ANNELY SOOTSI Koolitus TERVISEKOOL

Toitumisnõustaja õpe

Evelin Viršila

KÜLMKUIVATAMISE PROTSESS NING SELLE MÕJU TOIDUAINETELE

Diplomitöö

Kursus: Tallinn18

Tallinn 2017

SISUKORD

SISSEJUHATUS **3**

1. Külmkuivatamise ajalugu ja protsess **4**

1.1 Külmkuivatamise mõiste ja ajalugu **4**
1.2 Külmkuivatamise protsess **5**
1.3 Külmkuivatamise protsessi mõju toiduainetele **7**

2. Külmkuivatatud toiduainete toiteväärtus ja eelised **9**

2.1 Külmkuivatatud toiduainete toiteväärtus **9**
2.2 Külmkuivatatud toiduained tervise seisukohast **11**

3. Külmkuivatatud toiduainete kasutusala Eestis ja mujal maailmas **14**

3.1 Külmkuivatatud toiduainete kasutusalad maailmas **14**
3.2 Külmkuivatatud toiduainete kasutusalad Eestis **15**

KOKKUVÕTE **17**

VIIDATUD ALLIKAD **19**

LISAD **23**

Lisa 1. Toote temperatuuri profiil külmkuivatamise protsessis **23**
Lisa 2. Külmkuivati Freezedry OÜ-s, Lääne-Virumaal **24**

SISSEJUHATUS

Külmkuivatamine on üks toidu dehüdreerimise viise, mis Eestis pole väga laialt levinud ehkki mõningaid tooteid meie toidupoe riiulitel siiski leidub, näiteks külmkuivatatud marjajahud ja marjad. Kuna antud diplomitöö autor teeb koostööd ettevõttega, kelle eesmärgiks on turule tulla uute külmkuivatatud toodetega, tekkis vajadus ja huvi end teemaga rohkem kurssi viia.

Töö autori eesmärgiks oli läbi teadusartiklite rohkem teada saada külmkuivatamise protsessist ning külmkuivatamise läbinud tooraine kvaliteedist ja toiteväärtusest. Kas külmkuivatamine on parim dehüdreerimise viis? Kui kõrge on toote kvaliteet ning kui pikk on säilimise aeg? Kui palju ja milliseid külmkuivatatud tooteid leidub Eesti turul ning kus neid toodetakse? Nendele ja paljudele teistele küsimustele püüab antud töö vastuse anda.

Käesolev lõputöö on koostatud peamiselt inglisekeelsetele teadusartiklitele tuginedes, mis on avaldatud ajavahemikul 1991-2016. Lõputöö koosneb kolmest osas, kusjuures töö on struktureeritud selliselt, et esimeses osas on kirjeldatud külmkuivatamise ajalugu ja protsessi. Teises osas on väljatoodud külmkuivatatud toodete toiteväärtus ning eelised mõnel muul meetodil säilitatud toiduainete ja ka originaaltoodete ees. Töö kolmas osa räägib aga külmkuivatatud toiduainete kasutusalast Eestis ja mujal maailmas.

1. Külmkuivatamise ajalugu ja protsess

Puu- ja köögiviljad, mis on head vitamiinide, mineraalide, füto- ja kiudainete allikad, peaksid moodustama poole meie päevasest menüüst, kuid linnastumine ja kiire elutempo tõttu söövad inimesed neid üha vähem. Toiduainetetööstus on mõelnud tarbijate jaoks välja mugava alternatiivi, pakkudes kuivatatud puu- ja köögivilju. Nende madal kvaliteet ja toiteväärtus ning ebasobivus sooja toidu valmistamiseks, on aga teadlasi pannud otsima paremat dehüdreerimise viisi. Üks võimalikest variantidest on külmkuivatamine. Milline on külmkuivatamise ajalugu, protsess ja protsessi mõju toiduainetele, annab ülevaate käesolev peatükk.

1.1 Külmkuivatamise mõiste ja ajalugu

Külmkuivatamine ehk sublimatsioonkuivatamine, mille käigus toiduaine kiir-külmutatakse, seejärel eemaldatakse vaakumis aeglaselt soojendades külmumisel tekkinud jääkristallid. Selliselt töödeldud toiduained säilitavad kõik peamised omadused – värvuse, kuju, suuruse, maitse, tekstuuri ja toitained. *(Freezedry OÜ külmkuivatustehas ..., 2015)*

Külmkuivatamine on üks parimaid ja uudseimaid toidu säilitamise meetodeid. Lõuna-Ameerikas, Andides elavad indiaanlased avastasid kaks sajandit tagasi, et kui jäätunud toitu viia kõrgemale mägedesse, kus on madalam õhurõhk, siis hakkavad jääkristallid ära auruma ehk sublimeeruma *(Freezedry OÜ tehnoloogia)* See avastus aitas 1906. aastal leiutada Arsene d'Arsonval ja tema assistendi Frédéric Bordas poolt biofüüsika laboris Pariisis külmkuivatamise protsessi. *(Freeze-drying)* 1911.a avastasid Downey Harris ja Shackle, kuidas külmkuivatamise meetodil saab säilitada elavaid viiruseid, mis viis esimese vaktsiini loomiseni. *(Harris, Shackell, 1911)*

Kaasaegne külmkuivatamine arenes II maailmasõja ajal, kui USA soovis Euroopasse saata

vereseerumit haavatute tarbeks, kuid see riknes tee peal. Selleks, et vereseerumit hoida keemiliselt stabiilse ning elujõulisena ilma vajaduseta seda külmas hoida, kasutati külmkuivatamise meetodit. Varsti pärast seda hakati külmkuivatamist säilitamise eesmärgil kasutama penitsiliini ja luude puhul ning üldse bioloogias. Sellest ajast alates laienes selle säilitusmeetodi kasutamine ka teistele toodetele: toiduainetele, farmaatsiatoodetele, vee poolt kahjustatud dokumentide taastamisele, kunstnaha tootmisele, ajalooliste laevakerede taastamisele jms. *(Freeze-drying)*

1938. aastal toodeti näiteks esimene külmkuivatatud kohv ehk lahustuv kohv. NASA leiutas aga pika kestusega Apollo missiooniks külmkuivatamisemeetodid teiste toiduainete säilitamiseks, näiteks nagu jäätis. *(Singelton, 2015)*

Täna kasutatakse külmkuivatamist väga paljudes valdkondades, alustades toidust ja komplekssetest biotehnoloogia- ja farmaatsiatoodetest kuni bakterite ja seenteni *(Tsinontides, Rajniak jt, 2004)* Lisaks toiduainetele (kohv, tee, puuviljad, köögiviljad, maitsetaimed) on külmkuivatamine sobilik ka lillede, mikroorganismide, kosmeetika (eriti kemikaalide ja pigmentide), ensüümide säilitamiseks *(Liu, Zhao, Feng, 2008).*

1.2 Külmkuivatamise protsess

Külmkuivatamisel on kolm etappi: külmutamine, esmane kuivatamine ehk sublimatsioon ja sekundaarne kuivatamine ehk desorptsioon *(Handbook of food process design, 2012; Ratti, 2013).*

Esimese etapi ehk **külmutamise** käigus alandatakse temperatuuri olenevalt tootest -40 kuni -80°C-ni (lisa 1, segment B). Külmutamise etapi ajaline kestus on umbes 12 tundi. Selles etapis on oluline, et toode jahtuks allpool kolmikpunkti, s.o. madalaim temperatuur, mille juures materjal tahkes ja vedelas olekus võib eksisteerida. See tagab järgmises etapis sulamise asemel sublimatsiooni. Selles etapis on oluline järsk temperatuuri langus, sest see väldib suurte jääkristallide teket ning tagab seeläbi toiduaine kvaliteedi. (*Ratti, 2013)*

Teise etapi ehk **esmase kuivatamise** ehk **sublimatsiooni** käigus alandatakse rõhku ja tõstetakse temperatuuri (lisa 1, segment D). Esmase kuivatamise etapis jääkristallid aurustuvad ning ca 95% veest sublimeerub. See etapp on väga aeglane (umbes 2 ööpäeva),

sest kui temperatuur tõuseb liiga kiiresti, võidakse toote struktuur rikkuda. Vaakum on selles etapis vajalik sellepärast, et see kiirendab sublimatsiooni. (*Ratti, 2013)*

Kolmanda etapi ehk **teisese kuivatamise** ehk **desorptsiooni** käigus tõstetakse temperatuuri kõrgemale kui see oli teises etapis, ulatudes kuni +40°C-ni (lisa 1, segment E). Ka teisese kuivatamise etapp on suhteliselt pikk, umbes 1,5 ööpäeva. Selle etapi lõpuks vaakum tavaliselt katkestatakse inertse gaasiga, näiteks nagu lämmastik. Külmkuivatamise protsessi lõpuks on vee sisaldus tootes väga madal, ligikaudu 1% kuni 4%. (*Ratti, 2013)*

Osad allikad toovad enne esimest etappi välja veel ühe etapi – see on eeltöötlus. Eeltöötlemine on vajalik selleks, et kiirendada kuivamise protsessi ning parandada toote lõppkvaliteeti. Kõige levinumad eeltöötluse vormid on kontsentreerimine (vähendamaks vee hulka, et sublimeerida) ja lihvimine (vähendamaks osakeste suurust). On leitud lineaarne seos tooraine paksuse ja külmkuivatamise aja vahel. *(Handbook of…, 2012)* Samuti on leitud, et kui maasikate külmkuivatamise viimases etapis tõsta temperatuuri üle 50°C, siis vajuvad marjad kokku. Ka erineval viisil eeltöödedud maasikate külmkuivatamine näitas tooraine mahu vähenemist: tervetel maasikatel 8%, viilutatud maasikatel 2%. *(Shishehgarha, Makhlouf, Ratti, 2002)* Seega võib öelda, et külmkuivatamise protsess on kiirem ja tulemus parem, kui tükid on väikesed.

Eelnevast võib järeldada, et külmkuivatamine on pikk ja kallis protsess. Selle teevad kalliks kõrged tegevus- ja hoolduskulud. Pikk kuivatamise aeg pideva vaakumi all tõstab märgatavalt energiatarbimise kulusid. *(Handbook of ..., 2012*) Õhk-kuivatamisest on külmkuivatamine neli kuni kaheksa korda kallim *(Ratti, 2001)* Teistest dehüdreerimise meetoditest on külmkuivatamine 75% võrra kallim *(Shishehgarha, Makhlouf, Ratti, 2002)* Samas on aga külmkuivatatud toiduainete säilitamiskulud madalad (näitkes külmutatud toiduainetega võrreldes, mida tuleb sügavkülmas säilitada) ning toote kvaliteet kõrgem (toiteväärtus ning lõhna- ja maitseomadused säilivad). *(Handbook of ..., 2012)* Teadusartiklitest kajastub, et on otsitud viise, kuidas külmkuivatusmeetodid viia lihtsamaks ja odavamaks, kuid seni pole millegi erakordse peale tuldud.

1.3 Külmkuivatamise protsessi mõju toiduainetele

Tänu sellele, et külmkuivatamise käigus eemaldatakse praktiliselt kogu vesi, on võimalik tooteid säilitada väga pikka aega. Toote säilimine oleneb tema pakendamise viisist, kui õhukindel see on. Suuremate kogemustega välismaised tootjad annavad külmkuivatatud toodetele täiesti niiskuskindlas keskkonnas säilivusajaks isegi kuni 25 aastat. Praktiliselt olematu niiskustase tootes (1-4%) pärsib mikroorganismide ja ensüümide tegevust, mis tavaolukorras rikuvad või lagundavad ainet. *(Freeze-drying; Freezedry OÜ külmkuivatustehas..., 2015)*

Toote säilivusaeg sõltub hoiustamise tingimustest. Ühtlase temperatuuriga (soovitavalt jahedama-poolses), pimedas ja kuivas kohas hoiustamine tagab toote pika eluea. *(Lachner, 2015).* 45 päeva jooksul apelsinikoori, maguskartuleid ja porgandeid erinevates hoiustamistingimustes (25°C juures valges, 25°C juures pimedas, 4°C juures ja 40°C juures) jälginud autorid tegid 2003. aastal järelduse, et pigmendikao poolest olid külmkuivatatud toiduained stabiilsemad kui värsked ning kõige väiksem oli pigmendikadu 4°C juures. See, kas külmkuivatatud toiduained olid hoiustatud pimedas või valges, ei mänginud pigmendikao osas rolli (pigmendikadu oli ikka sama suur). *(Cinar, 2004)* Ka 2004. aastal puuviljade (guajaav, mango, õun, pirn, papaia, melon) peal läbiviidud uuring kinnitas seda, et külmkuivatamise käigus puuvilja värv suurt ei muutu. Lisaks leiti, et külmkuivatamise käigus on tooraine kahanemine võrreldes soojuspumpkuivatamise (energiasäästlik meetod, kus eraldiseisvalt saab reguleerida nii õhu liikumise kiirust, temperatuuri kui ka suhtelist niiskust ning kuivatatada saab väga madalatel temperatuuridel) ja mikrolainekuivatamise (kuivatamisel kasutatakse kiiritatud energiat, energiasäästlik meetod) meetoditega minimaalne. Samas on aga kuivatamise protsess pikim ja seetõttu ka kulud kõige suuremad. *(Uddin, Hawlader, Hui, 2004)*

Wikipedia ja mõningate teiste veebilehtede andmetel säilitavad külmkuivatatud tooted oma toiteväärtuse umbes 97-98% ulatuses, omades vaid 20% oma originaalkaalust. Samas muul viisil dehüdreeritud toiduained säilitavad vaid 60% oma esialgsest toiteväärtusest. *(Freeze-drying; Singelton, 2015)* Antud töö autor üritas nende andmete õigsust kontrollida ka teadusartiklitest, kuid selliseid protsentuaalseid numbreid kusagil avaldatud pole. Paljud

autorid viitavad antioksüdantide aktiivsuse vähenemisele, mille kohta võib lugeda täpsemalt alapeatükis 2.1, kuid numbrid varieeruvad, kuna mängus on mitmed muutujad.

2011. aastal avaldatud uuringus selgus, et mustikate toiteväärtus sõltub külmkuivatamise viisist (atmosfääri- vs vaakum-külmkuivatamine) ja ka sellest, kas kasutatakse infrapunakiirgust või mitte. Selleks, et külmkuivatatud mustikad säiltaksid maksimaalsel määral askorbiinhapet ja polüfenoole, soovitavad uuringu läbiviijad kasutada infrapunakiirgust, suhteliselt väikeseid tükikesi ja vaakum-külmkuivatamist. Antioksüdantide aktiivsust külmkuivatamine selle uuringu kohaselt ei mõjutanud. *(Reyes, Evseev jt, 2011)*

Paljud autorid on uurinud, kuidas külmkuivatamine mõjutab maasikaid. Pääkonen ja Mattila leidsid 1991. aastal, et külmkuivatatud maasikate struktuur, värvus ja aroom jäid üldiselt samaks, kuid madalam temperatuur (alla 40°C) parandas sensoorseid omadusi *(Pääkonen, Mattila, 1991)*. Hammami ja Rene leidsid oma 1997. aastal läbiviidud uuringus, et maasikad säilitasid oma värvuse madalal temperatuuril külmkuivatades, kuid maasikate kahanemise osas ei mänginud temperatuur mingit rolli *(Hammami, Rene, 1997)*. Samas on leitud, et kui maasikate külmkuivatamise viimases etapis tõsta temperatuuri üle 50°C, siis vajuvad marjad kokku *(Shishehgarha, Makhlouf, Ratti, 2002).*

Eelnevat kokku võttes võib öelda, et temperatuur mängib suurt rolli nii külmkuivatamise viimases etapis kui ka hiljem hoiustamisel. Kuna uuringuid on läbi viidud katse-eksitus meetoditel, siis tuleb enne suurema partii tootmist katsetada, kui kõrge on antud tooraine puhul lubatud maksimumkuumus. Tooteriiuli eluiga mõjutab samuti temperatuur, seega oleks mõistlik tooteid laos hoiustada pigem madalamal temperatuuril.

2. Külmkuivatatud toiduainete toiteväärtus ja eelised

Teades, et toiduainete töötlemine avaldab selle kvaliteedile ja toiteväärtusele mõju, tekib sama küsimus külmkuivatamise kohta. Järgmine peatükk kirjeldab, milline on külmkuivatatud toiduainete toiteväärtus ning kuidas on külmkuivatatud toiduained kasutatud toitumisteraapias.

2.1 Külmkuivatatud toiduainete toiteväärtus

Viimaste aastakümnete jooksul on läbi viidud mitmeid puuviljade või marjade külmkuivatamisega seotud uuringuid. Neist paljud viitavad sellele, et antioksüdantide seisukohalt on külmutamine parem kui külmkuivatamine. Antioksüdandid on taimepigmendid (karotenoidid, flavonoidid, klorofüll) ning A-, C- ja E-vitamiinid, samuti seleen, tsink, mangaan jt, mis võitlevad vabade radikaalide vastu, kaitstes raku terviklikkust, aeglustades vananemist ning võideldes vähi ja teiste degeneratiivsete haiguste vastu.

Näiteks 2000. aastal läbi viidud uuringus leiti, et külmutamine ei põhjustanud nii suurt β-karoteeni ja luteiini kadu (karotenoidid) kui külmkuivatamine. Sojaubade seemnete erinev töötlemine näitas, et blanšeerimine (ehk kuumehmatamine), keetmine, külmutamine ja külmkuivatamine mõjuvad isoflavonoididele ja karatenoididele eerinevalt. Blanšeerimine ja keetmine põhjustas suuri kaotusi isoflavonoidide osas. Luteiini ja β-karoteeni kadu töötlemise käigus oli vastav: külmutatud 8%, 27%, keedetud 38%, 38% ja külmkuivatatud eksemplaril 66%, 73%. Samas maitse ja välimuse säilimise osas ei saa ükski teine meetod külmkuivatamise vastu. *(Simonne, Smith jt, 2000)*. Külmutamine oli külmkuivatamisest parem meetod ka askorbiinhappe säilimise seisukohalt rabamurakates, maasikates ja maisis *(Asami, Hong jt, 2003).*

Seevastu Ameerika Vähiuuringute Instituut raporteerib, et antioksüdantide tase peale värske puuvilja külmkuivatamist jääb praktiliselt samaks ja need antioksüdandid jõuavad reaalselt ka vereringesse *(Freeze-dried fruits ..., 2015).* Erinevad uuringud näitavad, et vähene antioksüdantide kadu külmkuivatamise käigus siiski eksisteerib, kuid teiste dehüdreerimise meetoditega võrreldes on asi parem. Näiteks on 2010. aastal uuritud külmkuivatatud maasikate antioksüdantide taset võrreldes värsketega ning leitud, et antioksüdantide aktiivsus oli värksetel maasikatel (40.48, 46.67) oluliselt kõrgem, kui külmkuivatatud (29.58, 30.58), külmutatud (24.62, 26.59) või moosil (1.48, 1.64) *(Marques, Renfroe jt, 2010).* Kui viimati nimetatud uuringus oli antioksüdantide aktiivsus külmkuivatamise käigus vähenenud ca 27%, siis 2016.a läbiviidud uuringus, kus analüüsiti mustsõstrapulbrit, leiti, et antioksüdantide aktiivsus vähenes külmkuivatamise (-60°C) käigus lausa 60% *(Michalska, Wojdylo jt, 2016).* 2011. aastal on uuritud aga erinevaid eksootilisi puuvilju ja leitud, et antioksüdantide aktiivsus erines puuviljati: antioksüdantide aktiivsus oli võrreldes värske puuviljaga külmkuivatatud (-20°C) tähtviljal alanenud 81% ja mangol 25%, samas papaial oli see tõusnud 45%, arbuusil 42% ja melonil 36% *(Shofian, Hamid jt, 2011).* Nii erinevad uuringutulemused on seotud sellega, et külmkuivatamisel mängib suurt rolli temperatuur ning tooraine eeltöötlus (tükkide suurus, vedeliku puhul kihi paksus) ja tõenäoliselt ka tooraine ise.

Teistest dehürdeerimise meetoditest on külmkuivatamine aga kindlasti parim viis säilitamaks toiduaine maksimaalne toiteväärtus. 2003. aastal kahes läbiviidud uuringus näiteks leiti, et külmkuivatamine on parem, kui õhk-kuivatamine või trummelkuivatamine, kuna see säilitab bioaktiivsed ühendid *(Asami Hong jt, 2003; Hsu, Weng, Tseng, 2003).* 2001. aastal ingverit ja jaapani pipart uurinud autorid leidsid, et külmkuivatatud toote kvaliteet oli samaväärne originaaliga ja kõrgem kui ahjus kuivatatud ravimtaimel *(Tambunan, Yudistira jt, 2001).* 2011. aastal läbiviidud uuringus leiti, et võrreldes mikrolaine-vaakum-kuivatamise ja õhk-kuivatamisega säilis külmkuivatamise käigus õunaviiludel kvertsetiini (flavonoid e antioksüdant) tase ning esines kõige vähem tooraine kahanemist (ehk õunaviilude suurus jäi praktiliselt muutumatuks *(Schulze, Hubbermann, Schwartz, 2011).*

Seega võib öelda, et toiteväärtuse seisukohalt on külmkuivatamine parim dehüdreerimise viis, kuna antioksüdantide kadu on teiste meetoditega võrreldes väiksem. Külmutamine on küll antioksüdantide seisukohalt parem viis toiduainete pikaajaliseks säilitamiseks kui külmkuivatamine, kuid samas räägib viimase kasuks muutumatuks jääv värv, maitse, lõhn, struktuur ja pikem säilivusaeg.

2.2 Külmkuivatatud toiduained tervise seisukohast

Wisconsini Meditsiinikolledži professor, Gary Stoner, Ph.D, on teinud mitmeid uuringuid rottide peal ning avaldas 2007.a oktoobri "Vähibioloogia seminaril", et tema mitme uuringu tulemuse kohaselt avaldavad külmkuivatatud marjad positiivset mõju nii vähkkasvaja ennetamisel kui kahandamisel *(Singelton, 2015).* Professor Stoner leidis oma uuringutes, et külmkuivatatud võsamurakad või maasikad kahandavad rottidel söögitoruvähki 30-70% ja käärsoolevähki kuni 80% ulatuses. I faasi inimkatsed näitasid, et katsealused talusid hästi külmkuivatatud põldmarjapulbri manustamist 7 päeva jooksul 45g päevas. II faasi inimkatsed, kus tehakse kliinilisi uuringuid inimestel, kellel on suur risk haigestuda söögitoru- ja käärsoolevähki, alles käivad. *(Stoner, Wang jt., 2007*).

Professor Gary Stoner on osalenud ka Connecticuti Ülikooli poolt 2010. aastal läbiviidud uuringus, mis näitas, et külmkuivatatud võsamurakapulber oli väga efektiivne vahend ravimaks haavandilist jämesoolepõletikku. Antud uuringu käigus sisaldas kontrollgrupi hiirte menüü 7-14 päeva jooksul 5-10% külmkuivatatud võsamurakat. *(Montrose, Horelik jt, 2011)*

Kuna dr Stoner katsed on tehtud vaid rottide peal, siis pole teada millises koguses ja millise aja vältel peaks inimene külmkuivatatud marjapulbrit sööma, selleks et ennetada või kahandada söögitoru- ja käärsoolevähki või ravida haavandilist jämesoolepõletikku.

Küll aga tugineb järgnev uuring inimkatsetel. Nimelt avastati 2009. aastal Oklahomas läbiviidud uuringu käigus, et külmkuivatatud maasikapulber parandas üld- ja LDL-kolesterooli näitajat naistel, kellel oli metaboolne sündroom (haigus, mis tõstab koronaararterite tõve, insuldi ja II tüübi diabeedi riski). Uuringus osales 16 metaboolse sündroomiga naist, kes tarbisid nelja nädala jooksul igapäevaselt 50g külmkuivatatud

maasikapulbrit. Antud uuringu käigus kontrolliti ka veresuhkru, triglütseriidide, HDL- ja VLDL-kolesterooli taset, kuid need ei näidanud olulisi muutusi. Samuti ei muutunud kehakaal, vööümbermõõt ning süstoolne ja diastoolne vererõhk. *(Basu, Wilkinson jt, 2009)*

Eelnevast võib järeldada, et kui külmkuivatamine antioksüdantide taset ka kahandab, siis mitte märkimisväärselt, sest vastasel juhul poleks sellist positiivset toimet erinevate haigusnähtude puhul. Gary Stoner rõhutab ka seda, et marjapulber on kindlasti parem valik kui marjaesktrakt, sest uuringud näitavad, et toiduaine erinevad koostisosad toimivad koos paremini kui eraldi. Seda seetõttu, et lisaks fütokemikaalidele nagu ellaaghape, karatenoidid ja antotsüaniidid sisaldab terve mari märkimisväärses koguses C- ja E-vitamiini ning foolhapet. *(Freeze-dried fruits ... 2006).*

USA Riiklik Tervise- ja Toitumisuuring (2001-2002) näitas, et täiskasvanud ameeriklased tarbivad marju ja puuvilju vaid 53,5% soovitusest. Kusjuures tarbiti peamiselt õunu, pirne ja banaane ning köögiviljade tarbimine oli äärmiselt madal. *(Bachman, Reedy jt, 2001-2002)*

Eesti Toitumis- ja Toidusoovituste andmetel on Eestis küll puu- ja köögiviljade igapäevane tarbimine 2004. aastal võrreldes 2002. aastaga tõusnud, kuid siiski oli NorBaGreen'i uuringu järgi köögivilja igapäevaseid tarbijaid Eesist 2004. aastal 47% elanikkonnast ning puuviljade/marjade tarbijaid 46% elanikkonnast. Eesti leibkonna uuringute alusel on meil köögiviljade, puuviljade ja marjade tarbimine päevas alla 300g, mis on poole madalam WHO poolt soovitatavast. Ka Eesti koolinoori iseloomustab puu- ja köögiviljade vähene tarbimine. 2002. aasta andmetel tarbib 11-aastastest lastest puuvilju iga päev 24%, 13-aastastest 21% ning 15-aastastest tüdrukutest 20% ja 15-aastastest poistest vaid 12%. Köögivilju tarbivad noored veel vähem, 11-aastastest sööb köögivilju iga päev 20%, 13-aastastest 16% ja 15-aastatsest 11% *(Eesti toitumis- ja toidusoovitused, 2006)*

Selles valguses on külmkuivatatud marjad või marjapulbrid hea viis, kuidas suurendada antioksüdantide sisaldust menüüs. Külmkuivatatud pulbri lisamine pudrule, jogurtile või smuutidesse võiks olla atraktiivne ja mugav viis tänapäeva kiire elutempo juures. Samuti on see hea viis marjade vahepalana kaasavõtmiseks – värskete või külmutatud marjade kaasavõtmisel seisame silmitsi antioksüdantide kao ja ka riknemise tõenäosusega, moosiks keedetu pole aga tervislik selle suure suhkrusisalduse tõttu ning siin on antioksüdantide

kadu juba toimunud. Lisaks räägib külmkuivatatud marjade ja marjapulbrite kasuks selle kerge kaal, mis teeb näiteks marjakrõpsud ideaalseks vahepalaks rasket koolikotti kandvatele koolinoortele.

3. Külmkuivatatud toiduainete kasutusala Eestis ja mujal maailmas

Ehkki külmkuivatamise eelised on inimkonnale juba mõnda aega selged, ei ole külmkuivatatud tooteid selle kalli tehnoloogia tõttu turul just üleliia palju. Järgmine peatükk annab ülevaate, kus külmkuivatatud tooteid kasutatakse.

3.1 Külmkuivatatud toiduainete kasutusalad maailmas

Külmkuivatamise protsess tuli laiema avaliku tähelepanu alla, kui seda meetodit kasutati, et luua külmkuivatatud jäätis kui kosmonautide toit. Lisaks hakati külmkuivatama kohvi, millest sai populaarne lahustuv kohv. Laialdaselt hakati külmkuivatamist kasutama ka essentsside ja maitseainete lisamiseks toidule. *(Freeze-drying)*

Tänapäeval on tänu oma kergele kaalule külmkuivatatud tooted populaarsed ja mugavad matkajatele ja sõduritele. Need on kerged ega rikne ning vee abil saab kiiresti taastada esialgse kuju, maitse ning valmistada ka sooja einet. *(Meda, Ratti, 2005)* Tänu oma kergele kaalule ning pikale säilivusajale, on külmkuivatatud tooteid ka hea abipakkidesse panna ning sõjakolletesse või looduskatastroofi piirkondadesse saata *(Lancher, 2015).*

Ettevõtjad kasutavad külmkuivatamist erinevate toodete valmistamiseks: 1) toidupulbrid (marja või mõne köögivilja), 2) külmkuivatatud marjad hommikuhelvestele või teele lisamiseks, 3) külmkuivatatud puuviljad batoonidesse lisamiseks, mis on populaarsed väikelaste, koolieelikute, matkajate ja dieedipidajate seas. *(Meda, Ratti, 2005)*

Külmkuivatatakse ka maitsetaimi, köögivilju (näiteks vitamiinirikkad spinat ja vesikress), kuumatundlikku küpsetuspärmi ja eelkeedetud riisi. *(Miclaus, 2015)* Jaapanis on näiteks populaarne külmkuivatatud tofu. *(Freeze-drying)*

3.2 Külmkuivatatud toiduainete kasutusalad Eestis

Külmkuivatamise seadmed on väga kallid ning Eestis on vaid üks ettevõte, mis sellised seadmed on Euroopa Regionaalarengu Fondi abil soetanud. See on Freezedry OÜ Simunas, Lääne-Virumaal, mis avas külmkuivatustehase 2013. aastal. Ettevõte tegeleb maitsetaimede, marjajahude, marjade, õunte, seente ja muu külmkuivatamisega ning pakub ka külmkuivatamise teenustöid. *(Freezedry OÜ tehnoloogia)* Sellist tehast nagu Simunas pole soomlastelgi, mistõttu käivad soomlased tehast tihti vaatamas. Tänu kõrgele kvaliteedile on Freezedry poolt toodetud marjad müügil meie lähinaabrite juures Soomes, aga ka teistel välisturgudel: Ameerikas, Aasias ja Austraalias. Tootearenduses on ka hulgaliselt uusi ideid – näiteks hakata tootma külmkuivatatud komme, pastille ja küpsiseid, mis sisaldavad ainult looduslikku suhkrut. Tänasel hetkel töötab masin igapäevaselt täisvõimsusel ning ettevõte plaanib veel ühe masina soetamist. *(Marjajahu vallutab maailma, 2016)*

Eestis on mitmeid firmasid, kes külmkuivatatud tooteid pakuvad. Näiteks Chaga pakub külmkuivatatud mustikaid ja pohli ning kasekäsna, kuusevõrse ja männikasvu pulbrit. Viimast kahte soovitab Chaga lisada teele või vanniveele või liha- ja kalaroogade maitsestamiseks. Kasekäsna saab lisaks tee valmistamisele lisada ka pudrule, jogurtisse, smuutisse. Pärnumaal asuv Tamme talu pakub külmkuivatatud marjade ja ürtidega teesid. Samuti on Põlvamaal asuv Põhjala Teetalu oma taimeteedesse lisanud külmkuivatus-meetodil kuivatatud marjapulbrit, kuid kahjuks mitte eestimaist, nagu selgus Eesti toiduainete liidu juhi jutust 2016. aasta sügisel. Põhjala Teetalu toob külmkuivatatud marjajahu sisse Poolast ja Saksamaalt. *(Toiduliidu juht: Põhjala teetalu ..., 2016)*

Eestis ei ole veel keegi tootnud müslit, mis sisaldaks külmkuivatatud marju, kuid nii Freezedry kui ka Chaga soovitavad tarbijatel seda kodus ise teha, lisades müslile nende külmkuivatatud marju. Kodus saab külmkuivatatud marjajahude ja marjadega palju muudki teha. Marjajahu ja marju saab lisada pudrule, magustoitudele, jogurtile, kohupiimale, jäätisele, kissellile, trühvlitele, kastmetele, marinaadidele jne.

Lisaks eestimaistele toodetele on ökopoodides ka välismaiseid külmkuivatatud tooteid. Leidub marjajahusid, külmkuivatatud marjadega müslisid, külmkuivatatud marju šokolaadis, supertoitu nagu näiteks odraorase- või nisuorasepulber, kale (lehtkapsa) pulber

või acaijahu, külmkuivatatud rohelist pipart ja sojakastet erinevate lihade ja kastmete maitsestamiseks jms.

Eelnevale tuginedes leiab töö autor, et Eestis on külmkuivatatud toiduainete osas turul veel ruumi. Näiteks ei paku keegi külmkuivatatud köögivilju või köögiviljakrõpsusid, mida saaks kasutada nii matkadel, rannas, kui ka kodus kiire ja tervisliku lõuna valmistamisel. Kui suvisel ajal oleks tegu pelgalt mugavusega, siis talvisel ajal, kui poes pole värsket eestimaist kaupa eriti saada, annaks toode lisaväärtust selle kõrge toiteväärtuse näol. Veel leiab töö autor, et Eestis on küll müügil külmkuvatatud marjad, mida saab müslile või pudrule lisada, kuid miks mitte toota müsli või hommikupudru portsjonpakk, kus külmkuivatatud marjad juba sees on.

KOKKUVÕTE

Külmkuivatamine on pikk ja kallis protsess, kuid see on hea viis talletada suvel ning sügisel korjatud viljade toiteväärtus. Ehkki erinevad veebilehed avaldavad, et külmkuivatatud tooted säilitavad oma toiteväärtuse umbes 97-98% ulatuses, ei leidnud antud töö autor selliseid numbreid teadusartiklites. Siiski kinnitavad teadusartiklid, et külmkuivatamine on parim dehüdreerimise viis, kuna toorainel säilib lõhn, maitse, värv ja struktuur ning ka toiteväärtus jääb praktiliselt samaks. Esineb küll antioksüdantide kadu ja nende aktiivsuse vähenemist, kuid see varieerub toiduaineti. Näiteks 2011. aastal läbiviidud uuringus leiti, et pärast külmkuivatamist osadel eksootilistel puuviljadel antioksüdantide aktiivsus alanes, osadel aga seevastu tõusis.

Mitmed uuringud viitasid sellele, et külmutamine on antioksüdantide seisukohalt parem viis toiduainete pikaajaliseks säilitamiseks kui külmkuivatamine, kuid samas räägib viimase kasuks muutumatuks jäävad sensoorsed omadused. Sellegi poolest tuleb teada, et ka külmkuivatamisel võib tooraine struktuur muutuda, kui külmkuivatamise viimases etapis temperatuur liiga kõrgele tõsta või kui tükid liiga suured jätta.

Tänu sellele, et külmkuivatamise käigus eemaldatakse praktiliselt kogu vesi, on võimalik tooteid säilitada väga pikka aega, ilma et neile peaks lisama säilitusaineid. Külmkuivatatud toote riiuli eluiga mõjutab mitte niivõrd valgus, vaid temperatuur, mis peaks olema pigem jahedamapoolsem nagu selgus ühes 2003. aastal läbiviidud uuringus.

Tänu oma kergele kaalule ning pikale säilivusajale, on külmkuivatatud tooteid hea matkale ja randa kaasa võtta, abipakkidesse panna ning sõjakolletesse või looduskatastroofi piirkondadesse saata. Samas kõrge kvaliteedi tõttu sobivad külmkuivatatud tooted kõigile terviseteadlikele inimestele igapäevaseks tarbimiseks. Meie pisikeses Eestis, Lääne-Virumaal on tehas, kus külmkuivatatud tooteid toodetakse. Seal külmkuivatatakse marju, marjapulbrit, õunu, seeni, maitsetaimi ja palju muud, millest enamus läheb ekspordiks.

Antud töö autor arvab, et kuna tarbijad tunnevad üha enam huvi kvaliteetsete ning lisa- ja säilitusainetevabade toiduainete järele, siis külmkuivatatud toodete nõudlus ajas ainult kasvab.

VIIDATUD ALLIKAD

1. Asami D.K., Hong Y-J, Barret D, Mitchell A.E. (2003) Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry and corn growth using conventional, organic and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 51: lk 1237-1241
2. Bachman J.L., Reedy J., Subar A.F., Krebs-Smith S.M. (2001-2002) Sources of food group intakes among the US population. *J Am Diet Assoc.* 2008, I08: lk 804-814
3. Basu A., Wilkinson M., Penugonda K., Simmons B., Betts N.M., Lyons T.J. (2009) Freeze-dried strawberry powder improves lipid profile and lipid peroxidation in women with metabolic syndrome: baseline and post intervention effects. *Nutrition Journal*. 8:43
4. Cinar I. (2004) Caratenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 37, lk 363-367
5. Eesti toitumis- ja toidusoovitused (2006) *Tervise Arengu Instituut, Eesti Toitumisteaduse Selts.* lk 1-79
6. Freeze-dried fruits are a good health choice? (2006 kevad) *American Institute for Cancer Research.* URL - http://preventcancer.aicr.org
7. Freeze-drying. Loetud 2016.01.07. *Wikipedia.* URL – https://en.wikipedia.org
8. Freezedry OÜ külmkuivatustehas on ainuke omataoline Eestis. (24.04.2015) *Äripäev, Põllumajandus.* URL – http://www.pollumajandus.ee
9. Freezedry OÜ tehnoloogia. Loetud 2016.01.07. *Freezedry.* URL – http://www.freezedry.ee
10. Hammami C, Rene F. (1997) Determination of freeze-drying process variables for strawberries. *Journal of Food Engineering*. 32: lk 133-154

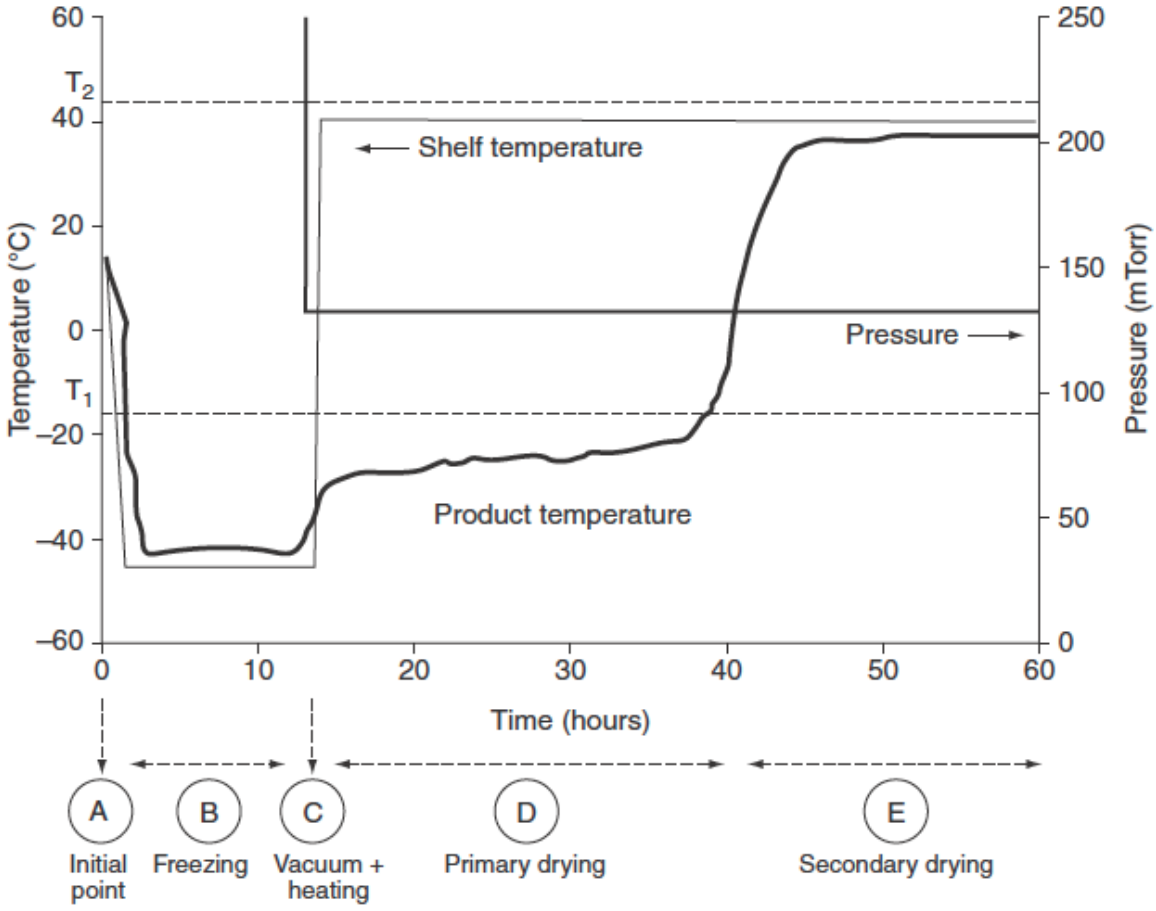
11. Handbook of food process design (2012) Koostanud: Ahmed J., Rahman M.S. Blackwell Publishing Ltd.
12. Harris D., Shackell L. (1911) The effect of vacuum desiccation on the virus of rabies, with remarks on a new method. *The Journal of Infectious Diseases.* 8 (1): lk 47-49
13. Hsu Ch-L, Chen W., Weng Y-M, Tseng Ch-Y. (2003) Chemical composition, physical properties and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chemistry. 83: lk 85-92
14. Lachner D. Freeze-dried food nutritional information. (2015.12.29.) *Livestrong.* URL – http://www.livestrong.com
15. Liu Y., Zhao Y., Feng X. (2008) Energy analysis for a freeze-drying process. *Appl. Thermal Eng.* 28, lk 675-690
16. Marjajahu vallutab maailma. (2016.05.25.) *Digar, Eesti Artiklid. Virmuaa Teataja*. nr. 100. URL – http://www.dea.digar.ee
17. Marques K.K., Renfroe M.H., Brevard P.B.B., Lee R.E., Gloeckner J.W. (2010) Differences in antioxidant levels of fresh, frozen and freeze-dried strawberiies and strawberry jam. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. vol. 61, issue 8, lk 759-769
18. Meda L., Ratti C. (2005) Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures. *Journal of Food Process Engineering*. 28: lk 233-246
19. Michalska A., Wojdylo A., Lech K., Lysiak G.P., Figiel A. (2016) Effect of different drying techniques on physical properties, total polyphenols and antioxidant capacity of blackcurrant pomace powders. *LWT – Food Science and Technology*. 78: lk 114-121
20. Miclaus A. (2015) Külmkuivatamise kineetika eri liiki toiduainetel. *Studia UBB Chemia*, 1: lk 147-156
21. Montrose D.C., Horelik N.A., Madigan J.P., Stoner G.D., Wang L.-S., Bruno R.S., Park H.J., Giardina C., Rosenberg D. (2011) Anti-inflammatory effects of freeze-dried black rasberry powder in ulcerative colitis. *Carcinogenesis.* vol.32, nr.3, lk 343-350
22. Pääkonen K., Mattila M. (1991) Processing, packagimg, and storage effects on quality of freeze-dried strawberries. *Journal of Food Science*. 56(5): lk 1388-1392

23. Ratti C. (2001) Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Jornal of Food Engineering.* 49: lk 311-319
24. Ratti C. (2013) Freeze drying for food powder production. *Handbook of Food Powders*. Woodhead Publishing Limited, lk 57-84
25. Reyes A., Evseev A., Mahn A., Bubnovich V., Bustos R., Scheuermann E. (2011) Effect of operating conditions in freeze-drying on the nutritional properties of blueberries. *International Journal of Food Sciences and Nutrition.* vol.62, is.3 lk 303-306
26. Santivarangkna C., Kulozik U., Forest P. (2007) Alternative drying processes for the industial preservation of lactic acid starter cultures. *Biotechnology Progress*. lk 302-315
27. Schulze B., Hubbermann E.M., Schwarz K. (2011) Stability of quercetin derivatives in vacuum impregnated apple slices after drying (microwave vacuum drying, air drying, freeze drying) and storage. *LWT – Food Science and Technology*. vol.57, is.1, lk 426-433
28. Shishehgarha F., Makhlouf J., Ratti C. (2002) Freeze-drying characteristics of strawberries. *Drying technology*. 20(1), lk 131-145
29. Shofian N.M., Hamid A.A., Osman, A., Saari N., Anwar F., Pak Dek M.S., Hairuddin M.R. (2011) Effect of freeze-drying on the antioxidant compunds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*. vol. 12 issue 7, lk 4678-4692
30. Simonne A.H., Smith M., Weaver D.B., Vail T., Barnes S., Wei C.I. (2000) Retention and changes of soy isoflavones and carotenoids in immature soybean seeds. *Jornal of agricultural food chemistry*. 48: lk 6061-6069
31. Singelton B. Is freeze-dried food healthy? (2015.10.15.) *Livestrong.* URL – http://www.livestrong.com
32. Stoner D. Gary, Wang L.-S., Zikri N., Chen T., Hech S.S., Huang C., Sardo C., Lechner J.F. (2007) Cancer prevention with freeze-dried berries and berry components. *Seminars in Cancer Bilogy*. Vol.17, is 5, lk 403-410
33. Tambunan A.H ., Yudistira, Kisdiyani, Hernani (2001) Freeze-drying characteristics of medicinal herbs. *Drying Technology*. 19(2): lk 325-331

34. Toiduliidu juht: Põhjala teetalu teadlik tarbija eksitamine heidab varju kogu väiketootmisele. (2016.09.01.) *Delfi. Kasulik.* URL – http://www.kasulik.delfi.ee
35. Tsinontides S. C., Rajniak P., Pham D., Hunke W. A., Placek J., Reynolds S. D. (2004) Freeze-drying principles and practice for successful scale-up to manufacturing. *Int. J. Pharm.* 280, lk 1-16
36. Uddin, M.S., A Hawlader M.N., Hui X. (2004) A comparative study on heat pump, microwave and freeze drying of fresh fruits. *Drying 2004 - Proceeding of the 14th International Drying Symphosium*. vol. C, lk 2035-2042

LISAD

Lisa 1. Toote temperatuuri profiil külmkuivatamise protsessis



Allikas: Ratti, C. (2013) Freeze drying for Food Powder Production

Lisa 2. Külmkuivati Freezedry OÜ-s, Lääne-Virumaal

Allikas: www.freezerdry.ee