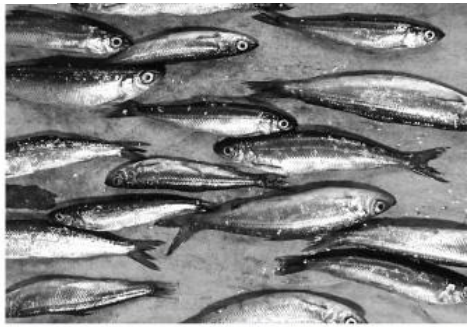
ELTUVA

Elintarviketurvallisuuden varmistaminen ja analytiikan kehittäminen



Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

RUOKA LAAKSO

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

ELTUVA-hankkeen oppeja

Kylmäkuivauksesta

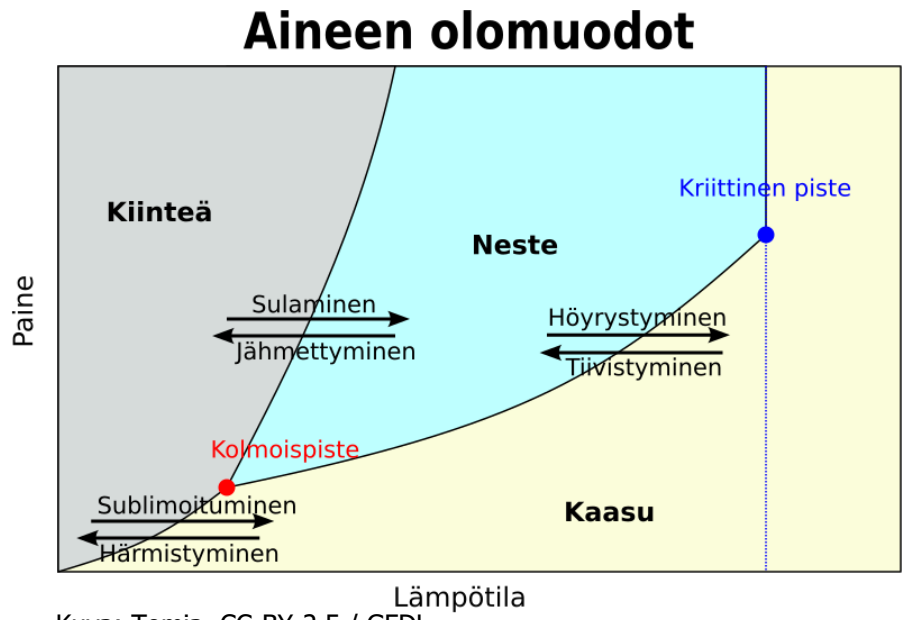
Jaana Kapustamäki & Kaisa Raninen

Euroopan unionin osarahoittama

Mitä on kylmäkuivaus?

= pakastekuivaus = lyofilisaatio = sublimaatiokuivaus

Vesi poistuu tuotteesta, kun jää sublimoituu vesihöyryksi.



Kuva: Tomia, CC-BY-2.5 / GFDL

PAKASTUSVAIHE:

- Pakastetaan tuote hallitusti, jotta kaikki vesi on jäässä.

SUBLIMAATIOVAIHE:

- Luodaan tyhjiö (paine lasketaan kolmoispisteen alapuolelle (< 611 Pa).
- Lisätään lämpöä hallitusti, jotta sublimaatio jatkuu, mutta lämpötila ei vaikuta tuotteen laatuun.

SEKUNDAARIKUIVAUS:

- Jäljelle jäänyt sidottu vesi (adsorboitunut vesi, kapillaarivesi, hydraatiovesi) poistetaan nostamalla lämpötilaa hallitusti edelleen tyhjiössä.

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto

Kylmäkuivauksen kehitys

Vuoristoseutujen alkuperäiskansat

tuhansia vuosia

Ensimmäiset kylmäkuivauslaitteet lääketieteen tutkimukseen

1900-luvun alkupuoli

Avaruustutkimus vauhditti elintarvikkeiden kylmäkuivauksen kehittämistä

1960-luku

Kotikuivurit ja tekoälyn hyödyntäminen

2010-luku

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

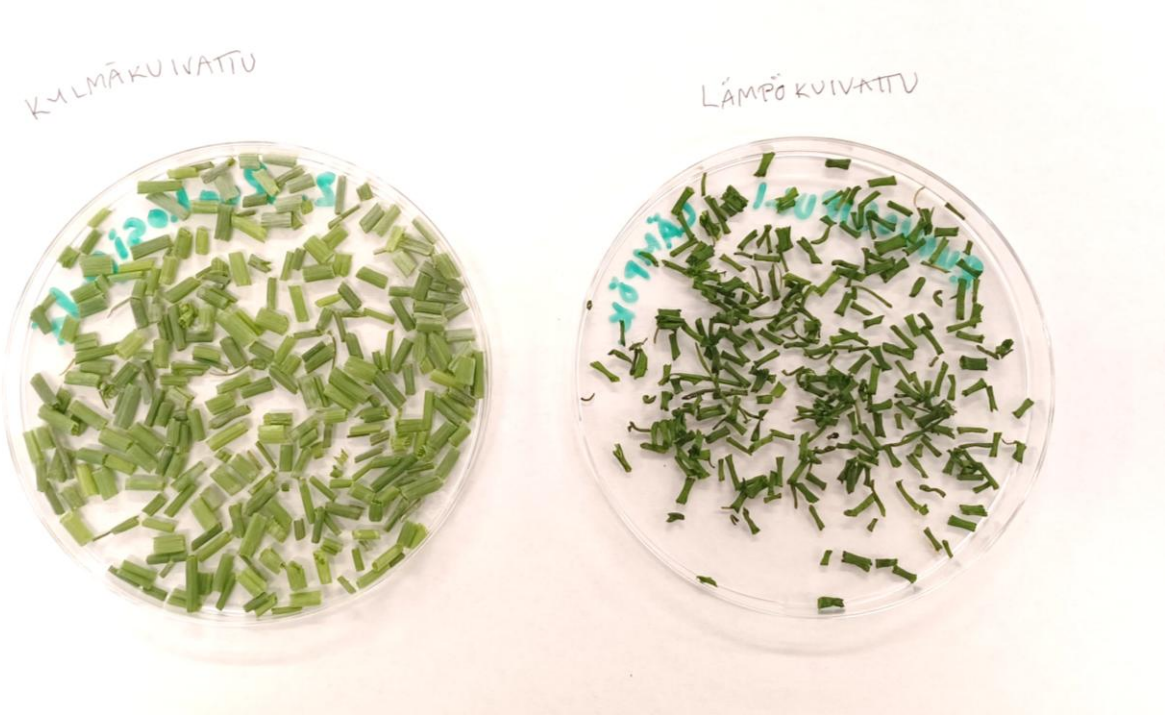
RUOKA LAAKSO

ELTUVA
Elintarviketurvallisuuden varmistaminen ja analytiikan kehittäminen

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto
SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ
UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Miksi kylmäkuivata?

- Säilyyvyden pidentäminen
  - Mikrobit tarvitsevat vettä!
- Ei vaadi kylmäsäilytystä
- Tuotteet kevyitä (n. 10 % tuoreesta tuotteesta)
- Säilyttää raaka-aineen alkuperäiset ominaisuudet lämpökuivausta paremmin:
  - Muoto, maku ja väri
    - maku voimistuu veden poistuessa
  - Vitamiinit, ravinto-aineet ja bioaktiiviset ainesosat
  - Esikäsittely ja prosessointiolosuhteet vaikuttavat!



Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto

Kylmäkuivausprosessi on suunniteltava hyvin

Prosessi herkkä ja siihen vaikuttavat mm.

- tuotteen ominaisuudet
- tuotteiden määrä
- onnistunut pakastuminen ja kuljetus
- tuotteiden asettelu tarjottimille
- esikäsittelyt
- jälkikäsittelyt

Millainen tuote halutaan?

Jauhe/ viipale/ kokonainen?

Käyttötapa?

Pakkaus?

Esitestausta ja tuotekehitetystä suositellaan!

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

Mitä kylmäkuivataan?

Lääketiede, bioteknologia, kosmetiikka

- Solut, kudosnäytteet
- Lääkkeet, rokotteet
- Entsyymit, proteiinit
- Mikrobit
- Ravintolisät

Elintarviketeollisuus

- Uutteet
- Aromiaineet
- Pikakahvi
- Marjat, hedelmät, vihannekset, yrtit
- Kypsennetty liha, kala
- Valmisruuat: retkiruoat, jälkiruoat
- Herkut mm. karkit ja jäätelö
- Eläinten ruoat

Euroopan unionin osarahoittama

Marjaherkut

Kuvat: Jaana Kapustamäki

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Jauheet, smoothiet, bowlit, lastenruoka

Kuvat amazon.de

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Jäätelö, makeiset, kuorrutetut marjat

Kuvat amazon.de

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Retkiateriat, kotivara- ja välipalatuotteet

Kuvat: Jaana Kapustamäki

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Trendejä- Anuga Taste Innovation show

Kefiirin makuinen jäätelö pakastekuivatuilla marjoilla

Pakastekuivattu vaniljaproteiinijäätelö

Proteiinipitoinen munanvalkuaisesta tehty sipsi, eri makuja

Kuvat: Tomi Helin

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

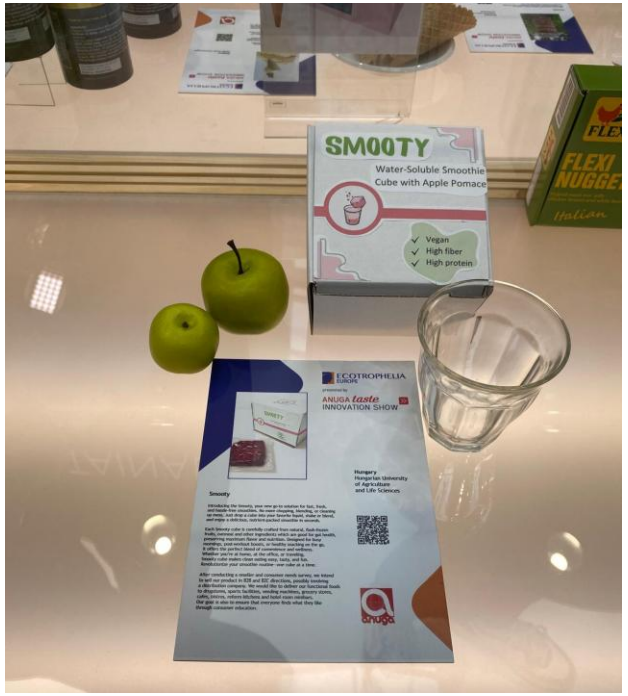
SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Trendejä- Anuga Taste Innovation Show

Pakastekuivattu karhunvadelma-mustikkajäätelö

Pakastekuivatut pensasmustikat



Smoothiekuutio-
hedelmät, marjat, kaura

Kuvat: Tomi Helin

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Mitä ei kannata pakastekuivata? Miksi ei?

Rasvaiset tuotteet (voi, suklaa, pähkinävoi)	Ei vettä → ei kuivu
Sokeriset tuotteet (hillot, siirapit)	Ei jäädy kunnolla, vaahtoavat herkästi, kostuvat herkästi kuivauksen jälkeen
Nesteet (ilman kantaja-ainetta)	Huono rakenne, pölymäinen
Rasvaiset lihat/kalat	Epätasainen kuivuminen, rasvan hapettuminen säilytyksen aikana
Täytekakut, rahka- ja kermajälkiruoat	Kosteus ja rasva estävät kuivumisen
Aromiherkät yrtit tai alkoholit	Aromit haihtuvat

Euroopan unionin osarahoittama

Pakastekuivausprosessin vaiheet

1. Esikäsittelyt ja pakastus
2. Sublimaatio
3. Jälkikuivaus
4. Jälkikäsittelyt

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto

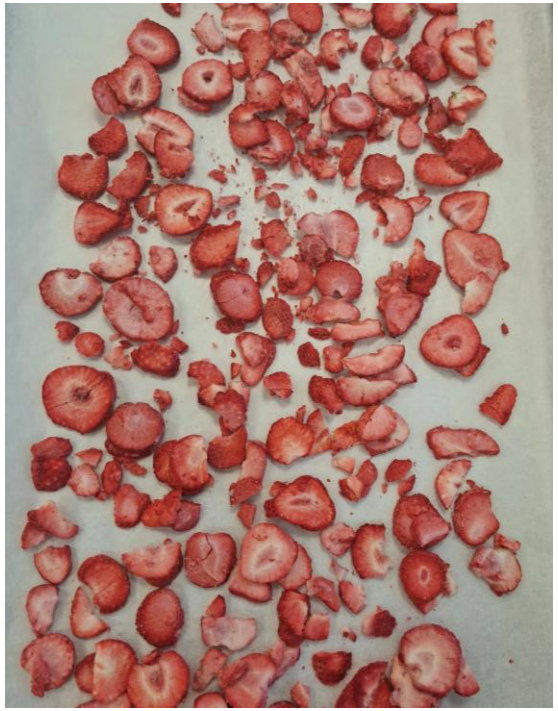
Esikäsittely

Ratkaisee usein, onnistuuko pakastekuivaus laadukkaasti vai ei.

Esikäsittely	Soveltuu	Hyödyt
Nopea pakastus IQF (≤ –30 °C)	kaikki	Hyvä rakenne, pienet jääkiteet
Rakenteen muokkaus (pilkkominen, soseutus, rei'itys)	marjat, hedelmät, kasvikset	Nopeuttaa kuivumista, lopputuote tavoite
Blanchaus / ryöppäys	vihannekset, juurekset	Entsyymitoiminnan pysäytys, parempi rakenne
Happokäsittely	hedelmät, marjat	Värin säilyminen, nopeampi kuivuminen
Sokeri-/suolaliotus	hedelmät, kalat	Veden poisto, maku, säilyvyys
Rasvan poisto	rasvaiset tuotteet	Tasaisempi kuivuminen, säilyvyys
Pintahuuhtelu/kuivaus	kastike- ja sokerituotteet	Estää kuorikerroksen muodostumisen
Kantaja-aine	nestemäiset tuotteet	Estää tahmeuden, parantaa jauhautumista
Esikuivaus, konsentrointi	kosteat tuotteet	Nopeuttaa kuivumista

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto

Marjojen esikäsittelyjä



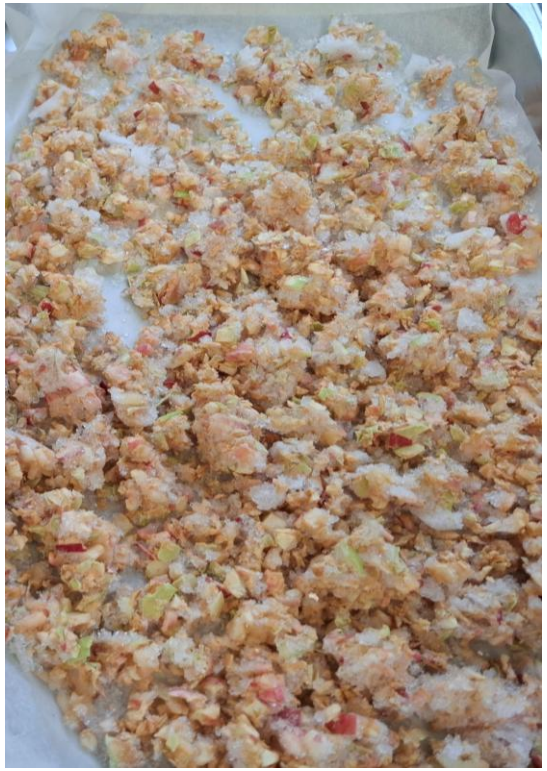
Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

Esikäsiteltyjä tuotteita kuivattuna

Euroopan unionin osarahoittama

Epäonnistuneita kuivauksia



Euroopan unionin osarahoittama

Epäonnistuneita kuivauksia

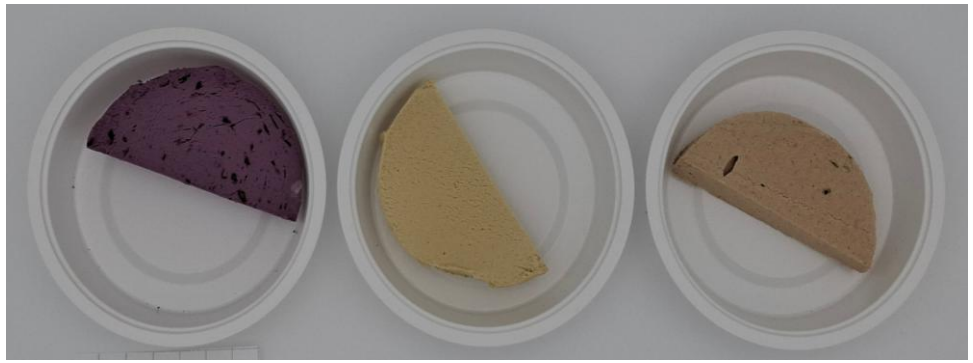
Euroopan unionin osarahoittama

Esikäsittely- mustikoiden ryöppäys

Kuori pysyy ehjänä, mutta sen pinta muuttuu hieman pehmeämmäksi ja vähemmän vahamaiseksi -> kuivuu nopeammin, ei hajoa kuivauksen aikana niin paljon.

Euroopan unionin osarahoittama

Hankkeen aikana pakastekuivattuja tuotteita



Euroopan unionin osarahoittama

Hankkeen aikana pakastekuivattuja tuotteita

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Pakastus

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

Omenan esikäsittelyjä ennen pakastusta

Sitruunahappokäsitelty

Ilman käsittelyä

Sokeriliuos

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

Omenat kuivauksen jälkeen

Sitruunahappo

Sokeriliemi

Ilman käsittelyä

Sublimaatio: 25h 40 C
Jälkikuivaus: 6h 40C

- Sitruunahappokäsitelty 3,75 %
- Sokeriliemi 6,1 %
- Ilman käsittelyä 5,1%

↓

Väri, kosteusprosentti, maku

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

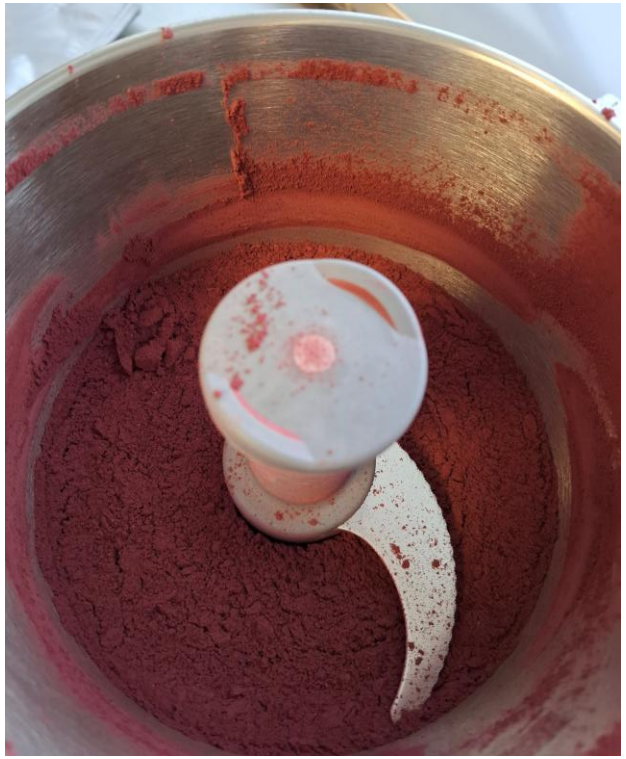
Jälkikäsittely

Vaikuttaa lopputuotteen säilyvyyteen, rakenteeseen, makuun ja käyttökelpoisuuteen.

Jälkikäsittely	Tarkoitus	Soveltuvat tuotteet
Kosteusmittaus, aw-mittaus	Laadunvalvonta	Teollinen tuotanto
Jäähdytys ja tasapainotus	Estää kondensoitumisen	Kaikki
Maustaminen / glaseeraus	Maku, suoja	Välipalatuotteet
Pinnoitus / kapselointi	Hapettumissuoja	Jauheet, yrtit, kalatuotteet
Jauhaminen / seulonta	Rakeisuus, käsiteltävyys	Jauheet, marjat
Suojakaasupakkaus	Säilyvyys, aromisuoja	Kaikki
Laadunvarmistus	Prosessin toisto	Kaikki
Pakkaus ja etiketöinti	Käyttövalmis tuote	Kaikki

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto
SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ
UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Jälkikäsittely jauhaminen



Euroopan unionin osarahoittama

Pakastekuivattujen tuotteiden pakkaaminen

Pakastekuivattujen (kylmäkuivattujen) tuotteiden pakkaus on **yksi tärkeimmistä vaiheista**, koska ne ovat erittäin **herkkiä kosteudelle, hapelle ja valolle**.

Oikea pakkaus varmistaa pitkän säilyvyyden ja säilyttää tuotteen maun, rakenteen ja ravintoarvot.

Materiaali	Ominaisuudet	Soveltuvuus
Laminaattipussi (esim. PET/Alu/PE)	Erinomainen kosteuden ja hapen suoja. Kevyt.	Paras valinta useimmille elintarvikkeille.
Metallipurkki (tinapurkki)	Täydellinen suoja, pitkä säilyvyys.	Kallis, käytetään erikoistuotteissa.
Lasipurkki (tiivis kansi + tiivisterengas)	Hyvä happi- ja kosteussuoja, mutta herkkä valolle.	Soveltuu kotikäyttöön tai näyttävään esillepanoon.
Muovipussi (PE, PP) ja erilaiset muoviyhdistelmät	Heikko kaasusuoja – vain lyhytaikaiseen säilytykseen.	Ei suositella pitkään varastointiin. Suositeltava paksuus 250 mikronia tai enemmän.

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

Pakkauksia

Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

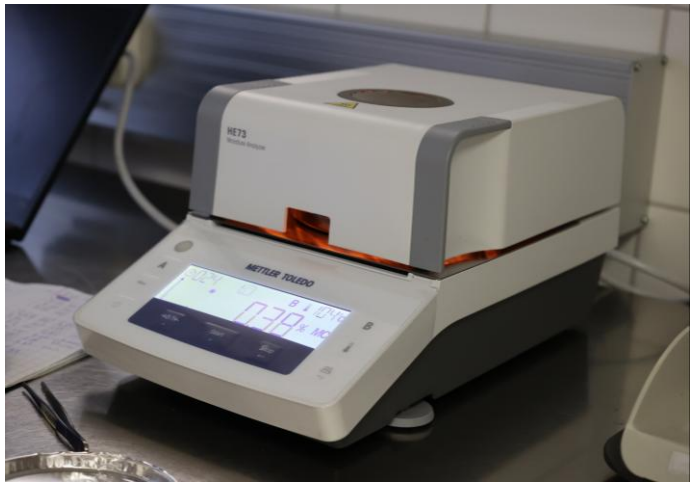
UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

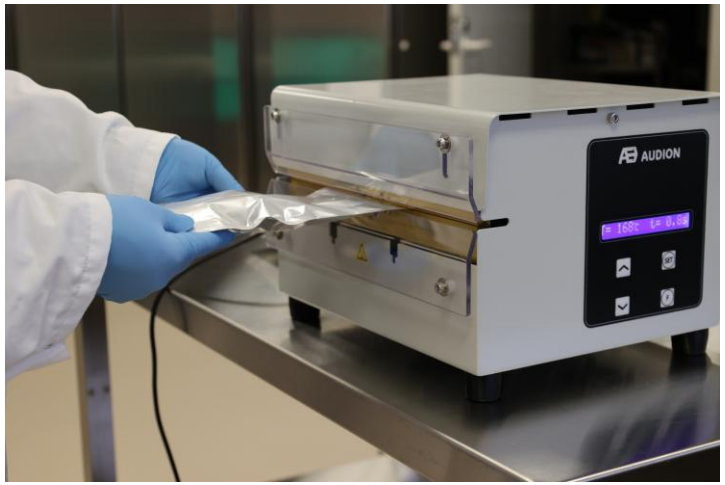
Pakkausolosuhteet

- Vältettävä tuotteen altistumista huoneilmalle, koska ilman kosteus voi hetkessä imeytyä tuotteeseen.
- Jos mahdollista, pakkaaminen tulisi tehdä lämpö- ja kosteuskontrolloiduissa olosuhteissa.
- Kuivatut tuotteet ovat herkästi hajoavia, sähköisiä ja pölyäviä!

Ominaisuus	Tyypillinen teollinen vaatimus	Selitys
Ilmankosteus (RH)	**15–30 %**	Kylmäkuivatut tuotteet imevät kosteutta jo RH > 35 % tasolla. Kuiva ilma on kriittinen.
Lämpötila	**15–22 °C**	Viileä vähentää kosteuden tiivistymisriskiä ja hapettumista.
Ilmankierto ja suodatus	HEPA-suodatettu, ylipaineinen tila	Estää pölyn ja mikro-organismien pääsyn.
Hygieniataso	“Clean room” -tyyppinen tila	Puhdas, helposti pestävä, ruostumattomat pinnat.

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto
SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ
UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND





Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Kylmäkuivauksesta opittua:

- Esikäsittelyt vaikuttavat lopputulokseen ja kuivausaikaan esim. happo-, emäs- tai osmoosikäsittely
- Tuotteiden tulee olla suorassa kosketuksissa kuivausalustaan: mitä paremmin lämpöä johtava alusta - sitä tehokkaampi kuivaus
- Helposti haihtuvat yhdisteet (esim. eteeriset öljyt) saattavat haihtua myös kuivausprosessissa ja vaikuttaa aromiin
- Tuotteita voi pakastaa ja kuivata myös muoteissa
- Säilytys viileässä ja kuivassa (alle +25 °C, ei auringonvalossa, ei jääkaapissa). Pitkäaikainen varastointi 15 °C tai viileämpi tila, RH < 50 %.
- Kuivurin hyllyjen lämpötila ja kuivaustulos voivat vaihdella hyllykohtaisesti

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto

Kylmäkuivauksesta opittua:

- Tuotteiden tulee olla mahdollisimman tasalaatuisia ja -kokoisia
- Kuivausmäärät kannattaa optimoida ja vakioida laadun varmistamiseksi
- Tuotteet mielellään irtopakastettuja
- Valmiiksi esikäsitellyt tuotteet (lastut, kuutiot, rouheet) ovat herkkiä lämpötilamuutoksille esim. kuljetuksessa
- Kuivattujen tuotteiden lämpötilan tulee tasaantua ennen pakkaamista, estää kosteuden kondensoitumista
- Pakkauksessa tulee olla riittävät barrier-ominaisuudet kosteuden estämiseksi
- Kannattaa käyttää kosteuden- ja hapenpoistopusseja pakkauksissa, parantaa tuotteiden säilyvyyttä.

Euroopan unionin osarahoittama
Pohjois-Savon liitto

Kylmäkuivauksesta opittua:

- Marjojen kosteusprosentin saaminen riittävän alas on yllättävän haastavaa!
- Marjoilla tuotteiden maku ja väri säilyy parhaana alhaisissa kuivauslämpötiloissa
- Raaka mansikka soveltui maultaan ja rakenteeltaan yllättävän hyvin kylmäkuivattavaksi!
- Paksukuoristen marjojen kuoren ohentaminen tai rikkominen estää tuotteiden halkeamista kuivurissa
- Tyrnien kuivaaminen kokonaisena on haastavaa
- Tuotteiden solurakenne kannattaa rikkoa, jos haluaa energiatehokkaamman kuivauksen (jauheet)
- Kuutio kuivuu usein nopeammin kuin lastu (koko ja haihdutuspinta-ala ratkaisevat!)
- Vaahtomaiset (ilmaa sisältävät) tuotteet kuivuvat kaikkein nopeimmin
- Tuotteiden esipakastuslaatu vaikuttaa merkittävästi lopputulokseen

Euroopan unionin osarahoittama

Kylmäkuivaustoimijoita Suomessa

FrostDry Oy
Liito-oravantie 2, 52510 Hirvensalmi, Finland
Hannu Tamminen, +358 40 547 6362
https://FrostDry.com

Nordic Freeze Dry Oy
Teollisuustie 17 82430 Puhos
info@nordicfreezedry.fi
Taina Arvekari, +358 50 3300 145
Kaisa Lehtipuro+358 50 3719 592
Nikolas Jokisalo, +358 50 5387 805

https://nordicfreezedry.fi/

Lyogix Oy
Kaartintorpantie 1 A 4 00330 Helsinki
Mia Helanto, +358 94584066
info@lyogix.com
www.lyogix.com

Euroopan unionin osarahoittama