

Voimakasaromisen sipulin pakkaskuivaus

YRJÖ MÄLKKI ja SAULI HEINONEN

Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Elintarvikelaboratorio, 02150 Espoo 15

Freeze-drying of high aroma onions

YRJÖ MÄLKKI and SAULI HEINONEN

Food Research Laboratory, The Technical Research Centre of Finland, SF-02150 Espoo 15

Abstract. Pilot-plant freeze-drying experiments were performed using both vegetatively and seed-bred onions of Finnish origin. The strength of aroma was estimated by determining the pyruvic acid formed after crushing the tissue, and by determining the odour threshold values of onion suspensions. An inverse correlation was found between the logarithm of the threshold value and the pyruvic acid content, but due to the great variation both of these methods were used to obtain a more reliable information. In some cases, the organoleptic profile and scoring methods were also used.

A short pre-drying at 28° C increased the pyruvic acid content of the vegetatively-bred variety Lemi by 18 %. Storage at -1° C also increased the pyruvic acid content; after 5 months it reached the maximum being 40 % above the start value.

Both types of varieties were found suitable for freeze-drying. At a loading of 8 kg/m² the minimum length of the drying cycle was 6 hours, when the final moisture level was 3.5 %. Slowly frozen (-20° C, air velocity 2.3 m/s) samples had a lower shrinkage during drying, and a better organoleptic quality. According to electron micrographs, the reason was supposed to be a formation of channels through the tissue enhancing the mass transfer.

According to all the evaluation methods used, the aroma of the freeze-dried Finnish onions was fairly rich compared to the literature data and to commercial samples studied, presumed, however, that the diminution before drying was done without crushing the tissue. According to the flavour profile determinations, the typical pungent and lachrymatory factors were strong in the Finnish onions.

The retention of pyruvic acid during freeze-drying was as a mean for vegetatively bred onions 90 %, and for the seed-bred onions 70 %. The difference is evidently due to the higher content of soluble carbohydrates in the former. The threshold values of freeze-dried, vegetatively bred varieties were between 1.2 . . . 2.7 mg dry matter/1000 ml, for seed-bred varieties between 0.4 . . . 0.7 mg/1000 ml, respectively. Corresponding literature data vary between 2.5 . . . 40 mg/1000 ml. The formation of pyruvic acid was for both groups about 45 μmol/g dry matter. The high dry matter of the vegetatively bred varieties offers economical advantages for freeze-drying.

Sipulin kulutuksessa on viimeisen kahden vuosikymmenen aikana tapahtunut jatkuvaa siirtymistä tuoreen sipulin käytöstä puolivalmisteiden tai teollisten valmisteiden käyttöön. Tätä kehitystä on tapahtunut sekä teollisuudessa ja suurtalouksissa että kotitalouksissa. Tärkeimpinä syinä ovat olleet

työn rationalisointi, säilyvyys ja hygieeniset seikat. FREEMANin ja WHENHAMIN tutkimuksissa (1974) on vertailtu etikkasäilöttyjen, lämpösäilöttyjen, keitettyjen friteerattujen, pakastettujen, kuumailmakuivattujen ja pakkaskuivattujen sipulivalmisteiden aromia, ja todettu pakkaskuivauksen antavan aromiltaan ylivoimaisesti parhaat valmisteet.

Kotimaista sipulia on tunnetusti pidetty voimakasaromisenä. Tämä on todettu myös kemiallisten tunnuslukujen perusteella (MÄLKKI ym., 1978). Myös sen korkea kuiva-aine- ja disakkaridipitoisuus ovat edullisia kuivausprosessin kannalta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää tämän raaka-aineen pakkaskuivauksen optimaalisia olosuhteita ja saatujen valmisteiden laatua markkinoilla oleviin valmisteisiin verrattuna.

Aineisto ja menetelmät

Sipulimateriaali

Vuoden 1973 ja 1974 kokeissa käytetty ryvæssipuli Lemi sekä vuoden 1973 esikokeissa käytetty pistosipuli Stuttgarter Liva hankittiin Kesko Oy:n Länsi-Hahkialan koetilalta Hauholta ja se toimitettiin suoraan pelloilta laboratorioon. Vuoden 1974 kokeissa käytetty riihikuiva pistosipuli oli tuntematonta lajiketta ja peräisin Saarijärven Vihannes Oy:ltä Saarijärveltä. Kuivauskokeissa käytettiin vain yli 50 gramman painoisia sipuleita.

Pakkaskuivauksen suoritus

Sipulit kuorittiin käsin ja viipaloitiin terävällä leikkurilla kohtisuoraan pituusakselia vastaan. Ne jäädettiin välittömästi Fricoscandia Pilot Freezer pakastimessa käyttäen vaakasuoraa ilmavirtausta ja kahta eri jäädytysnopeutta. Nopeammassa jäädytyksessä oli ilman lämpötila -40°C ja nopeus 4,6 m/s ja hitaammassa vastaavasti -20°C ja 2,3 m/s. Pakkaskuivaaja oli Atlas Pilot Plant Freeze-Drying Unit Ray 1, jossa lämmönsiirto tapahtuu lähinnä säteilemällä, koska lämmityselementit eivät ole kosketuksissa tuotteen kanssa.

Kuivauksen aikana rekisteröitiin lämmityselementin ja kuivattavan tuotteen lämpötilat sekä kuivauskammion paine ja tuotteen painonvähenneminen.

Kuivausta säädeltiin lämmitysteholla ja kuivaustilan paineella. Kuivauksen päätyttyä laskettiin kuivauskammioon kuivaa tyypeä ja kuivasipulit pakattiin tyyppiä lasitölkkeihin.

Analyysimenetelmät

Aromin voimakkuutta tutkittiin määrittämällä kemiallisesti palorypähappo P_T , jota syntyy kudosta murskattaessa käynnistyvässä entsyymaattisessa arominmuodostusreaktiossa ekvimolaarisesti hajonneen aromiprekursorin määrään nähden. Lisäksi tutkittiin eräissä tapauksissa määrityksen aikana syntyvän palorypähapon osuutta P_E vähentämällä kokonaisuudesta kontrolloinnäytteistä saatu palorypähappomäärä P_C . Kontrollinäytteiden entsyymit inaktivoitiin käsittelemällä näytteitä mikroaaltouunissa (2450 MHz) 5 minuutin ajan.

Koska sipulin aromi on hyvin voimakas, käytettiin aistivaraeisessa arvostelussa lähinnä hajun kynnsarvomenetelmää. Menetelmässä lietetään sipulia veteen ja määritetään minimikonsentraatio, jossa sipulin haju on tunnettavissa. Lisäksi käytettiin eräissä tapauksissa aistinvaraisen arvostelun arvopiste- ja profiilimenetelmiä.

Aromianalyysiä varten punnittiin kolmen sipuliyksilön syötävästä osasta yhteensä noin 10 gramman näyte tai noin 5 grammaa kuivasipulia, lisättiin 100 ml tislattua vettä, imeytettiin 10 minuuttia ja homogenisoitiin Virtis homogenisaattorilla. Suspension annettiin seistä 1 tunti, jonka jälkeen tilavuus täytettiin 200 ml:ksi ja suspensio suodatettiin Büchnersuodattimella käyttäen imua. Suodoksesta tehtiin sopivat laimennokset ja sitä käytettiin palorypälehappo- ja kynnsarvomäärityksiin.

Palorypälehappomääritys tehtiin SCHWIMMERIN ja WESTONIN (1961) mukaan neljästä eri laimennoksesta ja keskiarvo laskettiin kolmesta laimennoksesta, jotka osuivat sopivalle konsentraatioalueelle.

Kynnsarvomääritys tehtiin SCHWIMMERIN ja GUADAGNIN (1962) mukaan sillä erotuksella, että duo-trio testin sijasta käytettiin paritestiä. Kynnsarvo oli se konsentraatio, jonka 70 % arvostelijoista tunnisti sipulin hajun perusteella. Arvostelijoina oli harjaantunut 12 henkilön ryhmä ja jokainen näyte arvosteltiin kahdesti.

Sipulin makuprofiilia määritettäessä pureskeltiin kuivasipulinäytettä 30 sekuntia. Jokainen esiintuleva maku pyrittiin tunnistamaan ja kunkin maun voimakkuus arvioitiin havaitsemisjärjestyksessä asteikolla 0–4, jolla 1 oli heikoin ja 4 voimakkain aistimus. Arvosteluun osallistui 6 makuarvosteluun harjaantunutta henkilöä.

Tuoreen sipulin vesipitoisuus määritettiin kuivaamalla noin 3 gramman suuruista näytettä 6 tuntia 103° C:ssa. Kuivasipulin vesipitoisuus määritettiin Karl-Fischer titrauksella MCCOMBIN ja WRIGHTIN (1954) mukaan ja näyte otettiin 16 grammasta viljanäytemylyllä (JACOBSEN, 1975) jauhettua kuivasipulia. Koska vesi on kuivavihanneksissa vahvasti sitoutuneena, käytettiin uuttamiseen formamidia. Veden aktiivisuus kuivasipulissa määritettiin Hygro-dynamics Inc'n mittauslaitteella.

Kuivasipulin ominaistilavuus, jota käytettiin kutistumisen laskemiseen määritettiin käyttämällä mitta-asteikolla varustettua astiaa ja siemeniä.

Kuivasipulin väri määritettiin HENDELIN ja BAILYN (1950) mukaan ekstraktin absorbanssina.

Veden uudelleenimeytymistä tutkittiin imeyttämällä kuivasipulia 5 ja 40 minnuttia 23° C:ssa vedessä (HEINONEN, 1974).

Tulokset

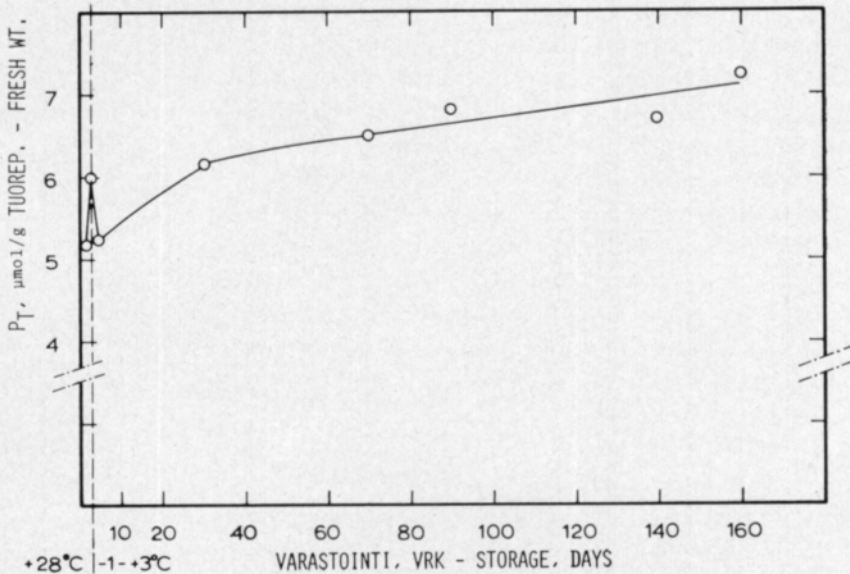
Sipulin esikuivaus ja kylmävarastointi

MÄLKIN ym. (1978) tulosten perusteella valittiin ryvässipuli Lemi ja pistosipuli Stuttgarter Liva esikokeisiin syksyllä 1973. Esikokeiden perusteella valittiin ryvässipuli Lemi, koska sille saatiin suurempi palorypälehappomäärä sekä tuorepainoa että kuiva-ainetta kohti. Ryvässipulin kuiva-ainepitoisuus oli myös korkeampi. Sipuli korjattiin normaaliin aikaan ja siirrettiin tuuletet-

tuun huoneeseen $+28^{\circ}\text{C}$:een lämpötilaan, koska lyhyen esikuivauksen oli havaittu lisäävän palorypälehapon muodostusta sekä MÄLKIN ym. (1978) tutkimuksissa että esikokeissa. Palorypälehapon muodostus lisääntyi kolmen vuorokauden pituisen esikuivauksen aikana 17 %. Esikuivauksen jälkeen sipulit siirrettiin pakkasarkkuun noin 0°C :een lämpötilaan. Sipulien jäädyttämistä ei voitu suorittaa kovin nopeasti jäätymisvaaran takia ja se oli ilmeisesti syynä siihen, että esikuivauksen optimaika ylitettiin ja palorypälehapon muodostus väheni jälleen. Pakkasarkun olosuhteet $-1 \dots +3^{\circ}\text{C}$:n lämpötila ja 70...90 % suhteellinen kosteus olivat sipulin varastoinnille suotuisat ja palorypälehapon muodostus lisääntyi huomattavasti varastoinnin kuluessa. Viiden kuukauden kuluttua oli pitoisuus 40 % alkuperäistä korkeammalla tasolla. Palorypälehapon muodostuksen muutokset esikuivauksen ja varastoinnin aikana on esitetty kuvassa 1. Esikuivauksen edullinen vaikutus oli havaittavissa myös vuoden 1974 kuivauskokeissa, jolloin ryvässipuli Lemin palorypälehappopitoisuus kasvoi 19 % ja pysyi tällä tasolla ilmeisesti siksi, että sipulit siirrettiin kylmävarastoon jo 2,5:n vuorokauden esikuivauksen jälkeen. Pistosipulilla vuonna 1973 suoritetuissa esikokeissa ei havaittu esikuivauksen lisäävän palorypälehapon muodostusta ja vuoden 1974 kokeissa ei asiaa voitu tutkia, koska käytetty pistosipuli oli riihikuivaa.

Esikuivauksesta aiheutuva painotappio vaihteli välillä 5...10 %. Kuiva-ainetappio oli ryvässipulilla noin 1 % ja pistosipulilla esikokeissa 2,5 %.

Ryvässipuli oli käyttökelpoista pakkaskuivaukseen koko koesarjan ajan eli yli 5 kuukautta, jos ei oteta huomioon mikrobiologista pilaantumista. Pistosipulilla havaittiin pakkaskuivausta haittaavaa silmujen kasvua vasta 6...7 kuukauden kylmävarastoinnin jälkeen.



Kuva 1. Esikuivauksen ja kylmävarastoinnin vaikutus ryvässipuli Lemin palorypälehapon muodostukseen (P_T).

Fig. 1. Effect of pre-drying and refrigerated storage on pyruvic acid formation (P_T) of a vegetatively bred variety Lemi

Pakkaskuivauksen optimointi

Sipulille edullisten pakkaskuivausolosuhteiden selvittämiseksi tutkittiin vuoden 1973 kokeissa seuraavien tekijöiden vaikutusta.

Kuivaussyklin muoto ja kuivauksen loppukohta

Kuormitus (kerrospaksuus)

Sipulin jääfaasin ja kuivan kerroksen lämpötilat kuivauksen aikana

Jäädytysnopeus

Kuivauskammion paine

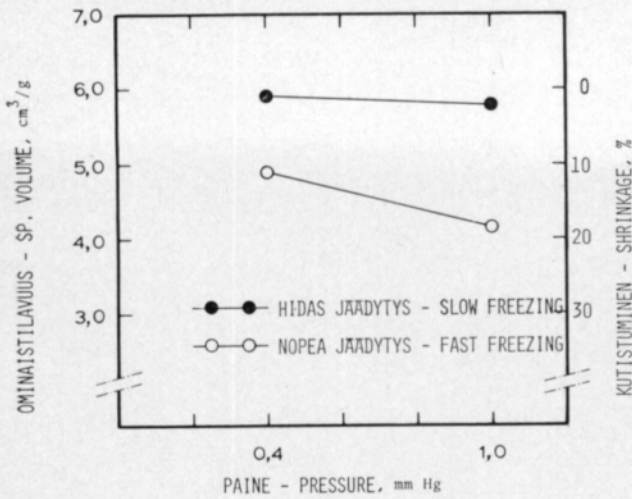
Tulokset on esitetty yksityiskohtaisesti muualla (HEINONEN, 1974) ja seuraavassa on yhteenveto tärkeimmistä tuloksista.

Edulliseksi kuormitukseksi havaittiin noin 8 kg/m^2 , koska suuremmilla kuormituksilla kuivaus oli hidas ja tuote epähomogeeninen. Koska jään nopea sublimoituminen jäädyttää voimakkaasti tuotetta, voitiin kuivauksen alussa käyttää suurta lämmitystehoa, jolloin lämmityselementin lämpötila oli yli 200°C . Kuivauksen edistyessä vähennettiin lämmitystehoa siten, että tuotteen pintakerros ei ruskistunut. Jääfaasin ja kuivan kerroksen lämpötilat tuotteessa pysyivät likimain vakioina sublimointivaiheen ajan. Jään lämpötila tuotekerroksen keskellä oli keskimäärin -22°C ja sublimoitumisrintamassa noin -10°C koeajossa, jossa saatiin edullinen kuivausajan ja valmisteen laadun suhde. Kuivasipulin säilyvyyden kannalta oli vaatimuksena alle 4 %:n vesipitoisuus (HEISS, 1968). Tähän päästiin pitämällä tuotteen lämpötila desorptiovaiheessa $+50^\circ \text{C}$:ssa. Jos lämpötilaa nostettiin niin paljon, että kuivausaika lyheni olennaisesti, oli valmiste palaneen makuinen. Edellä esitetyissä olosuhteissa oli kuivausaika noin 6 tuntia, joka teollisessa valmistuksessa antaa mahdollisuuden kolmeen sykliin vuorokaudessa, koska on otettava huomioon mm. täyttö- ja tyhjennysajat. Kuivasipulin vesipitoisuus oli keskimäärin 3,5 % ja veden aktiivisuus sipulissa vaihteli välillä 0,05...0,13.

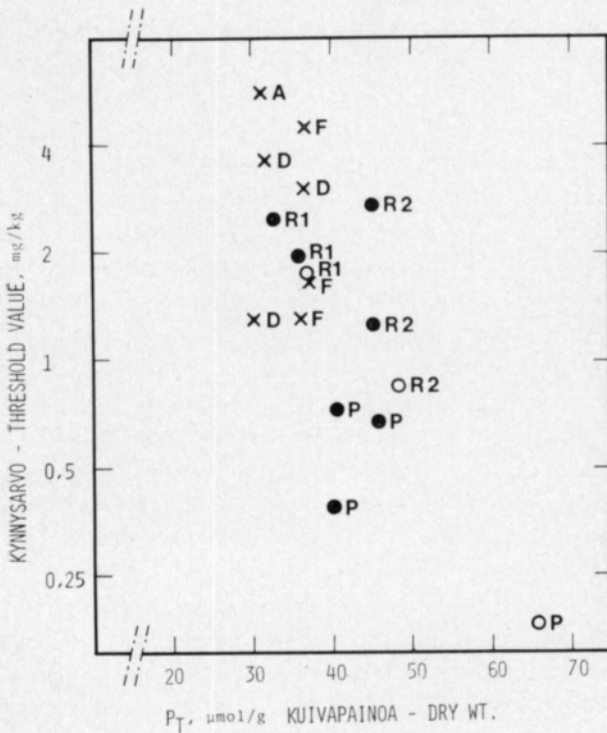
53 Pa (0,4 mm Hg) osoittautui edulliseksi kuivauskammion paineeksi. Jos paine nostettiin arvoon 133 Pa (1,0 mm Hg), nousivat jääfaasin lämpötilat $2 \dots 6^\circ \text{C}$. Havaitulla vähäisellä kuivausnopeuden kasvulla ei ollut käytännön merkitystä ja alempi paine oli edullisempi valmisteen laadun kannalta. Käytettäessä ennen kuivausta hitaampaa jäädytystä saavutettiin hieman nopeampi loppukuivaus kuin nopeammin jäädytetyllä tuotteella. Kuvasta 2 nähdään, että hitaammin jäädytetty sipuli kutistui selvästi vähemmän kuivauksen aikana. Elektronimikroskooppitutkimuksen perusteella näyttää todennäköiseltä syyllä tähän se, että hitaan jäädytyksen aikana syntyi riittävästi solunseinämien läpi kulkevia kiteitä ja siten myös kuivauksen edistyessä vastaavia kanavia, jotka helpottivat kuivausta. Tällöin kutistuminen ja tuotteen muu vaurioituminen oli kuivauksen aikana vähäisempää. Tämä tulos oli huomionarvoinen ja jonkin verran yllättävä, koska nopea jäädytys on todettu useimmiten edulliseksi pakkaskuivatun valmisteen laadun kannalta.

Pakkaskuivattujen valmisteiden aromi

Kuvassa 3 on esitetty kotimaisten tuoreiden ja pakkaskuivattujen sipuleiden aromi määritettynä palorypälehaponmuodostuksena P_T sekä hajun kynnsarvona. Kuvassa on lisäksi kaupallisille ulkolaisille sipulivalmisteille



Kuva 2. Jäädätysnopeuden ja kuivauskammion paineen vaikutus sipulin kutistumiseen.
 Fig. 2. Effect of freezing rate and chamber pressure on the shrinkage of onions.



Kuva 3. Hajun kynnsarvon ja palorypälehaponmuodostuksen (P_T) välinen riippuvuus.
 Fig. 3. The correlation of odour threshold values and formation of pyruvic acid (P_T).
 Merkinnät — Symbols: o tuore — fresh, ● pakkaskuivattu — freeze-dried, P pistosipuli — seed-bred, R 1 ryvässipuli 1973 — vegetatively bred 1973, R 2 ryvässipuli 1974 — vegetatively bred 1974, xD tanskalainen pakkaskuivattu — Danish freeze-dried, xF ranskalainen pakkaskuivattu — French freeze-dried, xA ilmakuivattu — hot-air dried.

saatuja määrittystuloksia. Palorypälehapon muodostuksen ja kynnsarvon välillä on suuresta hajonnasta huolimatta havaittavissa käänteistä riippuvuutta. Riippuvuus on jonkin verran selvempi, jos käytetään kynnsarvon logaritmia, kuten SCHWIMMER ym. (1964) ovat esittäneet. Molempien menetelmien käyttäminen rinnan antoi huomattavasti luotettavamman kuvan aromin voimakkuudesta kuin jompikumpi yksin. Aistinvarainen kynnsarvomentelmä on tosin huomattavan työläs ja virheherkkä. Kuvassa 3 nähdään myös, että vuo-

Taulukko 1. Tuoreen ja pakkaskuivatun sipulin aromin voimakkuus.
 Table 1. Flavour strength of fresh and freeze-dried onion.

Näyte Sample	Palor.h. — Pyruv.acid $\mu\text{mol/g}$ kuiva-ain. $\mu\text{mol/g}$ dry wt.	Kynnysarvo, mg kuiva-ain./1000 ml Odour threshold, mg dry matter/1000 ml	Hajupisteet, 0—4 Odour score, 0—4
Tuore sipuli Fresh onion	37.1	1.76	—
Pakkaskuivattu sipuli Freeze-dried onion			
hidas jäädytys slow freezing	35.4	1.25	3.9
nopea jäädytys fast freezing	32.3	2.45	2.8
ulkom. valmiste foreign commercial sample	36.8	3.00	2.7

den 1974 sato oli ryvæssipuli Lemillä selvästi aromirikkaampaa kuin edellisen vuoden sato.

Taulukossa 1 on vertailtu vuoden 1973 ryvæssipuli Lemin, siitä kuivattujen valmisteiden ja ulkomaisen pakkaskuivatun valmisteen aromia eri menetelmien tulosten perusteella. Kuvassa 4 on lisäksi esitetty kuivavalmisteiden maku-profiilit.

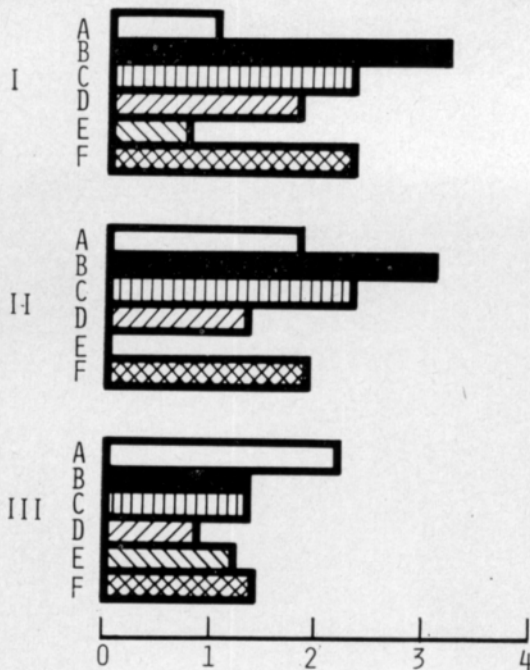
Kaikkien menetelmien tulokset osoittavat kotimaisesta sipulista pakkaskuivatun valmisteen olevan varsin aromirikkaan, ja makuprofiilien perusteella havaittiin sipulille luonteenomaiset kirpeät ja pistävät maut voimakkaina myös kuivavalmisteissa. Ero kaupalliseen ulkomaiseen valmisteeseen oli voimakkain juuri näissä ominaisuuksissa (kuva 4).

Käytetty kemiallinen arominmääritysmenetelmä antaa tulokseksi määrittymisen aikana eli sipulia murskattaessa tai kuivasipulia imeytettäessä syntyvän palorypälehapon määrän P_E sekä sipulissa ennestään olevan palorypälehapon tai sen kaltaisesti reagoivien yhdisteiden yhteismäärän P_T . On kuitenkin mahdollista, että arominmuodostusreaktio pääsee tapahtumaan jo sipulin prosessoinnin aikana ja osa aromitekijöistä menetetään taikka syntyy määrittystä häiritseviä yhdisteitä. Taulukossa 2 on esitetty määrittymisen aikana syntyneen palorypälehapon osuus vuoden 1974 sadon ryvæssipuli Lemillä ja siitä kuivatuilla valmisteilla. Tuloksista havaitaan, että määrittymisen aikana syntyneen palorypälehapon osuus oli suuri myös pakkaskuivatuilla valmisteilla.

Partikkelikoon vaikutus viipaloinnin ja pakkaskuivauksen aikana tapahtuneisiin aromitappioihin on esitetty taulukossa 3, jossa on vertailtu eri tavalla viipaloituja pistosipulivalmisteita.

Taulukossa 4 on vertailtu vuoden 1974 sadon ryväs- ja pistosipulia ja niistä pakkaskuivattuja valmisteita.

Tuoreen sipulin palorypälehappomäärissä ei ryväs- ja pistosipulilla ollut suuriakaan eroja. Pistosipulin alhaisemmasta kuiva-ainepitoisuudesta johtuen oli sen palorypälehappomäärä suurempi kuiva-ainetta kohti. Koska ryvæssipulin palorypälehappotappiot olivat vähäisemmät pakkaskuivauksen aikana,



Kuva 4. Pakkaskuivattujen sipuleiden makuprofiilit.

Fig. 4. Flavour profiles of freeze-dried onions.

Näytteet — Samples: I hidas jäädytys — slow freezing, II nopea jäädytys — fast freezing, III: ulkomainen kaupallinen valmiste — foreign commercial sample. Maku- ja aromisävyt — Flavour profile notes: A makea — sweet, B kirpeä — pungent, C kyyneleilyä aiheuttava — lachrymatory, D karvas — bitter, E pehmeä — favourable flavour, F jälkimaku — aftertaste.

Taulukko 2. Määrittämisen aikana syntyneen palorypälehapon (P_E) osuus kokonaismäärästä (P_T) ryväsipulilla.

Table 2. Proportion of the pyruvic acid produced during analysis (P_E) from the total pyruvic acid (P_T) of the vegetatively bred onions.

Näyte Sample	P_T $\mu\text{mol/g}$ kuiva-ain. $\mu\text{mol/g}$ dry wt.	P_E $\mu\text{mol/g}$ kuiva-ain. $\mu\text{mol/g}$ dry wt.	P_E/P_T
Tuore sipuli	48.5	39.2	0.81
Fresh onion			
Pakkaskuivattu sipuli			
Freeze-dried onion			
4–5 mm viipaleet	43.9	32.7	0.74
4–5 mm slices			
3–4 mm viipaleet	39.3	25.2	0.66
3–4 mm slices			

oli kuivavalmisteiden palorypälehappopitoisuus yhtä suuri. Pistosipulin hajun kynnysarvo oli jonkin verran pienempi kuin ryväsipulin, mutta sen merkitystä on vaikeata arvioida, koska lajikkeiden koostumus (MÄLKKI ym. 1978) ja tästä johtuen myös aromin profiili ovat erilaisia.

Tulosten tarkastelua

Palorypälehapon kokonaismäärä, P_T ja aistinvaraisesti määritetty hajun kynnysarvo antoivat yhdessä melko hyvän kuvan aromin voimakkuudesta kun oli kyseessä tuore tai varovaista käsittelyä käyttäen pakkaskuivattu val-

Taulukko 3. Viipaloinnin vaikutus pakkaskuivatun sipulin aromiin pistosipulilla.
 Table 3. Influence of slicing on the flavour strength of freeze-dried seed-bred onion.

Näyte Sample	P_T $\mu\text{mol/g}$ kuiva-ain. $\mu\text{mol/g}$ dry wt.	P_T -retention, % P_T -retention, %	Kynnysarvo, mg kuiva-ain./1000 ml Odour threshold, mg dry matter/1000 ml
Tuore sipuli Fresh onion	65.7	—	0.18
Pakkaskuivattu sipuli Freeze-dried onion			
5–6 mm viipaleet, erä 1 5–6 mm slices, batch 1	45.7	70	0.67
5–6 mm viipaleet, erä 2 5–6 mm slices, batch 2	39.9	61	0.39
3–4 mm viipaleet 3–4 mm slices	34.6	53	0.56
3 × 10 × 10 mm palat 3 × 10 × 10 mm pieces	28.5	43	1.27

Taulukko 4. Ryväs- ja pistosipuli vertailu
 Table 4. Comparison of seed-bred and vegetatively bred onions

Näyte Sample	Tyyppi Type	
	Ryvässipuli Vegetatively bred onion	Pistosipuli Seed-bred onion
Tuore sipuli Fresh onion		
kuiva-aine % dry matter %	17.8	14.5
P_T , $\mu\text{mol/g}$ tuoreain. P_T , $\mu\text{mol/g}$ fresh wt.	8.6	9.2
P_T , $\mu\text{mol/g}$ kuiva-ain. P_T , $\mu\text{mol/g}$ dry wt.	48.3	65.7
Kynnysarvo, mg kuiva-ain./1000 ml Odour threshold, mg dry matter/1000 ml	0.85	0.18
Pakkaskuivattu sipuli Freeze-dried onion		
P_T , $\mu\text{mol/g}$ kuiva-ain.	44.2	45.7
P_T , $\mu\text{mol/g}$ dry wt.		
P_T retentio, % P_T retention, %	92	70
Kynnysarvo, mg kuiva-ain./1000 ml Odour threshold, mg dry matter/1000 ml	1.2–2.7	0.4–0.7

Taulukko 5. Aromin voimakkuus eri tutkimuksissa palorypälehapon muodostuksen (P_T) ja kynnsarvon perusteella.

Table 5. Aroma strength in various investigations as determined by the formation of pyruvic acid (P_T) and by odour threshold

Tutkijat — Authors	Näytteet — Samples	P_T μ mol/g kuiva-ain. (dry wt)	Kynnsarvo
			mg kuiva-ain./1000 ml Odour thres hold mg dry matter/1000 ml
FREEMAN et al. (1974)	tuore — fresh	69.1 ... 145.4	1.0 ... 1.75
»	pakkaskuivattu — freeze-dried	60.1 ... 91.7	20
»	ilmakuivattu — air-dried	23.9 ... 47.5	
»	kaupallinen — commercial	12.7 ... 30.5	
SCHWIMMER et al. (1964)	tuore — fresh	69.3 ... 156.1	0.4 ... 3.3
»	ilmakuivattu — air-dried	18.6 ... 51.9	2.5 ... 21.7
PELEG et al. (1970)	ilmakuivattu — air-dried	19.6 ... 39.2	4.0 ... 38.1
SAGUY et al. (1970)	tuore — fresh		3.8 ... 21
»	ilmakuivattu — air-dried		13.0 ... 28.6
MÄLKKI, NIKKILÄ & AALTO (1978)	tuore — fresh	56.9 ... 118.4	
	pakkaskuivattu — freeze-dried	34.8 ... 134.1	
Tämä tutkimus — This study	tuore — fresh	37.1 ... 65.7	0.2 ... 1.8
	pakkaskuivattu — freeze-dried	35.4 ... 45.7	0.4 ... 2.7

miste. Jos halutaan tutkia muiden prosessointimenetelmien taikka kuivasipulin varastoinnin vaikutusta aromiin, voi olla syytä käyttää myös muita menetelmiä mm. häiritsevien karbonyyliyhdisteiden tai sivuhajujen aiheuttamien virhemahdollisuuksien takia. (PELEG ym. 1970, SAGUY ym. 1970, FREEMAN ja WHENHAM, 1974, TEWARI ja BANDYOPADHYAY, 1977).

Verrattaessa tämän tutkimuksen tuloksia ulkomaisiin tutkimuksiin (Taulukko 5) havaitaan, että käytetyn kotimaisen sipulimateriaalin palorypälehappopitoisuus ei ollut alunperin kovin korkea, mutta sensijaan tappiot pakkaskuivauksessa olivat suhteellisen vähäiset. Eri laboratorioissa kynnsarvo- menetelmillä saadut tulokset eivät ilmeisestikään ole täysin vertailukelpoisia, mutta niistä käy kuitenkin selvästi ilmi, että kotimaisen sipulin hajun intensiteetti oli varsin voimakas myös pakkaskuivauksen jälkeen. Tätä johtopäätöstä tukevat myös makuprofiilikokeiden tulokset.

Kotimaisesta sipulimateriaalista todettiin sekä ryväs- että pistosipulin soveltuvan hyvin pakkaskuivauksen ja niistä pakkaskuivatut valmisteet olivat laadullisesti hyvin kilpailukykyisiä vastaaviin ulkomaisiin kaupallisiin valmisteisiin verrattuina. Ryvässipulin huomattavan korkea kuiva-aine (17,5... 20 %) olisi ilmeisesti varsin merkittävä tekijä valmistuksen taloudellisuuden kannalta. Ryvässipulin palorypälehappopitoisuus ei ollut käytetyssä materiaalissa niin korkea kuin aikaisemmat tulokset (MÄLKKI ym., 1978) antoivat aiheen odottaa. Sensijaan palorypälehappotappiot olivat pakkaskuivauksen aikana yleensä alle 10 % eli erittäin vähäiset. Tähän ovat ilmeisesti vaikuttaneet ryvässipulin korkea kuiva-aine ja ennenkaikkea korkea liukoisten hiilihydraattien pitoisuus (MÄLKKI ym., 1978). Liukoisten hiilihydraattien edullinen vaikutus pakkaskuivauksen aromiaineretentioon on havaittu useilla tuotteilla ja myös sipulimehulla suoritetuilla mallikokeilla. (OFARCİK ja BURNS,

1974). Kotimaisella sipulilla havaittu hitaan jäädytyksen edullinen vaikutus aromin säilyvyyteen on myös sopusoinnussa THIJSENIN (1975) selektiivisen diffuusion teorian ja sen perusteella tehtyjen mallikokeiden tulosten kanssa.

Sipulin pakkaskuivauksen kustannuksista VTT:n elintarvikelaboratoriossa tehdyt laskelmat osoittavat, että tähän menetelmään liittyvistä korkeista investointi- ja energiakustannuksista johtuen pelkät pakastus- ja kuivausoperaation kustannukset tulisivat Suomen olosuhteissa olemaan 7...8-kertaiset kuumailmakuivausoperaation nähden. Pakkaskuivatun tukkupakatun valmisteen tuotannon kokonaiskustannukset tulisivat olemaan noin 70...80 % korkeammat kuin ilmakeivillä valmistettuna. Kannattavuuden avainkysymyksenä on pakkaskuivausyksikön koko vuotuisen kapasiteetin mahdollisimman tehokas hyväksikäyttö. Koska kannattavasti toimivan yksikön minimikoko on myös jatkuvasti kasvanut, edellyttää tuotannon aloittaminen useiden kuivattavien tuotteiden saamista valmistusohjelmaan.

Tiivistelmä

Kotimaisella ryväs- ja pistosipulilla suoritettiin vuosina 1973 ja -74 puoliteknillisen mittakaavan pakkaskuivauskokeita, joihin oli valittu sipulimateriaali osittain aikaisempien vertailevien tutkimusten perusteella. Tuoreen ja kuivatun sipulin aromin voimakkuus määritettiin kemiallisesti arominmuodostusreaktion eräänä tuotteena syntyvän palorypälehapon määränä sekä veteen lietetyn sipulin hajun kynnyksarvona. Palorypälehapon muodostuksen ja kynnyksarvon logaritmin välillä havaittiin käänteinen korrelaatio, mutta hajonnan takia lisäsi molempien menetelmien käyttö rinnan määrityksen luotettavuutta. Eräissä tapauksissa arvosteltiin kuivasipulin aromia aistinvaraisilla maku-profiili- ja arvopistemenetelmillä.

Välittömästi korjuun jälkeen suoritettu lyhyt esikuivaus 28° C:n lämpötilassa lisäsi ryväsipuli Lemmin palorypälehapon muodostusta keskimäärin 18%. Kylmävarastointi vaikutti myös palorypälehapon muodostusta lisäävästi ja muodostus oli 5 kuukauden varastoinnin jälkeen 40 % alkuperäistä korkeammalla tasolla. Tutkittaessa ryväs- ja pistosipulin edullisia pakkaskuivausolosuhteita todettiin molempien soveltuvan hyvin pakkaskuivaukseen. Pakkaskuivauskytkin minimikesto oli 8 kg/m²:n kuormituksella 6 tuntia, kun valmisteen vesipitoisuus oli 3,5 %. Hitaasti jäädytetty (-20° C, ilman virtausnopeus 2,3 m/s) sipuli kutistui kuivauksen aikana vähemmän ja kuivavalmiste oli parempilaatuinen kuin nopeampaa jäädytystä käytettäessä.

Kaikki arominmääritysmenetelmät osoittivat kotimaisesta materiaalista pakkaskuivattujen sipulivalmisteiden olevan varsin aromirikkaita kirjallisuustietoihin ja tutkittuihin kaupallisiin valmisteisiin verrattuina. Tällöin edellytettiin kuitenkin, että sipulin pienentäminen suoritettiin välttämättä murskaamista. Makuprofiilin perusteella esiintyivät sipulille luonteenomaiset kirpeät ja pistävät (pungent) ja kyynelöitymistä aiheuttavat tekijät (lachrymatory factor) voimakkaina kotimaisissa kuivavalmisteissa.

Palorypälehapporetentio oli ryväsipulin pakkaskuivauksessa keskimäärin 90 % ja pistosipulilla keskimäärin 70 %. Ryväsipulin korkea liukoisten hiilihydraattien pitoisuus vaikutti ilmeisesti edullisesti retentioniin. Pakkaskuivatun

ryvæssipulin kynnysarvo vaihteli välillä 1,2 . . . 2,7 mg kuiva-ainetta/1000 ml ja pistosipulin välillä 0,4 . . . 0,7 mg kuiva-ainetta/1000 ml kun kirjallisuuden vastaavat arvot vaihtelevat välillä 2,5 . . . 40 mg kuiva-ainetta/1000 ml. Palorypälehapon muodostus oli sekä ryväs- että pistosipulista pakkaskuiva- tulla valmisteella noin 45 μ mol kuiva-ainegrammaa kohti. Ryvæssipulin korkea kuiva-aine (17,5 . . . 20 %) on varsin edullinen pakkaskuivauksen taloudellisuuden kannalta.

Kiitos

Aistinarvostelututkimukset on suorittanut fil.maist. Meri Suihko arvosteluryhmineen, josta tekijät esittävät parhaat kiitokset.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- FREEMAN, G. G. & WHENHAM, R. J. 1974. Changes in onion (*Allium cepa* L.) flavour components resulting from some post-harvest processes. *J. Sci. Fd Agric.* 25: 499—515.
- HEINONEN, S. 1974. Jäädytys- ja kuivausolosuhteiden vaikutus sipulin pakkaskuivauksessa. 84 p. Dipl. työ, Teknillinen korkeakoulu, Helsinki.
- HEISS, R. 1968. Haltbarkeit und Sorptionsverhalten wassarermer Lebensmittel. 163 p. Springer Verlag, Berlin—Heidelberg.
- HENDEL, C. E. & BAILEY, G. F. 1950. Measurement of nonenzymatic browning of dehydrated vegetables during storage. *Fd Technol.* 4: 344—347.
- JACOBSEN, E. 1975. The FHI-method for moisture determination in cereals and feedstuffs. *Cereal Chem.* 52: 740—741.
- McCOMB, E. A. & WRIGHT, H. M. 1954. Application of formamide as an extraction solvent with Karl Fischer reagent for the determination of moisture in some food products. *Fd Technol.* 8: 73—75.
- MÄLKKI, Y., NIKKILÄ, O. E. & AALTO, M. 1978. Sipulin koostumus ja aromi sekä niihin vaikuttavat tekijät. *Maatal.tiet. Aikak.* 50: 103—124.
- OFCARCIK, R. P. & BURNS, E. E. 1974. Carbonyl retention in model systems and Bermuda onion juice during lyophilization. *J. Fd Sci.* 39: 350—353.
- PELEG, Y., MANNHEIM, C. H. & BERK, Z. 1970. Changes in quality of dehydrated kibbled onions during storage. *J. Fd Sci.* 35: 513—517.
- SAGUY, M., MANNHEIM, C. H. & PELEG, Y. 1970. Estimation of volatile onion aroma and flavour compounds. *J. Fd Technol.* 5: 165—171.
- SCHWIMMER, S. & GUADAGNI, D. G. 1962. Relation between olfactory threshold concentration and pyruvic acid content of onion juice. *J. Fd Sci.* 27: 94—97.
- * —, VENSTROM, D. W. & GUADAGNI, D. G. 1964. Relation between pyruvate content and odor strength of reconstituted onion powder. *Fd Technol.* 18: 121—123.
- * — & WESTON, W. J. 1961. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. *J. Agr. Fd Chem.* 9: 301—304.
- TEWARI, G. M. & BANDYOPADHYAY, C. 1977. Pungency and lachrymatory factor as a measure of flavour strength of onion. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.* 10: 94—96.
- THJISSEN, H. A. C. 1975. Effect of process conditions in freeze drying on retention of volatile components. In: *Freeze Drying and Advanced Food Technology*. Academic Press, London. p. 373—400.

Käsikirjoitus saapunut 1. 3. 1978