

# Sadonkorjuun jälkeisen kuivauksen ja siilo-olosuhteiden vaikutus mallasohran elävyyteen ja mikrobiologiseen laatuun

Arja Laitila<sup>1)</sup>, Annika Wilhelmson<sup>1)</sup>, Hannu Mikkola<sup>2)</sup>, Raimo Kauppila<sup>3)</sup>, Erja Kotaviita<sup>4)</sup>, Juhani Olkku<sup>5)</sup>, Auli Haikara<sup>1)</sup> ja Silja Home<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> VTT Biotekniikka, PL 1500, FIN-02044 VTT, etunimi.sukunimi@vtt.fi

<sup>2)</sup> MTT Maatalousteknologian tutkimus, Vakolantie 55, FIN-03400 VIHTI, hannu.j.mikkola@mtt.fi

<sup>3)</sup> Kemira GrowHow Oy, PL 330, FIN-00101 HELSINKI, raimo.kauppila@kemira-growhow.com

<sup>4)</sup> Ravinto Raisio, Raisio Malt, PL 101, FIN-21201 RAISIO, erja.kotaviita@raisiogroup.com

<sup>5)</sup> Polttimo Yhtiöt Oy, PL 22, FIN-15141 LAHTI, juhani.olkku@polttimo.com

## Johdanto

Hyvälaatuinen ohra ja itämisen homogeenisuus ovat keskeisiä tekijöitä tasalaatuisen maltaan tuotannossa. Sadonkorjuun jälkeisillä toimenpiteillä kuten kuivauksella ja varastoinnilla on merkittävä vaikutus dormanssin purkautumiseen, jyvän elävyyteen sekä ohran ja maltaan mikrobiologiseen turvallisuuteen.

Pellolta tulevan ohran mikrobiflooran määrään ja koostumukseen vaikuttavat lukuisat eri tekijät mm. kasvukauden sää, kasvupaikka, kasvin lajikeominaisuudet ja sadonkorjuun ajankohta (Chelkowski 1991, Flannigan 1996). Ohran mikrobiekologia muuttuu sadonkorjuun ja varastoinnin yhteydessä. Ohra voi kontaminoitua sadonkorjuun jälkeen esim. puimureiden, kuivauslaitteiden tai varastotilojen välityksellä. Varastointilämpötila ja -kosteus vaikuttavat olennaisesti varastoidun viljan mikrobipopulaatioon. Ohralle tyypillisissä varastointiolosuhteissa viihtyvät lähinnä homeet. Homeiden voimakas lisääntyminen voi aiheuttaa erilaisia väri-, haju- ja makuvirheitä, heikentää ohran itävyyttä sekä johtaa mykotoksiinien muodostumiseen (Flannigan 1996, Noots ym. 1998, Sauer 1992, Sinha 1998). Viljoissa esiintyvät homeet jaetaan pelto- ja varastohomeisiin. Peltohomeet kuten *Alternaria*, *Cladosporium*, *Drechslera*, *Epicoccum* ja *Fusarium* kehittyvät viljoissa ennen sadonkorjuuta ja lisääntyäkseen ne vaativat runsaasti kosteutta. Niiden määrät yleensä vähenevät kuivatussa viljassa varastoinnin aikana. Varastohomeiden kasvuun riittää huomattavasti alhaisempi vesimäärä. Jo vähän yli 14% kosteus voi riittää varastohomeiden aktivoitumiseen. Yleisimmät varastohomesuvut ovat *Aspergillus*, *Eurotium* ja *Penicillium*. Vesi ja veden saatavuus sekä lämpötila ovat merkittäviä yksittäisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat mikrobien aktivoitumiseen ja lisääntymiseen varastoinnin aikana (Flannigan 1996).

Kemira GrowHown, Polttimo Yhtiöiden, Ravintoraision ja Tekesin rahoittamassa projektissa ”Menetelmät tasalaatuisen mallasohran tuotantoon” selvitettiin suomalaisen mallasohran varastointioleja käytännössä. Osa tuloksista on esitetty European Brewery Convention (EBC) –kongressissa Dublinissa keväällä 2003 (Laitila ym. 2004) sekä Mallas ja olut -lehden numerossa 5 (Wilhelmson ym. 2003). Tutkimuksessa kartoitettiin mallasohran kosteus- ja lämpötila tiloilla sadonkorjuun jälkeen ennen pitkäaikaista varastointia. Mittauksilla haluttiin selvittää, kuivataanko ohra riittävän kuivaksi ja mihin lämpötilaan se on jäädytetty ennen varastointia. Lisäksi kahdessa koesiilossa tutkittiin kosteuden ja lämpötilan vaikutuksia jyvän elävyyteen ja homeiden aktiivisuuteen pitkäaikaisen varastoinnin aikana.

## Aineisto ja menetelmät

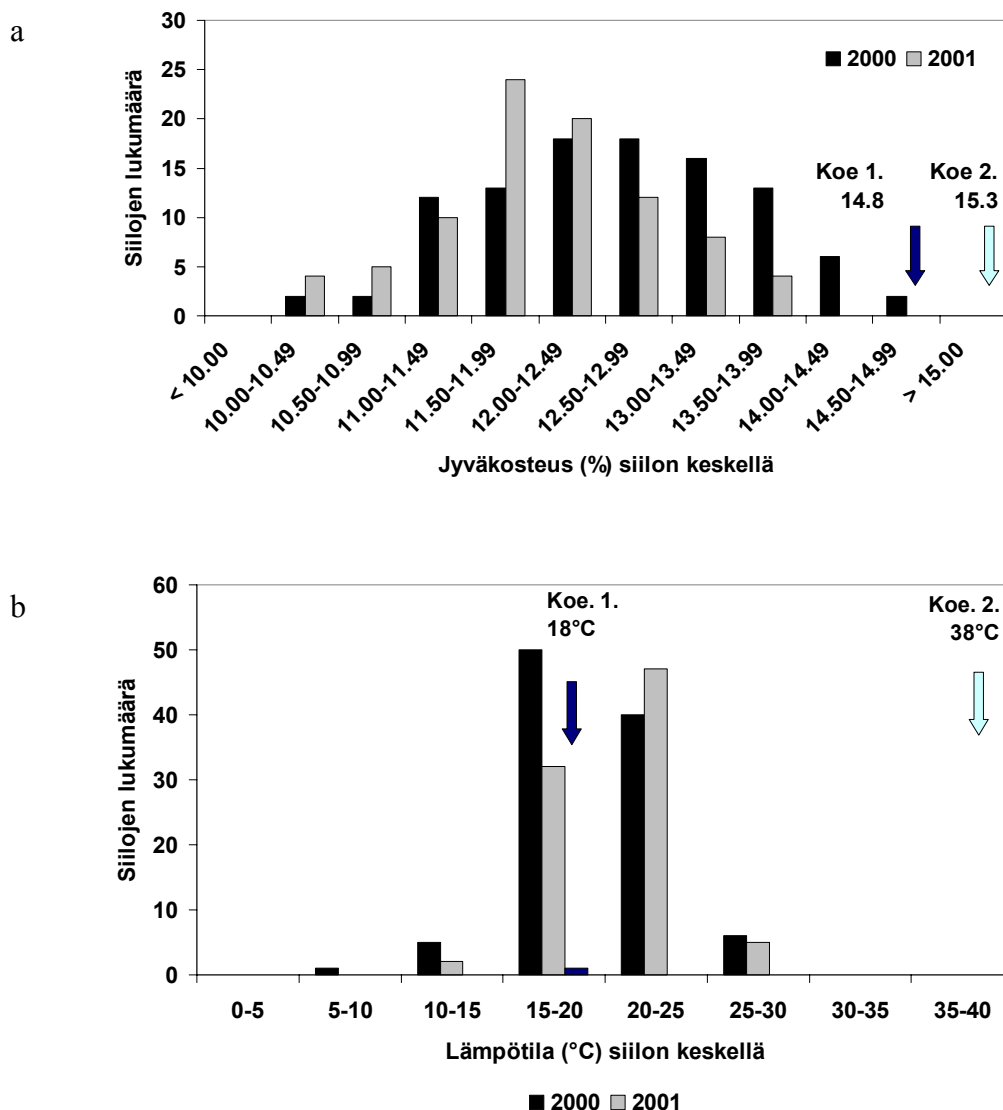
Vuosina 2000 ja 2001 tehdyissä kartoituksissa oli mukana yhteensä 189 viljelijöiden siiloa. Lämpötila mitattiin siilon keskeltä. Samalla siilosta otettiin näyte, josta mitattiin kosteus uunimenetelmällä. Tutkimukseen osallistuneille viljelijöille lähetettiin tiedot omasta mittaustuloksesta ja kaikkien siilojen keskiarvosta.

Koesiiloihin (2 kpl) varastoitiin 18 tonnia normaalia kosteampaa kaksitahoista mallasohraa. Siiloihin asennettiin ennen täyttöä lämpötila-anturit 10...100 cm etäisyydelle siilon ulkoreunasta. Anturit olivat neljän metrin korkeudella eli siilojen puolivälissä. Ulkolämpötila mitattiin rakennuksen pohjoispuolelta. Koe 1 -siiloon ohra siirrettiin jäädytettynä. Koe 2 -siilo puolestaan täytettiin lämpimällä ohralle heti kuivauksen jälkeen. Koesiiloja seurattiin yhdeksän kuukautta elokuun lopusta huhtikuun loppuun keväällä 2002. Siiloista otettiin näytteet laatuanalyysyjä varten kerran kuukaudessa. Näytteistä määritettiin kosteus, itämisenergia (4 ja 8 ml) ja itävyys vetyperoksidilla (Analytica-EBC 1998).

*Fusarium*-homeita seurattiin selektiivisellä CZID-alustalla. Varastohomeet (*Aspergillus*, *Eurotium*, *Penicillium*) määritettiin mallassuola-alustalla pintadesinfioiduista jyvistä. Homemääritykset tehtiin EBC Analytica Microbiologica ohjeiden mukaisesti (Analytica Microbiologica 2001).

### Tulokset ja tulosten tarkastelu

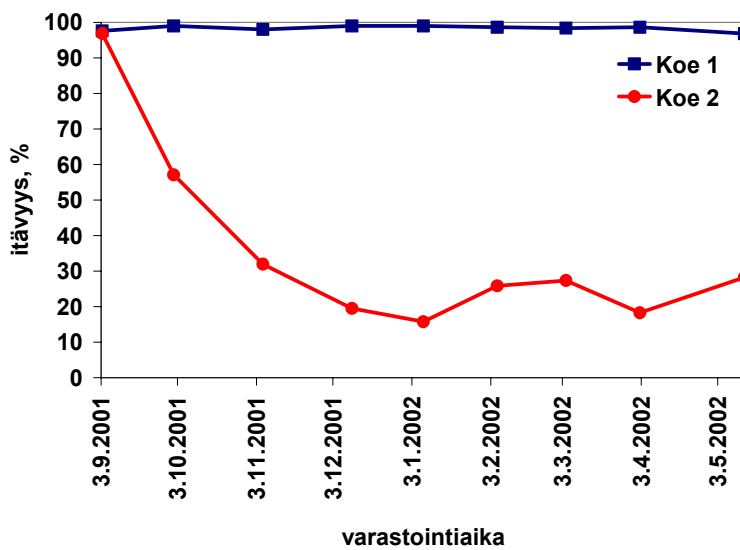
Suomessa mallasohra kuivataan aina ennen pitkäaikaista varastointia. Mikrobin kasvua varastoinnin aikana voidaan parhaiten hallita kuivaamalla ohra alle 13,5%. Vuonna 2000 tehdyssä kartoituksessa 2% siiloista ylitti kosteuspitoisuuden 14,5% (kuva 1a). Viljelijöille annettiin palaute heidän oman ohransa lämpötilasta ja kosteudesta sekä yhteenveto kaikkien tutkimukseen osallistuneiden tuloksista. Samalla heitä muistutettiin riittävän kuivauksen tärkeydestä. Vuoden 2001 tutkimuksessa kaikkien siilojen kosteus oli alle 14%. Ohran lämpötila varastointikauden alussa oli 15-25°C suurimmassa osassa (90%) siiloista (kuva 1b). Kuvaan 1 on merkitty myös kahden koesiilon näytteiden kosteus ja lämpötila ennen pitkäaikaista varastointia.



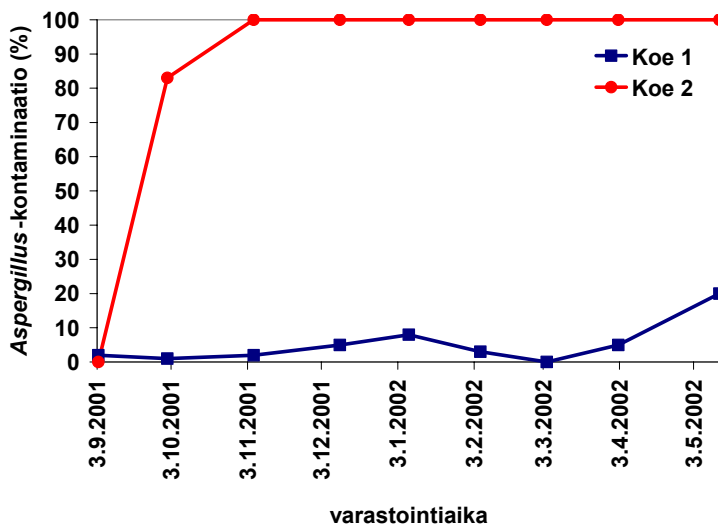
**Kuva 1.** Jyväkosteus (a) ja lämpötila (b) kuivauksen jälkeen ennen pitkäaikaista varastointia. Siilojen lukumäärä vuonna 2000 oli 102 ja vuonna 2001 määrä oli 87.

Kahdessa koesiilossa tutkittiin kosteuden ja lämpötilan vaikutuksia jyvän elävyyteen ja homeiden aktiivisuuteen pitkäaikaisen varastoinnin aikana. Koesiilojen lämpötilavaihtelua seurattiin yhdeksän kuukauden ajan neljästä eri kohtaa siiloa. Tutkimuksen mukaan ohra-siiloon muodostuvan lämpötilagradientin suuruus riippui erityisesti ohran lähtölämpötilasta ja ulkolämpötilasta säilytyksen aikana (Laitila ym 2004, Wilhelmson ym. 2003). Koesiiloihin varastoitujen ohrien lähtökosteudet olivat

suositeltua korkeammat: 14,8 % (koe 1) ja 15,3% (koe 2) (kuva 1a). Koe 1 -siiloon ohra siirrettiin jäädytettyinä. Ohrapatjan lämpötila varastointikauden alussa oli 18°C. Koe 2 -siilo puolestaan täytettiin lämpimällä ohralla heti kuivauksen jälkeen (alkulämpötila 38°C). Tämä tutkimus osoitti selvästi, että varastohomeet voivat pilata ohran erittäin nopeasti, jos ohraa varastoidaan lämpimässä (jyväpatjan lämpötila varastoinnin alussa >30°C) ja kosteissa olosuhteissa (noin 15%). Varastointikauden alussa ohran elävyys molemmissa koesiiloissa oli hyvä, 97-98% (kuva 2). *Aspergillus glaucus* -ryhmän sienten tunkeutuminen ohran alkioon koe 2 -siilossa johti itävyyden nopeaan alenemiseen (kuva 3). Itämiskapasiteetti laski 40% jo ensimmäisten varastointiviikkojen aikana. Näytteistä eristettiin ja identifioitiin kaksi *Aspergillus glaucus* -ryhmän sientä (*Eurotium amstelodami* ja *E. rubrum*), jotka aiheuttivat jyvän vitaalisuuden pysyvän laskun. Näiden homeiden toksiniituotanto on huonosti tunnettu. Varmuuden vuoksi koesiiloista määritettiin aflatoksiini ja okratoksiini A-pitoisuudet. Kummastakaan siilosta ei havaittu homeiden tuottamia toksineja. Hyvissä varastointiolosuhteissa pelto- ja varastohomeiden määrä ei lisääntynyt varastoinnin aikana.



**Kuva 2.** Ohran itämiskapasiteetti koesiiloissa pitkäaikaisen varastoinnin aikana. Koe 1 siiloon ohra siirrettiin jäädytettyinä. Koe 2 siiloon ohra siirrettiin lämpimänä.



**Kuva 3.** *Aspergillus*-sienillä kontaminoituneet jyvät (%) koesiiloissa pitkäaikaisen varastoinnin aikana. Koe 1 siiloon ohra siirrettiin jäädytettyinä. Koe 2 siiloon ohra siirrettiin lämpimänä.

## Johtopäätökset

Tutkimus vahvisti, että Suomessa mallasohra yleensä kuivataan ja jäähdytetään riittävästi ennen pitkäaikaista varastointia. Siilo-olosuhteiden ja niiden vaikutusten tunteminen auttaa ennakoimaan itämisen tasaisuutta. Lisäksi ohran riittävällä kuivaamisella, jäähdytyksellä ja huolellisella varastoinnilla voidaan rajoittaa mikrobien aiheuttamaa tuhoa pitkäaikaisen varastoinnin aikana sekä estetään mahdollisten hometoksiinien muodostuminen. Kuivaus nopeuttaa myös dormanssin purkautumista. Mikäli ohraa ei pystytä jäähdyttämään riittävästi ennen siiloon siirtämistä, on erityisen tärkeää varmistaa, että ohra kuivataan tarpeeksi kuivaksi alle 13,5% mikrobiologisten riskien välttämiseksi.

## Kirjallisuus

**Analytica-EBC.** 1998. Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg.

**Analytica Microbiologica-EBC.** 2001, Fachverlag Hans Carl. 195 s.

**Chelkowski, J.** 1991. Cereal grain. Mycotoxins, Fungi and quality in drying and storage. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 607 s.

**Flannigan, B.** 1996. The microbiota of barley and malt. Teoksessa *Brewing Microbiology*. Toim. Priest, G. & Campell, I. Klower Academic/Plenum Publishers, New York, 111.180.

**Laitila, A., Wilhelmson, A., Mikkola, H., Kauppila, R., Kotaviita, E., Olkku, J., Haikara, A. & Home, S.** 2004. Importance of drying and sound storage conditions on the microbiological safety and viability of malting barley. Julkaisussa: Proceedings of the 29<sup>th</sup> International European Brewery Convention Congress, Dublin, Ireland May 2003. In press.

**Noots, I., Delcour, J.A. & Michiels, C.W.** 1998. From field barely to malt: detection and specification of microbial activity for quality aspects. *Crit. Rev. Microbiol.* 25:121-153.

**Sauer, D.B.** 1992. Storage of cereal grains and their products. American Association of Brewing Chemists, St. Paul, 615 s.

**Sinha, K.K. & Bhatnagar, D.** 1998. Mycotoxins in agriculture and food safety. Marcel Dekker Inc., New York, 511 s.

**Wilhelmson, A., Mikkola, H., Laitila, A., Reinikainen, P., Olkku, J., Kotaviita, E. & Home, S.** 2003. Mallasohran varastointiolosuhteet ja niiden vaikutus ohran laatuun. *Mallas ja olut-lehti* 5:133-140.