssalo Oy. Turun ammattikorkeakoulun kehitysprojektin loppuasiakkaana on yritys, joka tuottaa ja myy muun muassa kuivattuja yrttejä ja mausteita. Asiakas on kiinnostunut investoimisesta uuteen yrttikuivuriin laajentaakseen tuotantokapasiteettiaan. Tämän takia on annettu toimeksianto tehdä esiselvitys olemassa olevien kuivureiden toimintaperiaatteista ja luoda yrttikuivurin konsepti. Vaikka tämän työn aiheena on yrttikuivurin konseptin luominen, työssä esitellään myös myynnissä olevia kuivureita ja kuivureita myyviä yrityksiä, siltä varalta, että asiakas päättää ostaa valmiin kuivurin.

2 KASVIEN KUIVAUSMENETELMIÄ

2.1 Yleistä kasvien kuivaamisesta

Kasvin kuivaamisen tavoitteena on haihduttaa sen sisältämää vettä niin kauan, kunnes vettä jää kasviin noin 6–10 % lajista riippuen. Veden määrä kasveissa ja kasvien kuivumisajat vaihtelevat lajeittain. Jotkut kasvit luovuttavat vettä hitaammin kuin toiset rakenteensa takia, kuten paksuuden tai vahapinnan takia. (Väisänen & Koistinen 2019.)

Yleisesti veden haihtuminen kappaleen pinnalta perustuu siihen, että kappale asettuu aina kosteustasapainoon ympäröivän ilman kanssa. Kun kappaletta ympäröivässä ilmassa ei ole riittävästi kosteutta, jota kappaleen kosteustasapaino edellyttää, kappaleen pinnalta irtoaa enemmän vesimolekyylejä kuin mitä kappaleen pinnalle siirtyy ympäröivästä ilmasta. Kappaleesta siirtyy kosteutta ympäröivään ilmaan niin kauan, kunnes kappale on saavuttanut kosteustasapainon eli lopullisen kosteustason vallitsevissa ilman olosuhteissa. Kosteustasapaino, johon kappale asettuu, riippuu ilman suhteellisesta kosteudesta ja ilman lämpötilasta. Jos kappale olisikin liian kuiva suhteessa ympäröivään ilmaan, se sitoisi kosteutta ilmasta. Materiaalien kosteustasapainoja eri ilman lämpötiloissa ja suhteellisissa kosteuksissa voidaan tarkastella kosteustasapainokäyrien avulla. (Sariola ym. 1990, 25; Järvenpää & Kivinen 2020, 3; Suhonen 2021.)

Samalla kun kappaleen pinnalta siirtyy kosteutta ilmaan, kosteuden mukana siirtyy myös lämpöenergiaa, jolloin kappale jäähtyy, koska kosteuden siirtyessä kappaleen pinnalta irtoaa suurimmalla todennäköisyydellä ne vesimolekyylit, joiden liike-energia eli lämpöenergia on suurin. Näin ollen haihtuminen on lämpöenergiaa kuluttava prosessi. (Suhonen 2021.)

Kuivumisprosessin valvonnassa on hyvä ottaa huomioon, että kasvit kuivuvat ikään kuin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa haihtuu kasvin pinnalla ja pintasolukossa oleva vesi ja toisessa vaiheessa haihtuu kasvin ydinosissa oleva vesi. Pintasolukossa oleva vesi haihtuu nopeammin, koska mitä syvemmältä vesi haihtuu, sen enemmän aikaa kuluu veden siirtymiseen kasvin pinnalle.

2.2 Kuivaaminen konvektiolla

Konvektio tarkoittaa lämpöenergian siirtymistä paikasta toiseen väliaineen mukana, kuten kosteuden haihtuessa, kun materiaali asettuu kosteustasapainoon (Inkinen & Tuohi 2002, 407). Kasvien kuivaaminen konvektiolla perustuu siihen, että kasveihin puhalletaan lämmintä ilmaa, jolloin kasviin siirtyy lämpöenergiaa ilmapirrasta ja samalla kasvista haihtuva kosteus poistuu ilmapirran mukana.

Konvektiokuivaimen tärkeimmät toiminnalliset osat ovat lämmönlähde ja ilmapirran lähde. Pienissä kuivaimissa lämmönlähteenä käytetään lämpövastusta ja isommissa voidaan käyttää esimerkiksi polttoöljyä tai muuta polttoainetta (Väisänen & Koistinen 2019).

2.3 Kondenssikuivaus

Kondenssikuivaimien toiminta perustuu lämpöpumpputekniikkaan. Lämpöpumput toimivat niin, että ne keräävät lämpöenergiaa väliaineen välityksellä käyttökohteen ulkopuolelta, kuten veden välityksellä maasta tai kosteuden välityksellä ilmasta. Lämpöpumpun höyrystimen kautta virtaava väliaine luovuttaa lämpöenergiaa höyrystimen kylmäaineeseen ja samalla virtaa höyrystimestä ulos. Lämpöpumpun kompressori siirtää lämmenneen kylmäaineen höyrystimestä lauhduttimeen ja samanaikaisesti nostaa kylmäaineen painetta, jonka takia kylmäaine lämpenee vielä entisestään. Kylmäaineen virratessa lauhduttimen läpi se siirtää lämpöenergiaa käyttökohteessa käytettävään väliaineeseen, kuten lämpimään käyttöveteen tai sisäilmaan. Lopulta jäähtynyt kylmäaine virtaa lauhduttimesta paisuntaventtiilin läpi takaisin höyrystimeen. Paisuntaventtiili ylläpitää paineroa höyrystimen ja lauhduttimen välillä. (DIGMA Avoin oppimisympäristö 2017.)

Kondenssikuivaimien toimintaperiaattena on, että lämpöpumppu kerää lämpöenergiaa kasveista haihtuneesta kosteudesta ja hyödyntää sitä puhallettavan ilman lämmittämiseen. Puhallettavan ilman lämpötila ei kuitenkaan riipu pelkästään haihtuvan kosteuden lämpötilasta, vaan lämpöpumpun kompressoria säätämällä voidaan asettaa puhallettavan ilman lämpötila. Puhallettavan ilman lämmönlähteenä on siis haihtuvan kosteuden lämpöenergia ja kompressorin tuottamasta paineesta johtuva lämpötila. Kun haihtuva kosteus siirtää lämpöenergiaa lämpöpumppuun, se jäähtyy ja tiivistyy vedeksi. Tiivistynyt vesi valutetaan pois kuivaimesta. (Pyykkönen ym. 1998, 6; DIGMA Avoin oppimisympäristö 2017.)

2.4 Kuivaaminen infrapunasäteilyllä

Lämpösäteily tarkoittaa lämmön siirtymistä säteilemällä. Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä ja se siirtyy ilman väliainetta (Inkinen & Tuohi 2002, 418). Korkeissa lämpötiloissa lämpösäteilyn spektri eli aallonpituusjakauma voi sisältää infrapunasäteilyn lisäksi näkyvää valoa ja ultraviolettisäteilyä, kuten auringon lähettämä lämpösäteily, mutta kuitenkin suurin osa säteilystä on tuolloin infrapunasäteilyä ja lämmön siirtyminen tapahtuu vain infrapunasäteilyssä.

Infrapunakuivauksessa käytetään infrapunalamppuja, jotka säteilevät infrapunasäteilyä. Säteily puolestaan lämmittää kasvin pintaa ja nopeuttaa kasvin asettumista kosteustapainoon. Infrapunasäteily ei läpäise kasvin pintaa syvälle ja siksi kasveja ei voi kuivata paksuissa kerroksissa (Ruokatieto Yhdistys Ry 1999).

Infrapunakuivain ei kuitenkaan voi toimia pelkillä lampuilla, vaan haihtuva kosteus on saatava poistettua kuivaimesta, joten lamppujen ohella käytetään ilmapuhallinta. Puhallettavan ilman on oltava sopivan lämpöistä ja kuivaa, ettei se jäähtyä ja kostuta kasvia. Tämän perusteella voi sanoa, että infrapunakuivaimen toiminta perustuu sekä lämpösäteilyyn, että konvektioon.

2.5 Vakuumikuivaus

Vakuumikuivaus eli alipainekuivaus perustuu veden kiehumispisteen laskemiseen laskeamalla ilman painetta ja materiaalin lämmittämiseen samanaikaisesti. Kun kiehumispiste laskee, haihtuminen tehostuu, varsinkin, jos kiehumispiste laskee huoneen lämpötilan tasolle. (Тыла-Терм 2017.)

Tyypillinen kasvien ja elintarvikkeiden kuivaukseen tarkoitettu vakuumikuivain koostuu alipainekammioista, lämmönlähteestä, alipainepumpusta, venttiileistä, lauhduttimesta ja nesteeneräimestä. Kuivattava materiaali laitetaan alipainekammion hyllyille pelleissä. Pumpulla luodaan alipaine kammioon. Hyllyihin ja kammion seinämiin johdetaan lämmintä väliainetta, kuten höyryä, vettä tai lämmitysöljyä. Lämpöenergia siirtyy kasveihin ja haihtuminen tehostuu. Joissakin kuivaimissa lämmitykseen käytetään mikroaaltosäteilyä. Haihtuva kosteus siirtyy putkistoa pitkin ensin lauhduttimeen, jossa se tiivistyy nesteeksi ja lopulta neste valutetaan keräimeen. Ilmankiertoa säädetään venttiileillä. (Тыла-Терм 2017; Mohannad Cobra 2020; Sruthi's Pharma World 2020.)

2.6 Kylmäilmakuivaus

Kylmäilmakuivaus perustuu siihen, että kasvikerroksen läpi puhalletaan ilmaa kuten konvektiokuivauksessa, mutta ilmaa lämmitetään joko vain vähän tai ei ollenkaan (Järvenpää & Kivinen 2020, 5). Koska puhallettavan ilman lämpötila on matalampi kuin konvektiokuivaimissa, puhallettavaan ilmaan mahtuu huomattavasti vähemmän kosteutta.

Varsinkin kylmäilmalla kuivattaessa on huomioitava, että materiaalia voidaan kuivata vain tiettyyn kosteustasoon asti materiaalin kosteustasapainoon asettumisen takia (Järvenpää & Kivinen 2020, 3).

3 KUIVAUSLAITTEISTO

3.1 Konvektiokuivaimet

Koistinen (2019) on esittänyt konseptin konvektiokuivaimesta osittaisella ilman kierrätyksellä. Kuivaimessa käytetään puhallinta, lämpövastusta, ilmavirran säätöluukkuja ja antureita. Kuivausprosessin alussa ilma sitoo paljon kosteutta kasvimassasta, mutta myöhemmässä vaiheessa, kun ilman kosteus ennen kasvimassaa ja sen jälkeen on suurin piirtein sama, ilmaa voi alkaa kierrättää. Ilman kierrätyksellä on tarkoitus hyödyntää uudelleen jo lämmitettyä ilmaa kuivaukseen. (Koistinen 2019.)

Suomalainen yritys nimeltä Orakas Tuotteet Oy valmistaa kaappikuivureita. Tällä hetkellä sen tarjonnasta löytyy kolme kaappikuivuria, joista suurin nimeltä Iso Orakas soveltuu suuren kapasiteetin tuotantoon. Kuivaustilan tilavuus on $1,1 \text{ m}^3$ ja kuivauspinta-ala on noin 6 m^2 . Kuivurin mitat ovat $920 \text{ mm} \times 960 \text{ mm} \times 1760 \text{ mm}$. Kaapissa on 20 koria, 2 rinnakkain ja 10 päällekkäin. Kuivurissa on lämpötilan säätönappi, joka asettaa termostaatille lämpötilan asetusarvon eli tavoitelämpötilan. Suurin kuivauslämpötila on ainakin $50 \text{ }^\circ\text{C}$. (Orakas Tuotteet Oy 2021.)

3.2 Kondenssikuivaimet

Suomalainen yritys nimeltä Drink Consult Finland Oy tarjoaa elintarviketeollisuuden ratkaisuja, kuten valmistus- ja pakkauslinjastoja. Suurien kokonaisuuksien lisäksi se myy myös yksittäisiä laitteita. Sen kautta on ostettavissa Vege Dryer 100 kaappikuivuri, jonka tuotantokapasiteetti on pieni kuvista päätellen, mutta yrityksellä saattaa olla suurempia-kin kuivureita tarjottavana. (Drink Consult Finland Oy 2021.)

Suomen Puhdasilma Oy suunnittelee ja valmistaa kondenssikuivaimia asiakkaiden tarpeiden mukaan. Sen valmistamat elintarviketeollisuuden kuivaimet sopivat kasvien, juuristen, sienten, kalan ja lihan kuivaamiseen. (Suomen Puhdasilma Oy 2021.)

Saksalainen yritys nimeltä Harter GmbH valmistaa kondenssikuivaimia erilaisiin käyttötarkoituksiin elintarviketeollisuuden lisäksi. Se suunnittelee ja valmistaa sekä eräsyötteisiä, että jatkuvasyötteisiä kuivaimia ja voi sovittaa laitteistoa asiakkaan tarpeiden

mukaan. Kuivaimet sopivat yrttien kuivaamisen lisäksi myös muiden elintarvikkeiden kuivaamiseen. (Harter GmbH 2021.)

Slovakialainen yritys nimeltä Normit Food S.R.O. on elintarviketeollisuuden laitteiston valmistaja. Sen valikoimassa on kondenssikuivaukseen perustuva kaappikuivain. Tämä kuivain on saatavilla kolmessa eri koossa, joista suurimman mitat ovat 1420 mm x 2000 mm x 800 mm ja ottoteho on 1300 W. Kuivauslämpötila on säädettävissä. (Normit Food S.R.O. 2021.)

3.3 Infrapunakuivaimet

Kirsti Pääkkönen (2002) on testannut infrapunakuivaukseen ja kondenssikuivaukseen perustuvaa rumpukuivainta. Kuivausrumpu on jaettu kahdeksaan sektoriin, joissa on luukut täyttöä ja tyhjennystä varten. Kuivausrumpu pyörii hitaasti ja samanaikaisesti sekoittaa materiaalin. Erillään kuivausrummusta on asetettu paneeli kahdesta infrapunalamppusta. Materiaalin läpi puhallettiin lämpöpumpun kautta kuivaa ja lämmintä ilmaa ja materiaaliin kohdistui infrapunasaäteilyä jaksoittain kuivausrummun pyöriessä. (Pääkkönen 2002.)

Vakolan suorittamassa tutkimuksessa on testattu infrapunakuivainta, joka koostui kolmesta kammio-osasta muodostaen tunnelin. Jokaisen kammion katosta oli ripustettu erikokoisia infrapunalamppuja eri asennoissa. Kuivaimessa käytettiin 12 ilmapuhallinta. Ilmaa puhallettiin ylhäältä alaspäin kasvikerroksen läpi. Ilman tuloaukkoja oli 9 tunnelin katossa ja jokaisen kammion pohjalevyn keskellä oli ilman poistoaukko. Kuivuritunnelin molemmat päädyt olivat avattavissa. Kuivurin sisällä oli kuljetinrata, jonka nopeus oli portaattomasti säädettävissä. Yrtit laitettiin kuivuriin yhdeksässä teräsverkkokorissa. (Pyykkönen ym. 1998, 7.)

Normitin valikoimassa on kaksi suuren kapasiteetin tuotantoon soveltuvaa infrapunakuivuria. Yksi on kaappikuivuri ja toinen on jatkuvasyötteenen monitasoinen liukuhihnakuivain.

Kaappikuivurissa on infrapunalamppujen lisäksi tuuletin. Kuivurissa on ohjauspaneeli, jonka kautta voi luoda kuivausohjelmia eri vaiheista, joissa niiden kesto, kuivauslämpötila ja tuulettimen teho on säädettävissä. Kuivurissa on myös rajakytkin, joka pysäyttää kuivurin toiminnan, mikäli ovi avataan kesken kuivauksen. Kuivurissa on suuttimet

takaseinän sisäpuolella veden ruiskuttamista varten tulen syttyessä. Tätä kuivaimen mallia on saatavilla erikokoisena. (Normit Food S.R.O. 2021.)

Liukuhihnakuivaimessa on 5 liukuhihnakerrosta. Kuivattava materiaali syötetään säädettävän luukun kautta kuivurin yläpuolelta. Materiaali sekoittuu samalla siirtyessään kerrokselta toiselle. Jokaisen liukuhihnan ylä- ja alapuolella on infrapunalamput ja infrapunasäteilyä heijastavat pinnat lämmityksen tehostamiseksi. Lämmitysteho on säädettävissä jokaisella tasolla erikseen ja jokaisen liukuhihnan nopeutta säädetään erikseen. Kuivausta voidaan tehostaa konvektiolla ja siirtämällä lämpöenergiaa johtumalla eli kosketuksen kautta. Kuivaimen lämpötilamittarit ovat näkyvissä ja kuivaimessa on ohjausyksikkö. Kuivainta voi ohjelmoida ja ohjata PLC-logiikalla. Kuivaamisen lisäksi tällä kuivaimella voi myös jäähdyttää tuotteita. Kuivain voidaan toimittaa täysin koottuna. (Normit Food S.R.O. 2021.)

3.4 Vakuumikuivaimet

Normitin valikoimassa on vakuumissa toimivia rasvakeittämiä, joita voi käyttää myös kuivaimina ilman rasvaa. Suurimman alipainekammion tilavuus on 350 litraa. Suurin paistolämpötila on 120 °C. Keittimen laitteistoon kuuluu ohjelmointiyksikkö, jonka kautta voi asettaa paistoajan, lämpötilan ja paineen, sekä tallentaa kuivausohjelmat. (Normit Food S.R.O. 2021.)

4 KONSEPTOINNIN ALUSTUS

4.1 Kuivurin toiminnalliset vaatimukset

Asiakkaan tarpeena on kuivata kesän aikana karkealla arviolla noin 20000 kg materiaalia. Jos arvioidaan, että kuivuria käytetään 48 päivää kesän aikana, kuivuriin on mahdollista kerralla vähintään 417 kg, jos kuivuria käytetään kerran päivässä ja enintään 24 tuntia kerralla. Varmuuden vuoksi voidaan pyöristää kuivurin kapasiteetiksi 500 kg.

Kuivurin on oltava eräsyötteinen, koska suurimmalla todennäköisyydellä jatkuvasyötteisellä kuivurilla materiaalin syöttö kestäisi niin kauan, että materiaali alkaisi pilaantua. Kuivattavan materiaalin syöttö kuivurin sisään ja materiaalin poistaminen kuivurista on oltava helposti toteutettavissa.

Kuivurissa on oltava sopiva kuivauslaitteisto, jonka toiminnallisuus perustuu sopivaan kuivausmenetelmään, jolla voidaan saavuttaa asiakkaan vaatima tuotteen laatu mahdollisimman nopeasti, edullisesti ja energiatehokkaasti. Kuivuri on suunniteltava niin, että materiaalista haihtuva kosteus poistuisi kuivaustilasta, jotta kuivausprosessi ei hidastuisi. Energiatehokkuuden vuoksi kuivurin on oltava lämpöeristetty.

Kuivausprosessi on toteutettava niin, että kuivattava materiaali kuivuisi mahdollisimman tasaisesti. Usein tätä varten kuivauksen aikana materiaali pöyhistetään. Jos materiaalia kuivataan ohuissa kerroksissa, sitä ei välttämättä tarvitse liikuttaa.

Kuivurin kuivausprosessi on oltava automatisoitu ja kuivausprosessiin liittyvät parametrit ohjelmoitavissa. Käyttäjän luomien kuivausohjelmien on oltava tallennettavissa ja saatavilla.

4.2 Kuivausmenetelmien vertailu

Konvektiokuivaus on sopiva menetelmä yrttien ja monien muiden elintarvikkeiden kuivaamiseen. Konvektiokuivaimilla voidaan kuivata tuotteita laadukkaasti, mutta konvektiokuivaimet eivät ole nopeimpia ja energiatehokkaimpia kuivaimia.

Kondenssikuivaus on kuivausmenetelmänä samantyyppinen kuin konvektiokuivaus, mutta energiatehokkaampi, koska siinä hyödynnetään materiaalista haihtuvan

kosteuden lämpöenergiaa. Kondenssikuvaimilla voidaan myös puhaltaa lämmintä ja kuivaa ilmaa riippumatta ilman kosteudesta kuivurin ulkopuolella, koska samaa ilmaa voidaan kierrättää uudelleen. Kuivaan ilmaan luonnollisesti mahtuu enemmän kosteutta.

Infrapunakuivaus on huomattavasti nopeampi kuivausmenetelmä kuin konvektiokuivaus, koska infrapunasäteily lämmittää kuivattavaa materiaalia suoraan, eikä sitä ympäröivää ilmaa. Koska infrapunakuivaimet toimivat puhaltimien kanssa kosteuden poistamiseksi, se nopeuttaa kuivumisprosessia vielä enemmän.

Vakuumikuivaus soveltuu hyvin lämpöherkkien materiaalien kuivaamiseen, koska materiaaleja voidaan kuivata matalammissa lämpötiloissa verrattuna lämpötiloihin normaalissa ilmanpaineessa. Matalan kuivauslämpötilan takia materiaalin proteiinit ja vitamiinit eivät tuhoudu (Тула-Терм 2017). Vakuumikuivaus on myös paljon nopeampi kuin konvektiokuivaus matalamman veden kiehumispisteen takia. Vakuumikuivaimilla voidaan siis tuottaa korkealaatuisia tuotteita ja vakuumikuivaus soveltuu myös monien muiden elintarvikkeiden kuivaamiseen yrttien lisäksi.

Kylmäilmakuivaus toimii samalla periaatteella kuin konvektiokuivaus, mutta kuivausilman matalamman lämpötilan takia se on liian hidas menetelmä asiakkaan tuotantokapasiteettiin nähden. Kylmäilmakuivauksella ei myöskään välttämättä voida kuivata tuotteita haluttuun kosteustasoon asti, joten tätä menetelmää ei suositella tässä tapauksessa.

4.3 Konseptin ehdotus

Kuivausmenetelmien vertailun perusteella ehdotetaan kahta kuivurin konseptia. Konseptien ehdotuksien kriteereinä ovat kuivausmenetelmien nopeus ja energiatehokkuus. Laitteiden hintoja ja energiankulutusta ei oteta tässä tapauksessa huomioon.

Ensimmäinen vaihtoehto on infrapuna- ja kondenssikuvaukseen perustuva rumpukuivain. Tämän kuivurin etuina ovat nopea, energiatehokas ja tasainen kuivumisprosessi. Lämpöpumpputekniikka tekee kuvaimesta energiatehokkaan, infrapunalamput tekevät kuvaimesta nopean ja pyörivä rumpu tekee kuivumisprosessista tasaisen. Yrttejä kuivatessa niiden pöyhintä on luonnostaan automatisoitu. (Pääkkönen 2002.)

Toinen vaihtoehto on vakuumikuivain mikroaalto- tai infrapunasäteilyllä. Tällainen vakuumikuivain saattaa olla nopeampi kuin edellä mainittu rumpukuivain, koska tässäkin

hyödynnetään säteilyn aiheuttamaa materiaalin lämpenemistä ja alipaineesta johtuva matala veden kiehumispiste nopeuttaa kuivumista. Vakuumikuivaimella voidaan kuivata myös monia muita elintarvikkeita yrttien ja kasvien lisäksi. Vakuumikuivain takaa myös tuotteiden korkean laadun. (Тула-Терм 2017.)

LÄHTEET

- Drink Consult Finland Oy 2021. Elintarviketeollisuus. Viitattu 10.6.2021. <https://www.drinkconsult.com/elintarviketeollisuus>
- Harter GmbH 2021. Dryers for food. Viitattu 10.6.2021. <https://harter-gmbh.de/en/dryer-for-food/>
- Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. 3. painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.
- Inkinen, P. & Tuohi, J. 2002. Insinööri-fysiikka Momentti 1. 7. painos. Helsinki: Otava 2002.
- Järvenpää, M. & Kivinen, K. 2020. Kylmäilmakuivausopas - Ajonkestävä monikäyttökuivuri. Viitattu 12.5.2021. https://www.tts.fi/files/3461/Kylmailmakuivausopas-Ajonkestava_monikayttokuivuri.pdf
- Koistinen, M. 2019. Tasokuivuri osittaisella ilman kierrätyksellä. Viitattu 10.6.2021. <https://www.koneviesti.fi/maatalous/artikkeli-1.428278>
- Lämpöpumpun toimintaperiaate. 2017. DIGMA Avoin oppimisympäristö. Viitattu 20.5.2021. <https://youtu.be/HnPLpPbggtA>
- Normit Food S.R.O. 2021. Dehydrating machine | Food dryer machine CFD. Viitattu 10.6.2021. <https://en.normit.sk/catalog/types-of-equipment/dryers/item/condensate-dryer>
- Normit Food S.R.O. 2021. Infrared dryer IDU. Viitattu 10.6.2021. <https://en.normit.sk/catalog/types-of-equipment/dryers/item/infrared-dryer-idu>
- Normit Food S.R.O. 2021. Multi layer belt dryer with cooler DR 5. Viitattu 10.6.2021. <https://en.normit.sk/catalog/types-of-equipment/dryers/item/multi-belt-dryer-and-cooler-dr-5>
- Normit Food S.R.O. 2021. Vacuum fryer, vacuum dryer VF plus. Viitattu 10.6.2021. <https://normit.com/product/vacuum-fryer-vacuum-dryer/?lang=en>
- Orakas Tuotteet Oy 2021. Hyötykasvikuivuri yrityksille. Viitattu 10.6.2021. <https://www.orakas.fi/hyotykasvikuivuri-teollisuuteen>
- Pyykkönen, M.; Havento, J.; Hovi, A.; Huhtala, A.; Karhunen, J.; Pääkkönen, K.; Sinisalo, R.; Sorsa, S. & Galambosi, B. 1998. Yrttikuivurin suunnittelu ja käyttö. Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimuslaitos. Viitattu 10.6.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014081532940>
- Pääkkönen, K. 2002. A combined infrared/heat pump drying technology applied to a rotary dryer. MTT Agrifood Research Finland The Scientific Agricultural Society of Finland. Viitattu 10.6.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201604069144>
- Ruokatieto Yhdistys Ry 1999. Kylmä infrapunakuivuri säilyttää yrttien ja vihannesten maut ja värit. Viitattu 18.5.2021. <https://www.ruokatieto.fi/uutiset/kylma-infrapunakuivuri-sailyttaa-yrttien-ja-vihannesten-maut-ja-varit>
- Sariola, J.; Tuunanen, L.; Paavola, J. & Ahokas, J. 1990. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. Vihti: Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos.
- Suhonen, S. 2021. Keskustelu. Tampereen ammattikorkeakoulun yliopettajan Sami Suhosen kanssa keskusteli 14.5.2021 Artturi Toivonen.
- Suomen Puhdasilma Oy 2021. Kondenssikuivaimet ja kuivurit. Viitattu 10.6.2021. <https://www.suomenpuhdasilma.fi/kondenssikuivaimet-ja-kuivurit/>

- Vacuum Dryer. 2020. Sruthi's Pharma World. Viitattu 26.5.2021. <https://youtu.be/WNq1mf5lyx4>
- Vacuum Tray Dryer Oven Operation (Animation). 2020. Mohannad Cobra. Viitattu 26.5.2021. <https://youtu.be/HqP45sIStpw>
- Väisänen, J. & Koistinen, M. 2019. Kasvikuivurin rakenne, mitoitus ja käyttö — erikoiskasvien sato talteen. Viitattu 7.5.2021. www.koneviesti.fi/maatalous/artikkeli-1.428277
- Тула-Терм 2017. Вакуумная сушка. Viitattu 26.5.2021. <https://tula-term.ru/informaciya/stati/vakuumnaya-sushka/>