

Tiina Tiainen

Raakavihannesten mikrobiologia Raakavihannesten mikrobifloora ja pilaantuminen – kirjallisuuskatsaus

Microbiology of fresh produce Microbial flora and spoilage of fresh produce – a review

YHTEENVETO

Raakasalaattien ympärivuotinen käyttö on voimakkaasti lisääntynyt. Suomen maantieteellisestä sijainnista johtuvan vuodenaikaisvaihtelun aiheuttamat saatavuusongelmat on ratkaistu tuontia lisäämällä. Tuonnin mahdollistaa muun muassa se, että kasvien normaalien pilaajamikrobien lisääntymistä voidaan nyky menetelmillä hillitä tehokkaasti. Tässä kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi raakojen kasvien normaalia mikrobiflooraa ja kasvien pilaantumiseen vaikuttavia tekijöitä.

SUMMARY

The use of fresh produce all year round has increased enormously. Availability problems due to seasonal change because of Finland's geographical position, have been solved by the increasing import from distant countries. For example, new methods, which enable an effective reduction of the growth of spoilage microbes, have made it possible to import fresh produce from all over the world. This literature review treats normal microbial flora in fresh produce and factors that affect spoilage of fresh produce.

JOHDANTO

Ruokatottumukset ovat – myös Suomessa – muuttuneet viime vuosina ja vuosikymmeninä enemmän tuoreita kasviksia ja hedelmiä suosiviksi (Käferstein ym. 1997, Räsänen 2001). Tuoreiden kasvien ympärivuotisen tarjonnan mahdollistamiseksi niitä tuodaan ulkomailta hyvinkin kaukaa: elintarviketuotanto on muuttunut maailmanlaajuisesti (Käferstein ym. 1997, Liang ym. 2001). Nykyinen maailmanlaajuinen kauppa ei olisi mahdollista ilman kasvien säilyvyyttä pidentäviä toimenpiteitä, joilla pyritään vaikuttamaan muun muassa niiden mikrobiflooraan. Yleiseen kulutukseen tarjottavien raakojen

kasvituotteiden hygieenisen laadun arvioimisen pohjaksi tarvitaan tietoa kasvien normaalifloorasta ja säilytyksen vaikutuksista siihen.

RAAKOJEN VIHANNESTEN NORMAALIT MIKROBI- PITOISUUDET

Kasvien bakteerifloora on peräisin niiden kasvuympäristöstä (maaperä, ilma, vesi, hyönteiset, eläimet) tai käsittelyympäristöstä (työntekijät, työkalut ja -laitteet, sekä työtilat). Mikrobipitoisuudet ovat yleensä suhteellisen suuria kasvien pintaosissa, mutta eräät mikrobit voivat tunkeutua myös kasvien sisäosiin pintavaurioiden kautta, eräissä tapauksissa myös

terveeseen kasviin (ICMSF 1998). Vahingoittumattoman kasvin pintaan voivat kiinnittyä erityisesti sellaiset bakteerit, jotka voivat muodostaa biofilmin suojakseen ympäristötekijöitä vastaan (Carmichael ym. 1999). Biofilmi voi tarjota suojaosan elinympäristön myös patogeenisille bakteereille. Kasvien mikrobifloorassa on todettu useita eri bakteerilajeja, hiivoja ja homeita, joskin homeiden ja hiivojen määrä on tutkimuksissa ollut kokonaisbakteeripitoisuutta pienempi (Koburger & Farhat 1975, Splittstoesser ym. 1977, Dennis 1987, Garg ym. 1990). Mikrobiflooran koostumus on kuitenkin tuotekohtainen ja siihen vaikuttavat muun muassa tuotteen ominaisuudet sekä ulkoiset tekijät (Martinez ym. 2000).

Sadonkorjuun aikaan kasvien homepitoisuuksien on todettu vaihtelevan välillä 10^3 ja 10^4 pmy/g. Kasvien pinnalla oleva multa lisää mikrobimääriä (Webb & Mundt 1978). Kesällä vaikuttaisivat pilkotujen kasvien kokonaisbakteeripitoisuudet olevan korkeampia kuin talvikuukausina (Manvell & Ackland 1986).

Ennen jatkoprosessointia (pilkominen ym.) on raaoissa kasviksissa todettu seuraavia kokonaisbakteeripitoisuuksia: kaali $\log_{10}$ 3,6–6,3; salaatti $\log_{10}$ 4,3; pinaatti $\log_{10}$ 6,3–7,4; porkkanat $\log_{10}$ 5,6 ja pavut $\log_{10}$ 5,3–7,5 (Splittstoesser 1970, Garg ym. 1990). Itujen bakteeripitoisuudet ovat yleensä varsin korkeat verrattuna vihanneksiin.

Manvell & Ackland (1986) totesivat, että pakattujen, kylmäsäilytettujen salaattien mikrobifloorasta 78 prosenttia on bakteereita, 17 prosenttia hiivoja ja 5 prosenttia homeita. Bakteereista on gramnegatiivisia 82 prosenttia ja streptokokkeja 15 prosenttia. Gargin ym. (1990) mukaan suurin osa vihanneksen eri teollisissa käsittelyvaiheissa todetuista mikrobeista oli psykrotrofisia bakteereja. Maitohappobakteerien pitoisuudet olivat pieniä. Sienet edustivat näissä näytteissä porkkanatikkuja lukuun ottamatta vain pientä osaa kokonaismikrobeista. Sienistä noin 80 prosenttia oli hiivoja.

RAAKOJEN VIHANNES- TEN PILAANTUMINEN

Tuoreet kasvikset pilaantuvat suhteellisen nopeasti, minkä jälkeen niitä ei aistinvaraisten muutosten vuoksi voi enää käyttää elintarvikkeena. Pilaantuminen liittyy usein kasvin rakenteen hajoamiseen joko fyysikaalisen vaurion tai ikääntymisen vuoksi, jolloin ravinteita ja vettä vapautuu kasvisoluista mikrobien käyttöön ja mikrobit pääsevät lisääntymään. Samalla pilaajamikrobit sekä patogeeniset bakteerit pääsevät kiinnittymään kasvin solukkoon (ICMSF 1998). Carmichaelin ym. (1999) mukaan biofilmi laajenee ja kerrostuu varastoinnin aikana salaatinlehtien pinnalla ja usein biofilmi on runsasta vahingoittuneen kasvisolukon pinnalla.

Wun ym. (1972) tutkimusten mukaan suurin osa vihannesten pilaantumista johtuu homeista. Homeiden ja hiivojen pitoisuudet lisääntyvät merkittävästi ainakin porkkanoissa kylmäsäilytyksen aikana (Beuchat & Bracket 1990, Garg ym. 1990). Haon ym. (1998) tutkimustulosten perusteella näyttää siltä, että homeiden ja hiivojen pitoisuuden lähetessä arvoa $\log_{10} 6$ alkaa salaatissa ja kaalissa esiintyä aistinvaraisia pilaantumismuutoksia. Pilaantumista aiheuttavia home-sienisukuja ovat muun muassa *Penicillium*, *Sclerotinia*, *Botrytis* ja *Rhizopus* (Wu ym. 1972) ja pilaajahiivoja muun muassa *Rhodotorula* spp., *Candida* spp. sekä *Kloeckera apiculata* (Dennis 1987). Erityisesti happamissa tai hapotetuissa vihannevalmisteissa voivat hiivat lisääntyä nopeasti, mikäli happipitoisuutta ei ole rajoitettu. Hiivat nostavat tuotteen pH:ta ja muokkaavat siten olosuhteita muille pilaajaorganismeille sopiviksi (ICMSF 1998).

Noin kolmannes pilaantumista johtuu bakteereista: yleisiä pilaajia ovat muun muassa koliformit, *Erwinia carotovora* sekä tietyt pektinolyttiset pseudomonakset (Brocklehurst & Lund 1981). Muita kasviksissa todettuja pilaajabakteereja ovat koryneformit, maitohappobakteerit, itiölliset bakteerit ja mikrokokit (Dennis 1987). Kasvien säilyttäminen huoneenlämpötilassa mahdollistaa mesofiilisten bakteerien nopean lisääntymisen, jolloin pilaantuminen on nopeampaa (Manvell & Ackland 1986). Mikrobit lisääntyvät nopeammin pilkotuissa ja paloitetuissa kasviksissa verrattuna käsittelemättömiin kasviksiin. Myös pesusta johtuva jäännöskosteus voi antaa jäljelle jääneille mikrobeille mahdollisuuden lisääntyä nopeasti (Bolin ym. 1977, ICMSF 1998).

SÄILYTYSLÄMPÖTILAN VAIKUTUS RAAKA- KASVISTEN MIKROBI- PITOISUUTEEN

Kylmäsäilytys hidastaa useiden tutkimuksien mukaan bakteerien lisääntymistä raaoissa kasviksissa (Kader 1980 ja 1986, Masson 1988, Little ym. 1999). Osasyys lienee bakteerilajiston valikoituminen hitaammin lisääntyviin sekä mikrobien aineenvaihdunnan hidastuminen. Kylmäsäilytys vaikuttaa kuitenkin myös kasvien soluhengitykseen ja siten hidastaa aistinvaraisia laatu-muutoksia (Hao & Bracket 1993), minkä vuoksi mikrobien käyttöön vapautuu hitaammin ravinteita kuin lämpimässä säilytetyissä kasviksis-

sa. Vallitsevat bakteerilajit näyttävät vaihtelevan eri säilytyslämpötiloissa.

Manvellin & Acklandin (1986) mukaan korkeat maitohappopitoisuudet pilkotuissa vihanneksissa kuvaavat puutteita tuotteen säilytyslämpötiloissa: 30 °C:n lämpötilassa suurin osa bakteerifloorasta vaikutti heidän tutkimuksensa mukaan olevan maitohappobakteereita, kun taas alhaisissa lämpötiloissa gramnegatiiviset bakteerit olivat vallitsevia. Kuitenkin Littlen ym. (1999) sekä Massonin (1988) tutkimuksissa todettiin myös gramnegatiivisten bakteerien lisääntyvän nopeammin noin 20 °C:n lämpötilassa verrattuna kylmäsäilytykseen. Masson (1988) totesi, että koliformisten bakteerien pitoisuudet olivat nousseet tasolle $\log_{10} 6$ pmy/g kun tuotetta säilytettiin 20 °C:n lämpötilassa kuuden päivän ajan. Little ym. (1999) taas havaitsivat tutkimuksessaan kylmäsäilytettujen salaattien enterobakteeripitoisuuksien pysyvän alle $\log_{10} 4$ pmy/g, kun huoneenlämpötilassa säilytettujen salaattien pitoisuudet kohosivat 17 prosentissa tutkituista näytteistä yli $\log_{10} 4$ pmy/g. Brocklehurst ym. (1987) sekä Nguen-The & Prunier (1989) havaitsivat sekä maitohappobakteeri- että *Pseudomonas* sp. -pitoisuuksien nousevan tasolle $\log_{10} 8$ pmy/g säilyvyysaikojen loppupuolella 7-10 °C:n varastointilämpötilassa. Muita säilytyksen aikana todettuja muutoksia olivat pH:n lasku (Manvell & Ackland 1986, Hao ym. 1998) sekä etanolipitoisuuden nousu (Hagenmeier & Baker 1998) yhteys säilytysaikaan.

RAAKOJEN KASVIS- TUOTTEIDEN MIKROBI- PITOISUUKSIEN HALLINTA

Kylmäsäilytyksen lisäksi voidaan pilkottujen raakavihanneksen bakteeripitoisuuksien nousua hidastaa laskemalla varastotilojen O₂-pitoisuutta 1-5 prosenttiin ja nostamalla samalla CO₂-pitoisuutta noin 20

prosenttiin (Kader 1980 ja 1986, IFST 1990). Mikrobipitoisuuksia (ICMSF 1998) ja jopa biofilmiä (Carmichael ym. 1999) voidaan raakakasviksista vähentää pesulla, kunhan huolellisella kuivauksella ehkäistään tuotteen laadun heikkeneminen (Soriano ym. 2001). Myös kloorivesikäsittelyllä (Soriano ym. 2000, Beuchat & Bracket 1990), hapottamalla ja säilöntäaineilla (ICMSF 1998) sekä bakteriosiiineillä (Bennik ym. 2000) voidaan bakteeripitoisuuksia joissain tapauksissa hillitä. Tehokkain keino vähentää mikrobipitoisuuksia on kuitenkin vahingoittuneiden ja likaisten osien poisto mahdollisimman nopeasti (Adams ym. 1989). Myös kasvien huolellinen ja hellävarainen käsittely vähentää ravinteiden vapautumista mikrobien käyttöön ja pilaajamikrobien kiinnittymistä kasviin (Bolin ym. 1977).

KIRJALLISUUS

- Adams, M. R., Hartley, A. D. & Cox, J. L. Factors affecting the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. *Food Microbiol.* 6, 1989: 69-77.
- Bennik, H. J., Smid, E. J. & Gorris, L. Use of biopreservation in minimal processing of vegetables. Teoksessa: Alzamora, S. M. ym. (toim.) Minimally processed fruits and vegetables, An Aspen Publication, Inc. US, 2000. s. 265-276.
- Beuchat, L. R. & Bracket, R. E. Inhibitory effects of raw carrots on *Listeria monocytogenes*. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 1990: 1734-1742.
- Bolin, H. R., Stafford, A. E., King, A. D. Jr & Huxsoll, C. C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce, *J. Food Sci.* 4, 1977: 1319-1321.
- Brocklehurst, T. F. & Lund, B. M. Properties of pseudomonads causing spoilage of vegetables stored at low temperature. *J. Appl. Bacteriol.* 50, 1981: 259-266.
- Brocklehurst, T. F., Zaman-Wong, C. M. & Lund, B. M. A note on the microbiology of retail packs of prepared vegetables. *J. Appl. Bacteriol.* 63, 1987: 109-415.
- Carmichael, I., Harper, I. S., Coventry, M. J., Taylor, P. W., Wan, J. & Hickey, M. W. Bacterial colonization and biofilm development on minimally processed vegetables. Symposium Supplement. *J. Appl. Microbiol.* 85, 1999: 45-51.
- Dennis, C. Microbiology of fruits and vegetables, Teoksessa: Norris J. R. ym. (toim.) Essays in Agricultural and food Microbiology. J. Wiley & Sons, UK, 1987, 227-260.
- Garg, N., Churey, J. J. & Splittstoesser, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. *J. Food Prot.* 53, 1990: 701-703.
- Hagenmaier, R. & Baker, R. A Survey of Microbial Population and Ethanol Content of Bagged Salad. *J. Food Prot.* 61, 1998: 357-359.
- Hao Y.-Y. & Brackett R.E. Influence of modified atmosphere on growth of vegetable spoilage bacteria in media. *J. Food Prot.* 56, 1993: 223-228.
- Hao Y.-Y., Brackett R.E., Beuchat L. R. & Doyle M. P. Microbiological quality and the inability of proteolytic *Clostridium botulinum* to produce toxin in film-packaged fresh-cut cabbage and lettuce. *J. Food Prot.* 61, 1998: 1148-1153.
- ICMSF, Micro-organisms in Foods 6: Vegetables and vegetable products, Blackie Academic and Professional, International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 2, 1998, s. 215-251.
- Kader, A. A. Prevention in ripening in fruits by use of controlled atmosphere. *Food Technol.* 34, 1980: 51-54.
- Kader, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40, 1986: 99-104.
- Koburger, J. A. & Farhat, B. Y. Fungi in foods, VI. A comparison of media to enumerate yeasts and moulds. *J. Milk Technol.* 38, 1975: 466-468.
- Käferstein, F. K., Motarjemi, Y. & Bettcher, D. W. Foodborne disease control: A transnational challenge. *Emerg. Inf. Dis.* 3, 1997: 503-510.
- Liang, A., Koopmans, M. Doyle, M., Bernard, D. & Brewer, C. Teaming up to prevent foodborne disease. *Emerg. Inf. Dis.* 7, 2001: 3 s.
- Little, C., Roberts, D., Youngs, E. & de Louvois, J. Microbiological quality of retail imported unprepared whole lettuces: a PHLS food working group study. *J. Food Prot.* 62, 1999: 325-328.
- Manvell, P. M. & Ackland, M. R. Rapid detection of microbial growth in vegetable salads at chill and abuse temperatures. *Food Microbiol.* 3, 1986: 59-65.
- Martínez, A., Díaz, R. V. & Tapia, M. S. Microbial Ecology of spoilage and pathogenic flora associated to fruits and vegetables. Teoksessa: Alzamora, S. M. ym. (toim.) Minimally processed fruits and vegetables, fundamental aspects and applications, Aspen Publishers, Inc. U.S. 2000, s. 43-61.
- Masson, A. Microbiologie de légumes frais prédecoupés (Microbiology of fresh ready cut vegetables). *Microbial. Alim. Nutr.* 6, 1988: 197-199.
- Nguyen-The, C. & Prunier, J. P. Involvement of pseudomonads in deterioration of 'ready-to-use' salads. *Int. J. Food Sci. Technol.* 24, 1989: 47-58.
- Räsänen, L. Perinneruoasta nykyasuutuksiin. *Kansanterveyslehti* 5 /1999, s. 2-3.
- Soriano J., Rico H., Moltó J. & Manès J. Assessment of the microbiological quality and wash treatments of lettuce served in university restaurants. *Int. J. Food. Microbiol.* 58, 2000: 123-128.
- Soriano J., Rico H., Moltó J. & Manès J. *Listeria* Species in Raw and Ready-to-Eat Foods from Restaurants. *J. Food Prot.* 64, 2001: 551-553.
- Splittstoesser, D. F. Predominant microorganisms on raw plant foods. *J. Milk Food Technol.* 33, 1970: 111-113.
- Splittstoesser, D. F., Groll, M., Downing, D. L. & Kamiski, J. Viable counts versus the incidence of machinery mold (*Geotrichum*) on processed fruits and vegetables. *J. Milk food. Technol.* 40, 1977: 402-405.
- Webb, T. A. & Mundt, J. O. Moulds on vegetables at the time of harvest. *Appl. Environ. Microbiol.* 35, 1978: 655-658.
- Wu, C. M., Koehler, P. E. & Ayres, J. C. Isolation and identification of xanthotoxin (8-mehoxy-psoralen) and bergapten (5-methoxy-psoralen) from celery infected with *Sclerotinia sclerotiorum*. *App Microbiol.* 23, 1972: 852-856.

KIRJOITTAJAN OSOITE

Tiina Tiainen, ELL
Apulaiseläinlääkäri, ELTDK,
Elintarvike- ja ympäristö-
hygienian laitos
Kukankaari 5
06100 PORVOO
Pubelin: työ (019) 520 4250
040 723 4141