

Pakasteesta sulatetun suomukalan tuoreuden säilyvyys

Tapani Hattula

VTT Bio- ja elintarviketekniikka



ISBN 951-38-5457-4 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5463-9(URL:<http://www.inf.vtt.fi/pdf>)
ISSN 1455-0865 (URL:<http://www.inf.vtt.fi/pdf>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1999

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Bio- ja elintarviketekniikka, Elintarviketekniikka, Biologinkuja 1, PL 1500, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 455 2103

VTT Bio- och livsmedelsteknik, Livsmedelsteknik, Biologgränden 1, PB 1500, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 455 2103

VTT Biotechnology and Food Research, Food Technology,
Biologinkuja 1, P.O.Box 1500, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 455 2103

Toimitus Kerttu Tirronen

Libella Painopalvelu Oy, Espoo 1999

Hattula, Tapani. Pakasteesta sulatetun suomukalan tuoreuden säilyvyys [The shelf life of fresh and frozen thawed freshwater fish during cold storage]. Espoo 1999. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1969. 42 s. + liitt. 7 s.

Avainsanat food, fishes, shelf life, storage, cold storage, fillets, microbes, deep freezing, melting, quality

Tiivistelmä

Kalaa on pakastettu säilyvyyden pidentämiseksi jo monta vuosisataa sitten. Haitallisimmat muutokset pakkasvarastoinnin aikana kohdistuvat kalan rasvaan ja proteiineihin. Rasva hapettuu muodostaen sivuhajuja ja proteiinien rakenne muuttuu puumaiseksi. Kala säilyy kirjallisuuden mukaan pakkasvarastossa 2 - 18 kuukautta kalalajin ja lämpötilan mukaan.

Tutkimuksessa todettiin, että tuoreista ahvenista ja hauista tehdyt fileet säilyivät +6 °C:ssa 3 vuorokautta mutta kuhat 7 vuorokautta. Jos kuha oli verestetty, siitä tehty file säilyi pakastamattomana paremmin kuin verestämättömästä kalasta tehty file. Kuha, ahven ja hauki voidaan pakastaa ja varastoida yhden kuukauden ajan niin, että niistä voidaan tehdä fileet, jotka säilyvät myyntikelpoisina kaupan kylmätiskissä 3 vrk edellyttäen, että kylmätiskin lämpötila on 6 °C. Neljän kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen tehdyt kuhafileet säilyivät kylmätiskissä 3 vuorokautta, mutta ahvenfileet vain yhden vuorokauden. Neljä kuukautta pakkasvarastossa olleesta hauesta ei saatu enää kauppakelpoisia fileitä. Pakastetusta kuhasta tehdyt kuhafileet säilyivät kauppakelpoisina kolme kuukautta pakkasvarastossa. Kastelu 5 %:n sitruunahapolla ennen pakastusta ei juuri parantanut tutkittujen kalalajien säilyvyyttä.

Pakastetuista kaloista tehtyjen fileiden mikrobipitoisuus oli alussa pienempi kuin tuoreista kaloista tehtyjen fileiden. Kylmätiskisäilytyksessä pakastetuista kaloista tehdyissä fileiden mikrobipitoisuus oli yhtä suuri kuin tuoreista kaloista tehdyissä fileidenkin.

Hattula, Tapani. Pakasteesta sulatetun suomukalan tuoreuden säilyvyys [The shelf life of fresh and frozen thawed freshwater fish during cold storages]. Espoo 1999. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1969. 42 p. + app. 7 p.

Keywords food, fishes, shelf life, storage, cold storage, fillets, microbes, deep freezing, melting, quality

Abstract

Freezing has been known for centuries as a means of long-term preservation. However, during frozen storage detrimental changes are observed in fat and proteins. Fat is oxidized, causing off-odours, and the texture of proteins changes from soft to woody. According to literature data the storage life of frozen fish is between 2 and 18 months depending on the fish species and the storage temperature.

In this study, fillets made of fresh perch and pike were saleable for 3 days at +6 °C. Fillets made of fresh pike-perch kept for 7 days. Fillets made of pike-perch which had been bled kept better than fillets made of unbled fish. Pike-perch, perch and pike can be stored one month in frozen storage and fillets made of these fish after thawing are saleable for three days if stored at +6 °C. Fillets made of pike-perch which were stored frozen for four months were saleable 3 days in chilled storage, whereas fillets made of perch stored frozen for 4 months were saleable only for one day when stored at 6 °C and fillets made of pike stored frozen for 4 months as frozen were not saleable at all. Dipping of fresh fish into 5 % citric acid before freezing did not extend the shelf life of the fish after thawing.

The content of microbes was lower in fillets made of frozen fish than in those made of fresh fish at the beginning of cold storage. However, the differences in microbial counts decreased during cold storage.

Alkusanat

Vuonna 1997 käynnistyi VTT Bio- ja elintarviketekniikassa projekti: ”Pakasteesta sulatetun ja tuoreen suomukalan säilyvyys” Siinä tutkittiin kuusi kuukautta pakkasvarastossa olleista peratuista kuhista, ahvenista ja hauista tehtyjen fileiden säilymistä sulatettuina. Projektia koordinoi Suomen Kalakauppiasliitto ry maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella. Kenttäkokeet suoritettiin Kalarannan Vihannes Oy:ssä Uudessakaupungissa. Kiitän yhteistyössä mukana olleita toiminnanjohtaja Raimo Hautalaa, kalastusneuvos Pekka Niskasta ja johtaja Tapio Haijasta.

Jatkona edelliselle projektille käynnistettiin projekti ”Pakastetusta sulatetun suomukalan tuoreuden säilyvyys”, jota tämä tiedote käsittelee. Tässäkin projektissa Suomen Kalakauppiasliitto toimi koordinaattorina ja maa- ja metsätalousministeriö rahoittajana. Kiitän yksikköstämme projektissa mukana olleita sekä yhteistyöstä toiminnanjohtaja Asta Kiiskistä, erikoissuunnittelija Raija Aaltosta ja kalastaja Vesa Vihistä.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract	4
Alkusanat	5
1. Kirjallisuuskatsaus	8
1.1 Johdanto.....	8
1.2 Pakastuksessa ja pakkasvarastoinnissa tapahtuvat muutokset.....	8
1.2.1 Jääkiteiden muodostuminen.....	8
1.2.2 Pakastumisnopeus	8
1.2.3 Veden haihtuminen ja värinmuutokset.....	9
1.2.4 Rakenteen muuttuminen	9
1.2.5 Kemiaalliset ja biokemiaalliset muutokset.....	9
1.2.6 Mikrobiologiset muutokset	10
1.3 Usean pakastuksen vaikutus	10
1.4 Kalan säilyvyysajat pakkasvarastoinnissa.....	11
1.5 Pakastuksessa ja pakkasvarastoinnissa tapahtuvien kemiallisten muutosten estäminen.....	12
1.5.1 Raaka-aineen laatu	12
1.5.2 Muut keinot	13
1.6 Kalan sulatus ja säilyvyys sulatuksen jälkeen.....	13
1.6.1 Kalan sulatus	13
1.6.2 Kalan säilyvyys tuoreena ja sulatettuna	13
2. Kokeellinen osa.....	15
2.1 Johdanto.....	15
2.2 Materiaalit ja menetelmät	15
2.2.1 Kokonaisten suomukalojen pakastus	15
2.2.2 Vertailufileiden valmistus	17
2.2.3 Fileiden valmistus pakastetuista kaloista	18
2.2.4 Aistinvarainen arviointi.....	19
2.2.5 Mikrobimääritykset.....	20
2.2.6 Fysikaaliset tuoreusmääritykset	20
2.2.7 Kemiaalliset tuoreusmääritykset.....	20
2.3 Tulokset	21
2.3.1 Fysikaaliset tuoreusmääritykset	21
2.3.2 Kemiaalliset tuoreusmääritykset.....	21
2.3.3 Kalojen pH-mittaukset	22
2.3.4 Aistinvarainen arviointi tuoreista fileistä: analyysisarja 1	23

2.3.5	Mikrobiologiset määritykset tuoreista fileistä: analyysisarja 1	28
2.3.6	Aistinvarainen arviointi tuoreista ja pakastetuista kaloista tehdyistä fileistä: analyysisarja 2 ja 3	30
2.3.7	Mikrobimääritykset tuoreista ja pakastetuista kaloista tehdyistä fileistä: analyysisarja 2 ja 3	35
2.4	Johtopäätökset ja jatkotoimet	37
	Lähdeluettelo	39

LIITTEET

Liite A: Analyysisarja 1: Pakastamattomista kaloista tehdyt analyysit

Liite B: Analyysisarja 2: Kuukauden pakkausvarastossa olleista kaloista tehdyt analyysit

Liite C: Analyysisarja 3: Neljä kuukautta pakkasvarastossa olleista kaloista tehtyjen fileiden analyysit

1. Kirjallisuuskatsaus

1.1 Johdanto

Kalaa on pakastettu kaupallisesti jo yli sadan vuoden ajan. Sitä ennen on kalaa säilytetty jäädytettynä kylmän ilmaston maissa. Ensimmäinen patentti kalan pakastamisesta on vuodelta 1842. Kompressorin avulla tapahtuva pakastaminen keksittiin 1800-luvun lopulla ja sitä sovellettiin heti sen jälkeen myös kalan pakastamiseen. Alkuaikoina käytettiin pakastukseen myös erilaisissa suolaliuoksissa tapahtuvaa jäähtymistä (Heen & Karsti 1965).

1.2 Pakastuksessa ja pakkasvarastoinnissa tapahtuvat muutokset

1.2.1 Jääkiteiden muodostuminen

Kun kalaa jäähdytetään, kiteet alkavat muodostua vasta -1°C :ssa, koska kudosnesteessä olevat liuenneet aineet alentavat jäätympistettä. Kudosnesteen vedestä 70 % on jäätyneet kiteiksi -3°C :ssa, 85 % -5°C :ssa ja 95 % -50°C :ssa. Suurin osa vedestä jäätyy siis -1° ja -5°C :n välillä. Tällä välillä oleva jäähdytysnopeus määrää kiteiden koon. (Heen & Karsti 1965). Nilssonin (1990) mukaan lämpötila-alueella 0 ja -5°C :n välillä kutsutaan kriittiseksi vyöhykkeeksi. Tällä välillä pakastuksessa ja sulatuksessa tapahtuvat suurimmat muutokset. Yleisesti käytetään pakkasvarastoinnissa lämpötilaa -20°C , jolloin vedestä on jäätyneenä 90 % (Novikov 1971).

1.2.2 Pakastumisnopeus

Perustana pakastamisen aiheuttaman säilymisen pidentymiseen on kemiallisten ja biologisten reaktioiden hidastuminen. Pakastuksessa tapahtuu osittainen kudoksen "dehidraatio". Samalla kun vesi kiteytyy, konsentroituvat liuenneet aineet. Mitä nopeampi on jäähtymisnopeus, sitä pienempiä ovat muodostuneet vesikiteet (Heen & Karsti 1965). Nopealla pakastamisella (quick freezing) tarkoitetaan sitä, että kalan lämpötila laskee -20°C :een 2 tunnissa, kun taas hitaassa pakastamisessa kala pakastuu 3 - 72 tunnissa (Venugopal & Shahidi 1998). Novikov (1971) on esittänyt matemaattiset kaavat kalan jäätymisnopeuksille eri kerrospaksuuksille ja pakastamisajoille. Kalan jäätymisnopeus on pakkashuoneessa, jossa on seisova ilma, 1 mm/tunti, kun tuulutunnelipakastimessa se on 3 - 5 mm tunnissa. Nestetyellä pakastus etenee 30 - 100

mm/tunti (Nilsson 1990). Suomen pakasteasetuksessa (Anon 1994) tarkoitetaan pakastetulla elintarvikkeella elintarviketta, joka on jäädytetty menetelmällä, jossa maksimaalinen kiteenmuodostus etenee elintarviketyypistä riippuen mahdollisimman nopeasti.

1.2.3 Veden haihtuminen ja värinmuutokset

Jos kalaa ei ole pakattu vakuumiin, vettä haihtuu. Haihtumismäärä riippuu luonnollisesti varastointiajasta ja varaston lämpötilasta. Painon aleneminen seitsemän kuukauden aikana keskikokoisella rasvattomalla kalalla on 7 % -7°C :ssa ja 1,5 % -29°C :ssa (Heen & Karsti 1965). Kuivuminen näkyy ns. pakkaspalamisena, jolloin pakasteen pintaan tulee vaalea "palsapuuta" muistuttava pinta (Connell 1990). Jotkut kalalajit, kuten tonnikala ja miekkakala, muuttuvat vihreiksi tai ruskeiksi keitetäessä, jos ne on pakastettu (Heen & Karsti 1965).

1.2.4 Rakenteen muuttuminen

Pakkasvarastossa kalan liha muuttuu pehmeästä kovaksi, kuitumaiseksi, puumaiseksi sienimäiseksi tai kuivaksi (Connell 1990a). Rakenteen muuttumista on mitattu instrumentaalisesti sekä 5 % suolaliuokseen liukenevan proteiinin määrän muutoksella; kuitenkin huonoin tuloksin. Kalalihaskappaleen liuottaminen 1 % formaldehydiliuokseen ja sen jälkeinen homogenisointi on yksi menetelmä, jolla pakasteessa tapahtuvaa rakenteen muutosta on seurattu. Liuos jää sameaksi pakastamattomalla kalalla, mutta tulee kirkkaaksi pakastetulla kalalla (Heen & Karsti 1965).

Nilssonin (1994) mukaan kalalihaksen solurakenne rikkoutuu pakastuksen ja sulatuksen aikana. Tällöin solurakenteista sulatuksen jälkeen vapautuvat entsyymit saavat aikaan pilaantumisreaktioita.

1.2.5 Kemiaalliset ja biokemiaalliset muutokset

Pakastus ei muuta kalan ravintoarvoa. Se ei siis hajota proteiineja, rasvoja eikä vitamiineja (Peavey ym. 1994, Jadhav & Magar 1970). Kalalihaksen rakenteen muutokset johtuvat kalassa olevien proteiinien muutoksista. Lihaproteiinien denaturoituminen tekee kalan lihasta sitkeän ja kuivan (Venugopal & Shahidi 1998). Proteiinimolekyylien liittyminen toisiinsa on pääsyy vähärasvaisten kalalajien laadun heikkenemiselle pakkasvarastoinnissa (Mackie 1993). Rakenteen sitkistymisen

katsotaan johtuvan formaldehydin vaikutuksesta muodostuvien proteiinimolekyylien välisistä sidoksista (Anon. 1996).

Nukleiinihapot (DNA, s-RNA ja r-RNA) eivät muutu pakastamisen aikana (Motohiro 1988).

Kalan rasvat ovat helposti hapettuvia, koska niissä on paljon tyydyttymättömiä rasvahappoja. Rasvat hapettuvat sitä nopeammin, mitä korkeampi on lämpötila. Hapettumista tapahtuu vielä -20°C:ssa, joskin hapettuminen on hitaampaa sitä alhaisemmissa lämpötiloissa (Heen & Karsti 1965). Poikkeuksena kissakalalla (*Ictalurus punctatus*) on todettu rasvojen hapettumista vain -10 °C:een asti, muttei sitä alemmissa lämpötiloissa (Eun, B.W. ym. 1994). Ensimmäisenä reaktiona hapen yhtyessä rasvoihin tapahtuu peroksidin muodostuminen (Tarr 1948). Kalan rasva härskiintyy myös triglyseridien hydrolysoituessa (Ingemansson ym. 1995). Kalan rasvan hapettumista nopeuttavat monet pro-oksidantit kuten natriumkloridi ja natriumnitriitti (Heen & Karsti 1965). Oletettavasti veren hemoglobiini toimii pro-oksidanttina, koska makrilli pilaantuu normaalia hitaammin, jos siitä on laskettu veri pyynnin yhteydessä (Richards ym. 1996).

1.2.6 Mikrobiologiset muutokset

Pakastetun kalan bakteeripitoisuudet riippuvat luonnollisesti siitä, millä tavalla kalaa on käsitelty ennen pakastusta. Kala täytyy pakastaa mahdollisimman nopeasti pyynnin jälkeen. Kalojen pesu ja yleinen hygienia vähentävät bakteeripitoisuuksia (Heen & Karsti, 1965). Pakastus tuhoaa 60 - 90 % kalan bakteereista. Bakteerien tuhoutuminen on nopeampaa -1°C:n ja -10°C:n välillä kuin -20°C:ssa.

Jos kalaa säilytetään 0°C:n ja -5°C:n välillä, osa vedestä on kalassa vielä sulana, ja siinä tapahtuu tiettyjen entsyymien katalysoimaa pilantumista (Connell 1990a).

Eri maissa on esitetty raja-arvoja kalan bakteeripitoisuuksille. Kansainvälinen komissio (ICMSF = International Commission on Microbiological Specification for Foods, 1986) on suosittanut hyvän kauppatavan mukaiselle tuoreelle ja pakastetulle kalalle yläraja-arvoksi 5×10^5 pmy (pesäkettä muodostavaa yksikköä)/ cm² (Connell 1990b).

1.3 Usean pakastuksen vaikutus

Suomen pakasteasetuksessa (Anon 1994) on esitetty, että pakasteen pakkausmerkinnöissä täytyy lukea *ei saa jäädyttää uudelleen sulatuksen jälkeen*. Tämä

asetus on annettu oletettavasti sitä varten, että kuluttajalle ei myytäisi pakasteita, jotka ovat virheellisen käsittelyn takia päässeet sulamaan ja sen jälkeen pakastettu uudelleen. Yleensä kalan uudelleen pakastamista ei pidetä suositeltavana. Kuitenkin eräät tutkimukset osoittavat, että jos kala pakastetaan ja sulatetaan nopeasti ei suuria laatutappioita synny (Heen & Karsti 1965). Kirjallisuudessa on esitetty useita testejä, joilla voidaan osoittaa, että kala on sulatettu ja pakastettu uudelleen (Yoshioka, K. 1985, Salfi ym. 1986, Kitamikado ym. 1990, Rehbein 1992). Teollisuudessa käytetään kuitenkin pakastettua kalaa raaka-aineena, esimerkiksi savustetun siian raaka-aineena. Esimerkiksi Suomeen tuotiin vuonna 1996 noin 1000 tonnia pakastesiikaa (Vihervuori, 1997) Kanadasta tähän tarkoitukseen. Connell (1990a) kirjoittaa, että *“Asiantuntijat havaitsivat pienen laadun heikkenemisen joka kerran, kun kala pakastetaan ja sulatetaan. Jos erä pakastetaan ja sulatetaan useita kertoja laatuhäviöt kasaantuvat. Kuitenkin kaksi, kolme sykliä aiheuttaa vain niin pienen laadun menetyksen, että kalaa voi pitää tämän jälkeen kaupallisesti hyväksyttävänä. Laadun aleneminen ilmenee maun ja nesteen menetyksenä sekä kalan muuttumisena sitkeäksi”*. Oosterhuisin (1981) mukaan 8 kuukautta pakkasvarastossa ollutta kampelaa voidaan käyttää fileiden raaka-aineeksi. Uudelleen pakastetut fileet säilyvät pakkasvarastossa yhden kuukauden.

1.4 Kalan säilyvyysajat pakkasvarastoinnissa

Connellin (1990a) mukaan rasvaton kala säilyy pakkasvarastossa 4 - 8 kuukautta, jos lämpötila on -18°C , mutta 8 - 24 kuukautta, jos lämpötila on -30°C . Taulukossa 1 on esitetty erilaisten kalatuotteiden säilyvyysajat. Jos kala on pakattu vakuumpakkaukseen, säilyvyysaika pitenee. Silakkafile säilyy 6 kuukautta kartonkipakkauksessa, mutta 12 kuukautta vakuumpakkauksessa, kun varaston lämpötila on -18°C (Ahvenainen ym. 1983). Kokonaisena pakastettu, talvella pyydetty muikku säilyy erinomaisena kaksi kuukautta -25°C :ssa, mutta jos kala käsitellään askorbiinihappoliuoksella tai kalat pakataan vakuumpakkaukseen, säilyvyys pitenee kuuteen kuukauteen (Kiesvaara & Hattula 1984). Hauki-, särki- ja ahvenmassat sekä niiden ja silakkamassan seokset säilyvät -20°C :ssa moitteettomana yhdeksän kuukautta, haukimassa jopa vuoden, kun askorbiinihappoa käytetään antioksidanttina ja polyamidi-polyeteenilaminaattia päällysteenä (Kiesvaara & Hattula 1986). Simeonidou ym:n (1997) mukaan pikkumakrilli ja kummeliturska säilyivät pakkasvarastossa 12 kk maultaan ja hajultaan hyvinä sekä kokonaisena että fileinä. Kummankin kalan rakenne heikkenee jo kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen.

Taulukko 1. Erilaisten pakastettujen kalatuotteiden säilyvyys eri lämpötilassa (Connel, 1990a).

Kalatyyppe	Säilyvyys hyvälaatuisena (kk)	
	-18°C	-30°
Rasvaton kala, kokonaisena tai fileharkkoina	4 - 8	8 - 12
Rasvaton kala, erilleen pakastettuina fileinä	3 - 6	6 - 18
Savustettu rasvaton kala	3 - 6	6 - 18
Rasvainen kala	2 - 4	6 - 12
Savustettu rasvainen kala	2 - 4	6 - 12
Leivitetty kalapuikot	6 - 9	12 - 24

1.5 Pakastuksessa ja pakkasvarastoinnissa tapahtuvien kemiallisten muutosten estäminen

1.5.1 Raaka-aineen laatu

Kala on pakastettava mahdollisimman tuoreena. Jos sitä joudutaan säilyttämään sulana, sen lämpötila on pidettävä mahdollisimman lähellä jään sulamislämpötilaa. Jäitettyä kalaa ei saa säilyttää kolmea päivää kauempaa (Connell, 1990a). Heti pyynnin jälkeen kalalla esiintyy ns. kuolinjäykkyys. Se alkaa yleensä muutaman tunnin kuluttua kalan kuoltua. Connellin (1990a) mukaan kalan voi pakastaa ennen tai jälkeen kuolinjäykkyyttä sekä myös kuolinjäykkyyden aikana. Ennen kuolinjäykkyyttä pakastetusta kalasta tehdyissä fileissä esiintyy vähiten lihasjaokkeiden irtaantumista, ns. gaping-ilmiötä (Connell 1990a).

1.5.2 Muut keinot

Kokonaisena pakastetun kalan proteiineihin ei voi vaikuttaa lisäaineilla. Ainut keino proteiinimuutosten minimoinniksi on nopeuttaa pakastusta ja alentaa pakkasvaraston lämpötilaa. Kalan käsittelyllä ennen pakastusta voidaan vaikuttaa haitallisiin muutoksiin. Rasvojen hapettumista voidaan vähentää joko pakkaamalla kala tai glaseeraamalla se. Pakkausmateriaalina voi olla vahattu kartonki tai polyeteenikalvo (Connell 1990a). Myös polyamidipolyeteenilaminaattia on käytetty (Ahvenainen ym. 1983). Glaseerausneste voi olla pelkästään vettä, mutta siihen voi sisältyä myös antioksidantteja, kuten askorbiinihappoa, tai mikrobien kasvua estävää ainetta, kuten sorbaattia (Hiremath 1973, Ashie 1996, Statham ym. 1985). Myös sitruunahappoa on käytetty glaseerausliuoksessa (Freeman 1981, Krivchenia & Fennema 1988). Rasvaliukoisia antioksidantteja, BHA:ta (butyylihydroksianisoli) ja BHT:tä (butyylihydroksitolueeni), on käytetty pakastekalan rasvan hapettumisen ehkäisyyn (Hiremath 1973). Askorbiinihappo ja sitruunahappo suoloineen on hyväksytty Suomessa elintarvikkeiden hapettumisen estoaineina (Anon. 1996).

1.6 Kalan sulatus ja säilyvyys sulatuksen jälkeen

1.6.1 Kalan sulatus

Pakastettu kala sulatetaan yleisesti ilman tai veden avulla (Heen & Karsti 1965). Kalan lämpötila ei saa nousta niin, että bakteeritoiminta lähtisi käyntiin. Suositeltavinta on sulattaa kala kylmätiloissa (+4°C). Sulatukseen on käytetty myös dielektristä kuumennusta (Heen & Karsti 1965) ja mikroaaltokuumennusta (Crepey & Han-Ching 1979).

1.6.2 Kalan säilyvyys tuoreena ja sulatettuna

Pakastamaton kala säilyy jäätettynä useita vuorokausia, esim ahven 6 vrk, siika 7 vrk ja kirjolohi jopa 10 vrk (Lyijynen ym. 1997). Jos lämpötila on korkeampi kuin 0°C, säilyvyysaika lyhenee huomattavasti (Hattula & Kiesvaara 1982). Suojakaasupakkauksella voidaan pidentää säilyvyyttä useita päiviä. Kun kuha- ja ahvenfile säilyivät alustakäärepakkauksessa +2°C:ssa 5 - 7 vrk, ne säilyivät hiilidioksidityppi-suojakaasupakkauksessa 8 - 10 vrk (Lyijynen ym. 1997).

Pakasteasetuksen (Anon 1994) mukaan pakastettuina tai jäätyneinä varastoituja elintarvikkeita voidaan myydä kuluttajille tai suurtalouksille osittain tai kokonaan

sulaneena, jos pakkausmerkinnöissä ja esitteessä selvästi ilmoitetaan, että ne on varastoitu pakastettuina tai jäätyneinä ja ettei niitä saa jäädyttää uudelleen sulatuksen jälkeen.

Pakastettuja kaloja on käytetty jo kauan täyssäilykkeiden kalafileiden ja kalapuikkojen raaka-aineena (Heen & Karsti 1965). Lokkenin (1996) mukaan pakasteesta sulatetut lohifileet ovat jopa parempia kuin tuoreesta tehdyt. Magnusson & Martinsdottirin (1995) mukaan tuoreesta turskasta tehdyt fileet olivat aistinvaraisesti arvioituna parempia kuin pakastetusta turskasta tehdyt fileet kylmäsäilytyksen (0 °C) alussa, mutta vuoden pakkasvarastossa olleista kaloista tehdyt fileet säilyivät hyväksyttävänä 12 vrk jäissä kun tuoreesta kalasta tehdyt fileet säilyivät vain 9 vrk. Myös tuoreesta puna-ahvenesta tehdyt fileet olivat säilytyksen alussa parempia kuin pakastetusta kalasta tehdyt. Tuoreesta puna-ahvenesta tehdyt fileet säilyivät hyväksyttävänä 9 vrk kun vastaavasti pakastetusta kalasta tehdyt fileet vain 3 - 6 vrk. Magnusson & Martinsdottirin (1995) mukaan alle viiden viikon varastointiaika ei vähentänyt bakteerien määrää turskassa, mutta pidempiaikaisessa pakkasvarastoinnissa bakteerit vähenivät.

2. Kokeellinen osa

2.1 Johdanto

Vuonna 1997 aloitettiin VTT:ssä tutkimus, jossa verrattiin pakastettujen, askorbiinihapolla ja kaliumsorbaatilla käsiteltyjen suomukalojen säilyvyyttä vastaaviin tuoreisiin kaloihin (Hattula & Simola 1998). Tämä työ on jatkoa tälle tutkimukselle. Tarkoituksena oli nyt tutkia voidaanko kalan myyntikautta pidentää tekemällä pakastetuista kaloista fileet silloin, kun suomukalaa ei saada. Monien suomalaisten kalojen saatavuusaika on Suomessa suhteellisen lyhyt. Näin on varsinkin ns. suomukaloilla, ahvenella, kuhalla ja hauella. Toisaalta näiden kalojen fileiden menekki olisi hyvä ympäri vuoden jopa ulkomaillakin. Pakastus on suhteellisen vähän kalaa muuttava säilytyskeino. Sen väitetään kuitenkin alentavan aistinvaraisesti arvioitavaa laatua ja tekevän kalan sitkeämmäksi (Howell 1996). Näiden seikkojen selvittämiseksi ja tiettyjen lisäaineiden vaikutusten tutkimiseksi tehtiin tämä tutkimus.

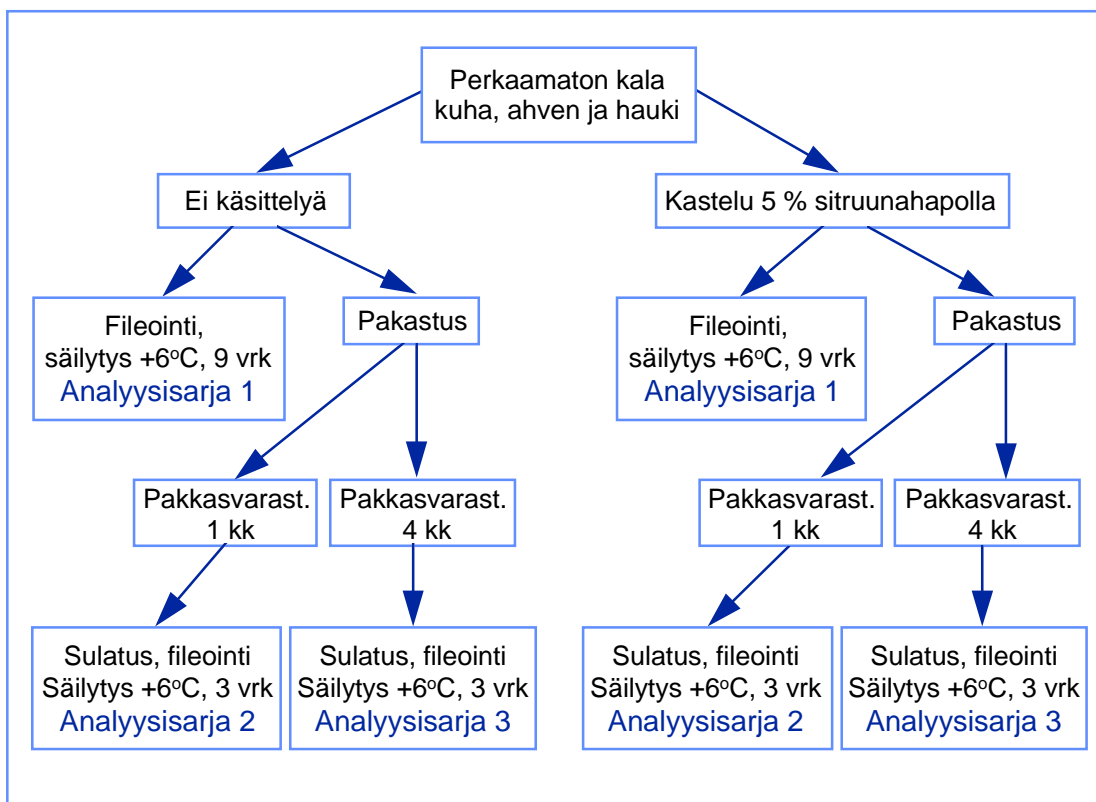
2.2 Materiaalit ja menetelmät

2.2.1 Kokonaisten suomukalojen pakastus

Ahven ja hauki oli pyydetty Paraisten vesialueelta 18. - 20.4.1998. Pyyntin jälkeen niitä oli pidetty sumpussa 22.4. aamuun asti. Kuha oli pyydetty 20.4.1998. Kaloja vastaanotettaessa niistä otettiin tuoreusmittarilukemat. Kaloja ei perattu vaan ne käsiteltiin sellaisenaan. Sen jälkeen kunkin kalalajin kalat jaettiin kahteen osaan ja käsiteltiin edelleen

- sellaisenaan
- kasteltuina 5 %:n sitruunahappoliuokseen.

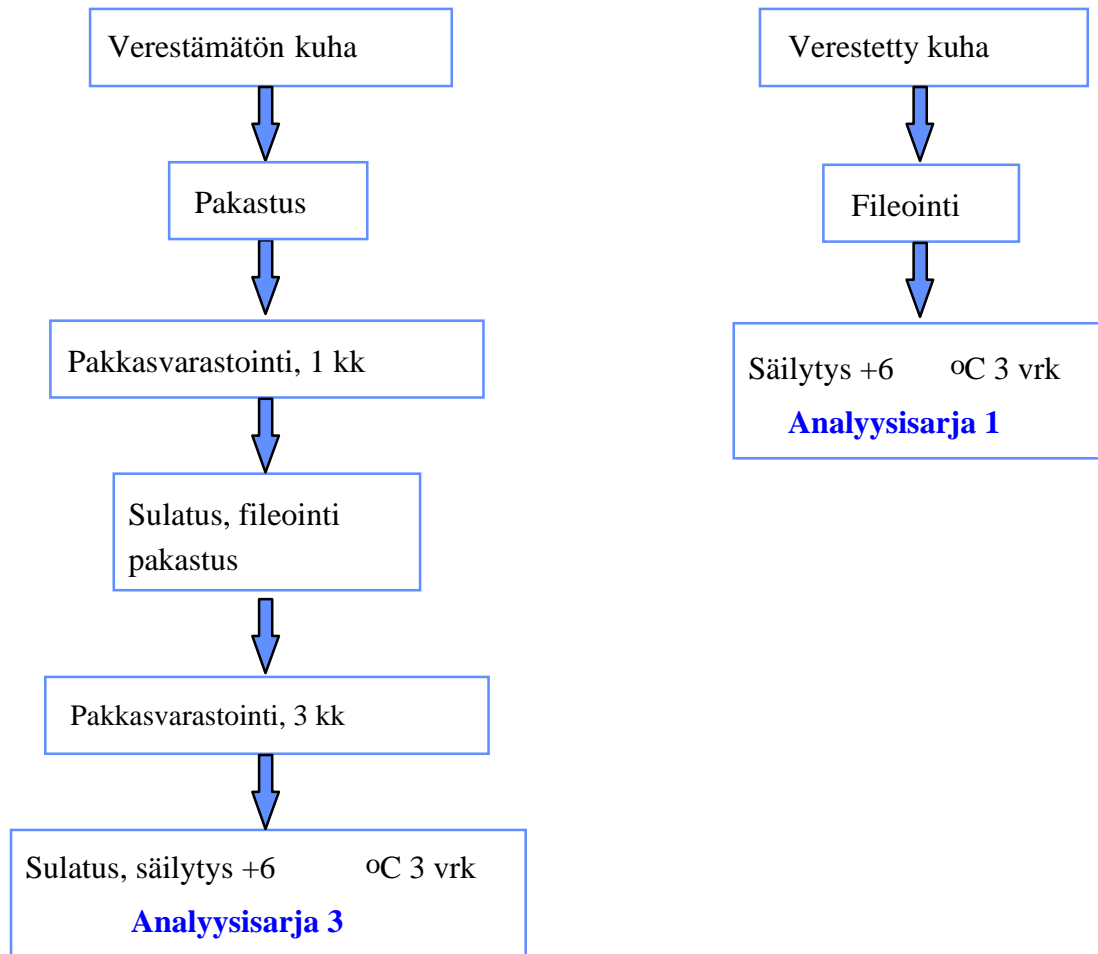
Kukin erä pakastettiin tuulitunnelipakastimessa. Kalat säilytettiin -22°C:ssa VTT:n pakasvarastossa. Näytteiden käsittely- ja säilytyskaavio on esitetty kuvassa 1. Kuhalle tehtiin vielä lisäkäsittelyjä, jotka on esitetty kuvassa 2. Koe aloitettiin 20.4.1998. Näytteiden koodit on esitetty taulukossa 2.



Kuva 1. Kuhalle, ahvenelle ja hauelle tehdyt käsittelyt.

Taulukko 2. Näytteiden koodit 20.4.1998 valmistetuille fileille raaka-aineen mukaan.

Koodi	Kala
KT 20.4 KSI KV	<i>kuha</i> 5 %:n sitruunahapolla kasteltu kuha verestetty kuha
AT 20.4. ASI	<i>ahven</i> 5 %:n sitruunahapolla kasteltu ahven
HT 20.4. HSI	<i>hauki</i> 5 %:n sitruunahapolla kasteltu hauki



Kuva 2. Kuhalle tehdyt ylimääräiset käsittelyt.

2.2.2 Vertailufileiden valmistus

Nahattomat fileet valmistettiin heti pyynnin jälkeen samasta kalaerästä kuin pakastetut kalat. Osasta kuhia, joista oli laskettu veri heti pyynnin yhteydessä, tehtiin vielä fileet. Samalla, kun kalat noudettiin kalastajalta, otettiin jokaisesta kalalajista pakastamattomat fileet ja käsiteltiin ne ennen pakkaamista samoin kuin kokonaiset kalatkin. Fileet pakattiin vakuumpakkauksiin ja tuotiin VTT Bio- ja elintarviketekniikkaan jäätettyinä. Sen jälkeen niitä säilytettiin +6 °C:ssa.

Näytteistä tehtiin seuraavat määritykset:

- 1 vrk:n kuluttua (21.4.): pH-mittaus
- aistinvarainen arviointi sekä raakana että kypsennettynä
 - bakteerien kokonaismäärä
 - K-arvon määrittäminen

3 vrk:n kuluttua (23.4.):

- aistinvarainen arviointi
- bakteerien kokonaismäärä

7 vrk:n kuluttua (27.4.):

- aistinvarainen arviointi
- bakteerien kokonaismäärä

9 vrk:n kuluttua (29.4.):

- aistinvarainen arviointi
- bakteerien kokonaismäärä.

2.2.3 Fileiden valmistus pakastetuista kaloista

Yhden ja neljän kuukauden kuluttua pakastuksesta (25.5 ja 25.8. 1998) pakastetut kalat otettiin sulamaan +4°C:n lämpötilaan (vrt kuva 1). Toukokuussa (25.5.98) osasta sulatetuista kuhista tehdyt fileet pakattiin vakuumpakkauksiin ja pakastettiin uudelleen -20 °C:ssa. (vrt kuva 2). Elokuussa (25.8.98) sulatettiin myös nämä kolme kuukautta pakkasvarastossa olleet pakastetusta kuhasta tehdyt fileet. Vuorokausi sulatuksen jälkeen perkaamattomat kalat fileoitiin. Käytetyt koodilyhenteet on esitetty taulukossa 3. Fileet pakattiin vakuumpusseihin ja säilytettiin +6°C:ssa. Pakastetuista kaloista tehdyistä fileistä tehtiin samat määritykset kuin vertailufileistä huhtikuussa. Määrityspäivät olivat nollan ja kolmen päivän kuluttua valmistuspäivästä (kuva 1: analyysisarja 2 ja 3).

Taulukko 3. Näytteiden koodit 25.5.1998 (1 kk) ja 25.8.1998 (4 kk) valmistetuille fileille raaka-aineen mukaan

Koodi	Kala
K1KK ja K4KK	1 ja 4 kk pakkasvarastossa ollut kuha
KSI1KK ja KSI4KK	5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 ja 4 kk pakkasvarastossa ollut kuha
KF3KK	3 kk pakkasvarastossa ollut kuhafile
A1KK ja A4KK	1 ja 4 kk pakkasvarastossa ollut ahven
ASI1KK ja ASI4KK	5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 ja 4 kk pakkasvarastossa ollut ahven
H1KK ja H4KK	1 ja 4 kk pakkasvarastossa ollut hauki
HSI1KK ja HSI4KK	5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 ja 4 kk pakkasvarastossa ollut hauki

2.2.4 Aistinvarainen arviointi

Aistinvaraisessa arvioinnissa kolmen hengen asiantuntijaraati arvioi raakojen fileiden ulkonäön ja hajun ennen kuumentamista. Kymmenhenkinen raati arvioi kypsennetyt fileet (5 min höyryssä). Näytteiden järjestys satunnaistettiin käyttäen koodeina kirjaimia (K, L, M, N jne.). Kypsennetyistä fileistä arvioitiin haju, rakenne ja maku. Aistinvarainen arviointi suoritettiin 5-pisteistä arvoasteikkoa (taulukko 4) käyttäen (VTT:n menetelmä VTT-4434-91). Asteikossa alle 2,5 pistettä saanut näyte on kauppakelvoton ja alle 1,5 pistettä saanut näyte syömäkelvoton. Makua pidetään ratkaisevampana kuin hajua. Kymmenhenkisen raadin arvopisteistä laskettiin keskiarvot ja hajonnot.

Taulukko 4. Aistinvaraisessa arvioinnissa käytetty pisteasteikko.

5 =	erinomainen
4 =	hyvä
4 =	melko hyvä
2 =	melko huono
1 =	huono
0 =	kelpaamaton

2.2.5 Mikrobimääritykset

Bakteerien kokonaismäärän määrittämistä varten otettiin kahdesta tai kolmesta kalafileestä 10 g:n näytteet, joihin lisättiin 90 ml peptonisaliinia (Maximal recovery diluent, Lab M, UK). Homogenisoinnin jälkeen näytteet viljeltiin PC-agarilla (Plate count agar, Difco, USA). Aerobisten mikrobien kokonaispitoisuudet määritettiin pintaviljelytekniikalla (VTT:n menetelmä VTT-4267-91).

2.2.6 Fysikaaliset tuoreusmääritykset

Tuoreusmittarilukemat otettiin Torryster Gr (Distell Industries Ltd, Scotland)-laitteella kummaltakin puolelta kalaa käsikirjan ohjeiden mukaan (Jason & Richards 1975). Lukemista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta.

2.2.7 Kemialliset tuoreusmääritykset

Raaka-aineiden adenosiniinifosfaatin hajoamistuotteisiin perustuva tuoreuden määrittäminen tehtiin kolmena rinnakkaisena määrittämisnäytteenä Ryderin mukaan (1985) 1 vrk:n kuluttua fileoinnista.

2.3 Tulokset

2.3.1 Fysikaaliset tuoreusmääritykset

Huhtikuussa raaka-aineena käytetty kuha oli pyydetty kokeen aloittamispäivänä, ahven ja hauki edellisenä viikonloppuna. Tämä näkyy myös tuoreusmittarilukemissa siten, että kuhan lukemat ovat suuremmat kuin hauen tai ahvenen. (vrt. taulukko 5)

Taulukko 5. Tuoreusmittarilukemien keskiarvo ja hajonta kaloista ennen käsittelyä.

Näyte	Keskiarvo ja hajonta
Kuha	12,2 ± 0,78
Ahven	10,4 ± 0,70
Hauki	10,5 ± 0,85

Tuoreusmittarilukema on sitä suurempi mitä tuoreempaa kala on. Vastikään pyydetty kala antaa lukeman 16, täysin pilantunut lukeman 0. Hyväksyttävälle kalalle on raja-arvona lukema 8 (Kiesvaara ym. 1990).

2.3.2 Kemiaaliset tuoreusmääritykset

Kemiaalisten tuoreusmääritysten tulokset on esitetty taulukossa 6. Kun kala on nostettu vedestä, K-arvo on heti yleensä noin 10 %. Se nousee kalaa säilytettäessä aina 100 %:iin (Hattula 1997). Tulosten mukaan hauki oli tuoreinta ja ahven vanhinta. K-arvoltaan kaikki kalat olivat kokeen alkaessa tuoreudeltaan kauppakelpoisia (Kiesvaara ym. 1990).

Taulukko 6. Kalojen K-arvot ennen varastointia. Tulokset ovat kahden määrittelyn keskiarvoja.

Näyte	K-arvo (%), pyydetty 20.4.
Kuha	36
Ahven	59
Hauki	28

2.3.3 Kalojen pH-mittaukset

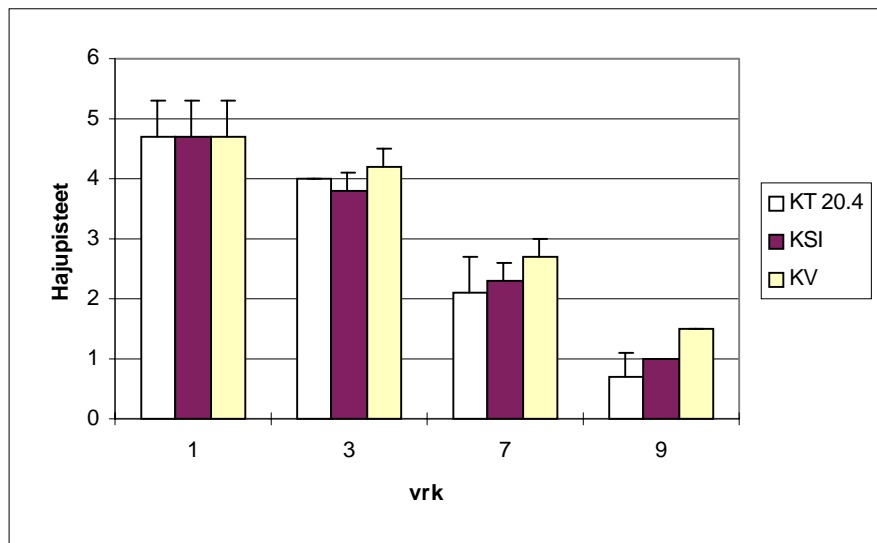
Käsiteltyjen tuoreiden ja pakastettujen fileiden pH-arvot on esitetty taulukossa 7. Siitä nähdään, ettei sitruunahappo ole juuri muuttanut fileiden pH:ta.

Taulukko 7. Huhtikuussa valmistettujen fileiden pH-arvot vuorokauden kuluttua fileoinnista. Koodit selitetty taulukossa 2.

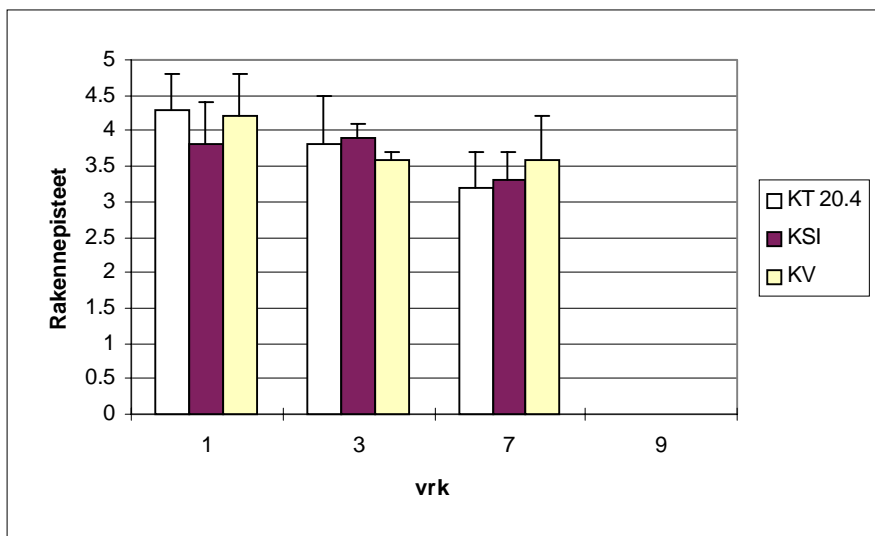
Tuoreet	pH
KT 20.4.	6,75
KSI	6,29
KV	6,74
AT 20.4.	6,93
ASI	6,82
HT 20.4.	6,53
HSI	6,68

2.3.4 Aistinvarainen arviointi tuoreista fileistä: analyysisarja 1

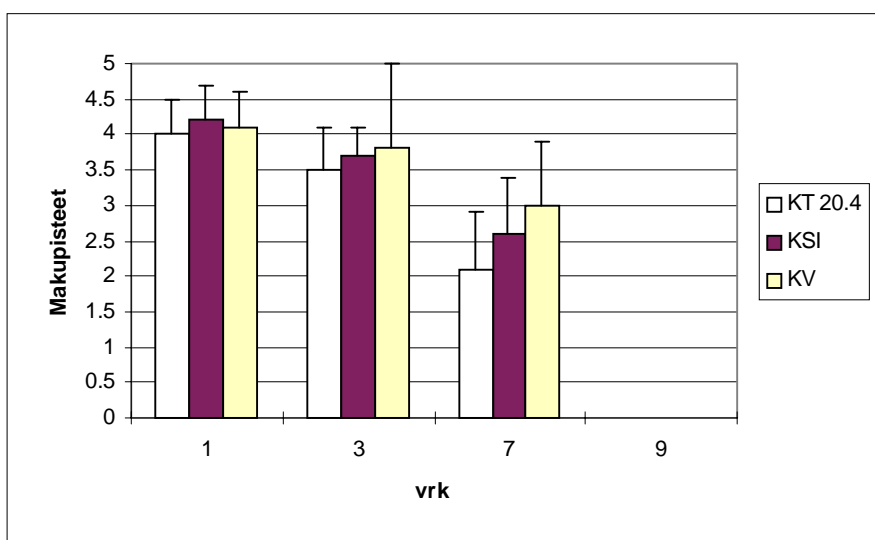
Kuvassa 3 on esitetty raakojen kuhafileiden hajupisteet (tiedostot liitteessä A) sekä kuvissa 4 ja 5 keitettyjen kuhafileiden rakenne- ja makupisteet. Niistä nähdään, että eri tavoin valmistetut kuhafileet säilyivät kauppakelpoisina 3 vrk. Jos fileet oli kasteltu sitruunahapolla tai tehty verestetystä kalasta, ne säilyivät syömäkelpoisina jopa 7 vrk. Verrattuna edellisvuoden tutkimukseen (Hattula & Simola, 1998) käsittelemättömästä kalasta tehdyt fileet säilyivät nyt huomommin. Syyinä saattaa olla kahta astetta korkeampi säilytyslämpötila.



Kuva 3. Eri tavoin käsiteltyjen raakojen kuhafileiden hajupisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Koodien selitykset on annettu taulukossa 2.

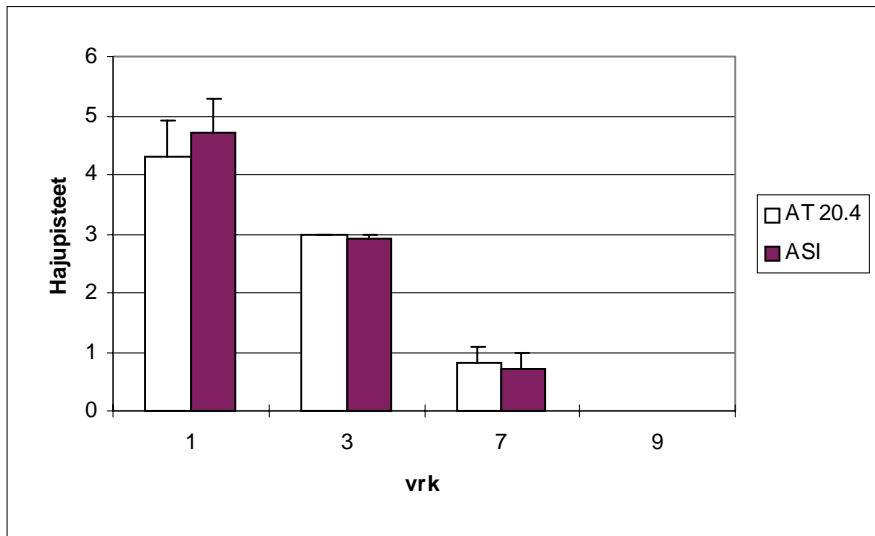


Kuva 4. Eri tavoin käsiteltyjen kuhafileiden rakennepisteet säilytettäessä +6 °C:ssa. Koodien selitykset on annettu taulukossa 2. Kalojen selvästi heikentyneen laadun vuoksi määrittäviä ei tehty 9 vrk:n kuluttua.

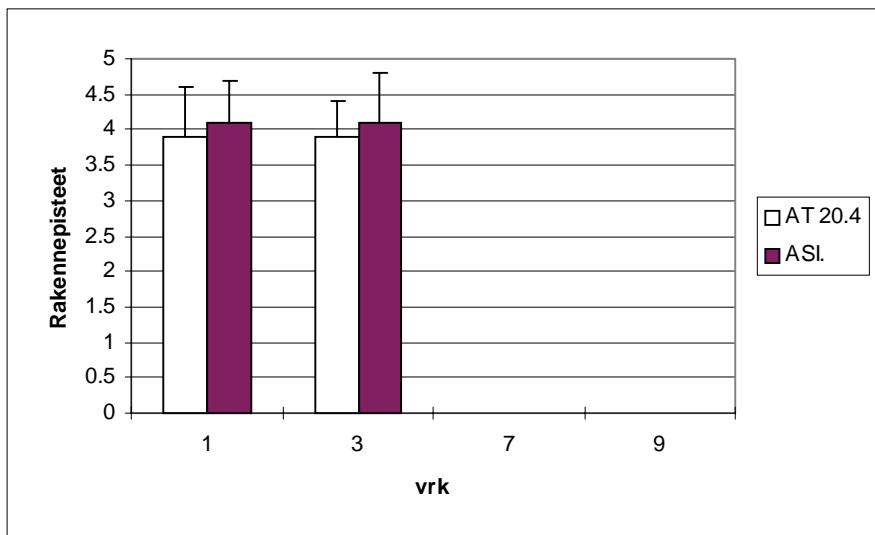


Kuva 5. Eri tavoin käsiteltyjen kuhafileiden makupisteet säilytettäessä +6°C:ssa.

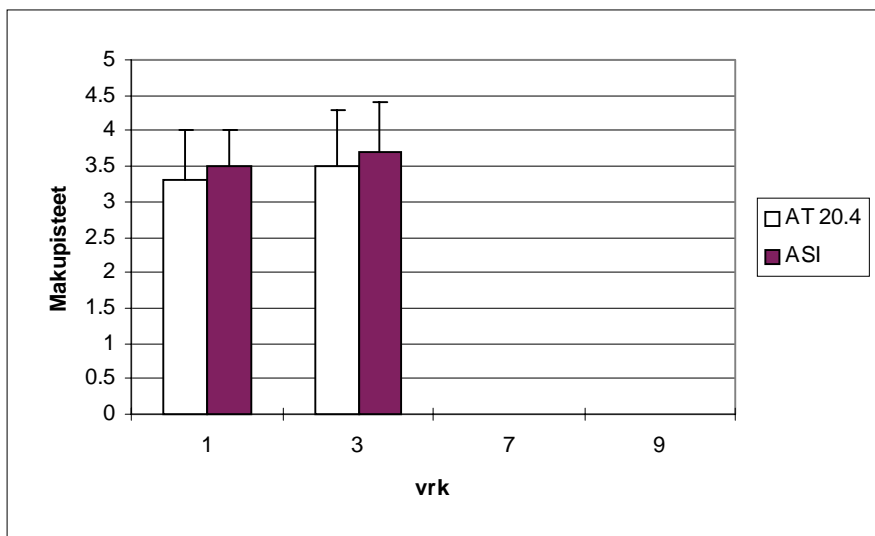
Kun ahvenfileitä arvioitiin raakoina ja keitettynä, ne säilyivät syömäkelpoisina 3 vrk (kuvat 6, 7 ja 8). Edellisenä vuonna tehdyn tutkimukseen verrattuna (Hattula & Simola 1998) ahvenfileet säilyivät huonommin oletettavasti 2 astetta korkeamman säilytyslämpötilan takia.



Kuva 6. Eri tavoin käsiteltyjen raakojen ahvenfileiden hajupisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2. Näytteitä ei arvioitu 7 vrk:n jälkeen pilaantuneen hajun takia.

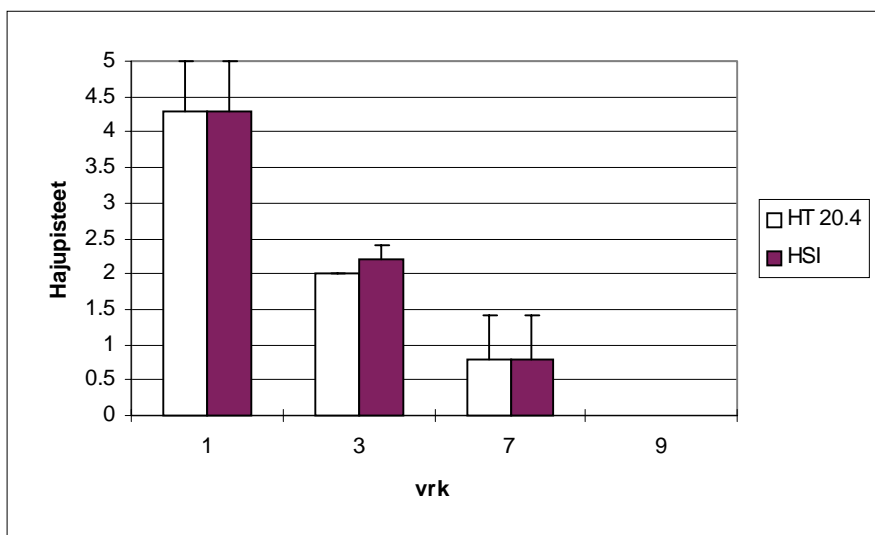


Kuva 7. Eri tavoin käsiteltyjen keitettyjen ahvenfileiden rakennepisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2. Näytteitä ei arvioitu 7 vrk:n jälkeen pilaantuneen hajun takia.

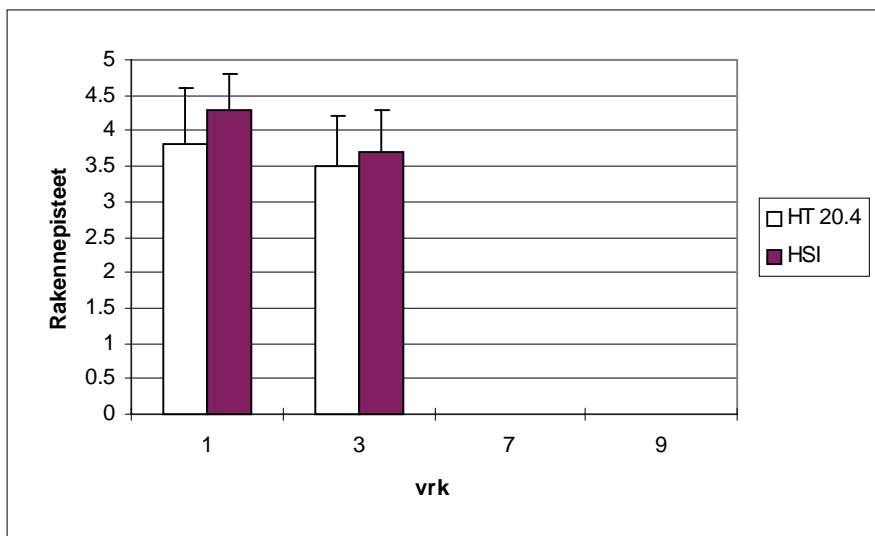


Kuva 8. Eri tavoin käsiteltyjen ahvenfileiden makupisteet säilytettäessä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2. Näytteitä ei arvioitu 7 vrk:n jälkeen pilaantuneen hajun takia.

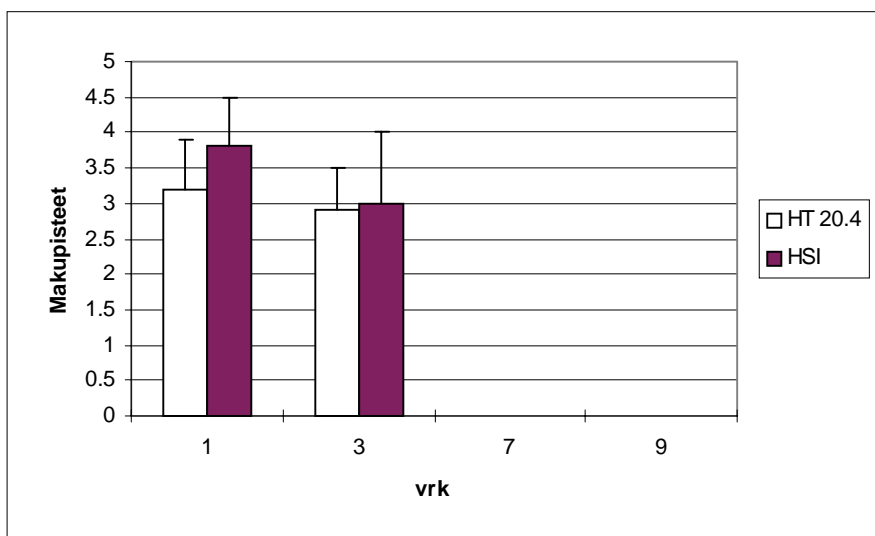
Hauki säilyi sekä sellaisenaan että sitruunahapolla kasteltuna kaupakelpoisena 3 vuorokautta (kuvat 9, 10 ja 11).



Kuva 9. Eri tavoin käsiteltyjen raakojen haukifileiden hajupisteet säilytettäessä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2.



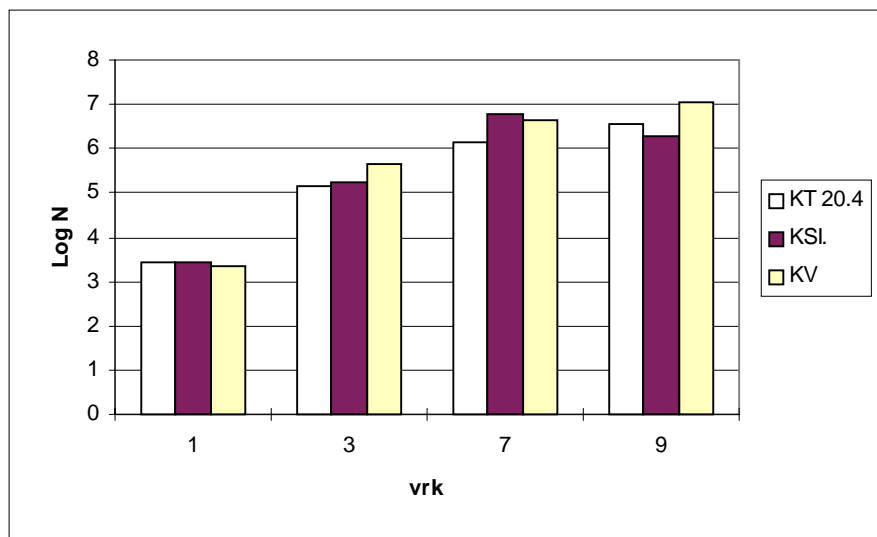
Kuva 10. Eri tavoin käsiteltyjen keitettyjen haukifileiden aistinvaraisen arvioinnin rakennepisteet +6 °C:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2. Näytteitä ei arvioitu 7 vrk:n jälkeen pilaantuneen hajun takia.



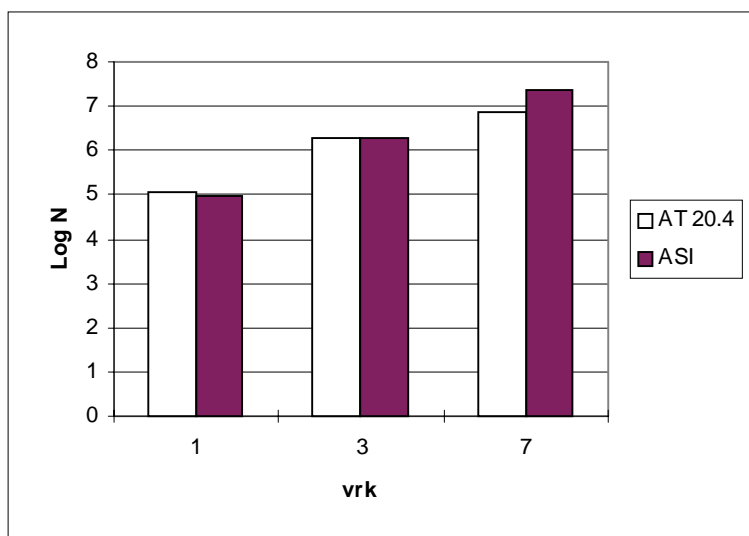
Kuva 11. Eri tavoin käsiteltyjen keitettyjen haukifileiden aistinvaraisen arvioinnin makupisteet +6 °C:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2. Näytteitä ei arvioitu 7 vrk:n jälkeen pilaantuneen hajun takia.

2.3.5 Mikrobiologiset määritykset tuoreista fileistä: analyysisarja 1

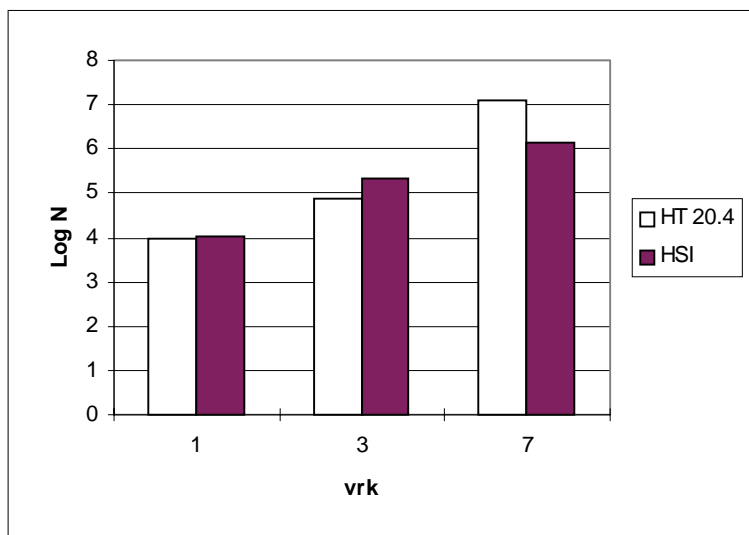
Kuvissa 12 - 14 on esitetty eri kalalajien fileiden bakteeripitoisuudet (alkuperäiset mikrobimääritystulokset on esitetty liitteessä A). Kuhassa pitoisuudet nousivat tuhatkertaisesti 7 - 9 vuorokaudessa. Ahvenessa ja hauessa mikrobit lisääntyivät 10^2 - 10^3 -kertaisesti 7 vuorokaudessa (kuvat 13 ja 14). Kansainvälinen komissio on esittänyt 5×10^5 mikrobia/cm² suositeltavaksi ylärajaksi hyvän kauppatavan mukaiselle kalalle (Connell 1990b). Raja ylittyi ahvenessa jo vuorokauden säilytyksen jälkeen (kuva 13) ja kuhassa sekä hauessa (kuvat 12 ja 14) 3 vuorokauden säilytyksen jälkeen Tarkkoja rajoja vastaan on kuitenkin esiintynyt kritiikkiä (Gibson & Ogden 1997), joten yksistään mikrobipitoisuuden perusteella ei voi tuomita kalaa kauppakelvottomaksi. Eri käsittelyillä ei ollut juuri vaikutusta mikrobipitoisuuksiin, esim. verestetystä kalasta tehdyssä fileessä bakteerit lisääntyivät nopeammin kuin verestämättömästä kalasta tehdyissä (kuva 12), vaikka verestetystä kalasta tehdyt fileet olivatkin aistinvaraisesti arvioituna parempia (kuva 5).



Kuva 12. Bakteerien kokonaismäärät ($\text{Log } N = \log(\text{bakteerien lukumäärä/g})$) eri tavoin käsitellyissä kuhafileissä $+6^\circ\text{C}$:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2.



Kuva 13. Bakteerien kokonaismäärät ($\text{Log } N = \log(\text{bakteerien lukumäärä/g})$) eri tavoin käsitellyissä ahvenfileissä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2.



Kuva 14. Bakteerien kokonaismäärät ($\text{Log } N = \log(\text{bakteerien lukumäärä/g})$) eri tavoin käsitellyissä haukifileissä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2.

2.3.6 Aistinvarainen arviointi tuoreista ja pakastetuista kaloista tehdyistä fileistä: analyysisarja 2 ja 3

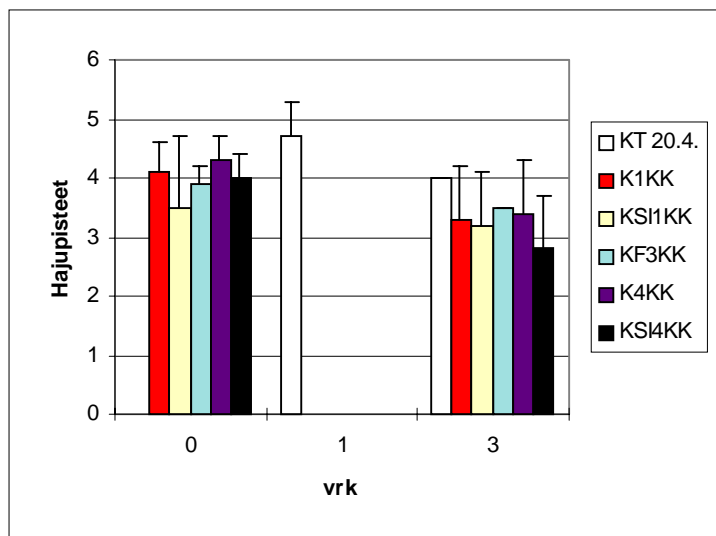
Kuvissa 15 - 23 on esitetty aistinvaraisen arvioinnin tulokset pakastetuista kaloista tehtyjen fileiden säilyvyyskokeista (alkuperäiset tulokset on esitetty liitessä A, B ja C). Vertailun vuoksi kuvissa on myös vastaavat tulokset tuoreesta kalasta tehtyjen fileiden säilyvyyskokeista. Yksityiskohtaiset pistearvot ja tulosten hajonnat on esitetty liitteissä A, B ja C. Yleishuomiona voidaan todeta, että yhden kuukauden pakkasvarastointi on hiukan heikentänyt raa'an kalan hajupisteitä, samoin kuin keitettyjen fileiden rakennetta. Yllättävää on se, että pakastetuista kaloista tehtyjen fileiden rakennepisteet eivät olleet kovin paljon huonompia kuin pakastamattomasta kalasta tehtyjen (kuvat 16, 19 ja 22). Kaikista kalalajeista kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen tehdyt fileet säilyivät kauppakelpoisina (makupisteet yli 2,5) säilytettäessä +6°C:ssa kolmen vuorokauden ajan fileoinnista.

Neljän kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen kuhasta ja ahvenesta tehdyt fileet olivat kauppakelpoisia sulatuksen jälkeisenä päivänä ja kuhafileet vielä kolme vuorokautta fileoinnin jälkeen. Kuhafileet, jotka oli tehty kuukauden pakkasvarastossa olleista kaloista, olivat uudelleen pakastuksen, kolmen kuukauden pakkasvarastoinnin ja sulatuksen jälkeen kauppakelpoisia kolme vuorokautta. Ne saivat kuitenkin hiukan huonommat makupisteet kuin 4 kk pakkasvarastossa olleista kuhista tehdyt fileet (kuva 17).

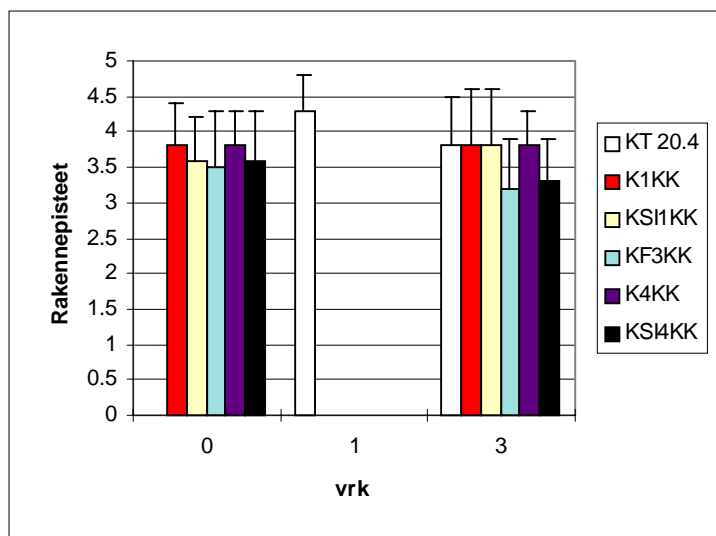
Kuukauden pakkasvarastossa olleista ahvenista tehdyt fileet säilyivät kauppakelpoisina kolme vuorokautta kylmävarastoinnissa, mutta neljä kuukautta pakkasvarastossa olleista ahvenista tehdyt fileet vain yhden vuorokauden (kuva 20).

Hauki säilyi pakkasvarastoinnissa huonoimmin. Sitruunahapolla kastellusta ja pakkasvarastossa neljä kuukautta olleesta hauesta tehdyt fileet eivät olleet kauppakelpoisia edes fileoinnin jälkeisenä päivänä (kuva 23). Tosin kolmen vuorokauden kylmäsäilytyksen jälkeen sitruunahapolla käsitellyt haukifileet saivat paremmat makupisteet.

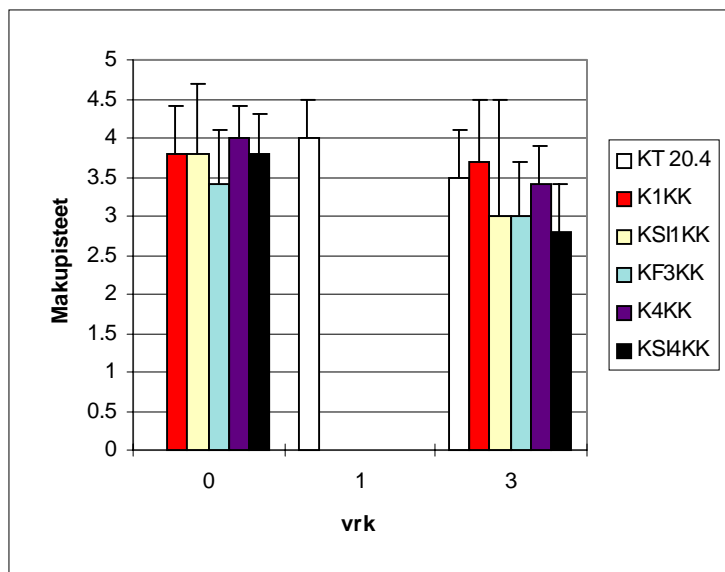
Sitruunahappokäsittely ei vaikuttanut juuri kalojen säilymiseen pakkasvarastoinnissa (kuvat 17 ja 20).



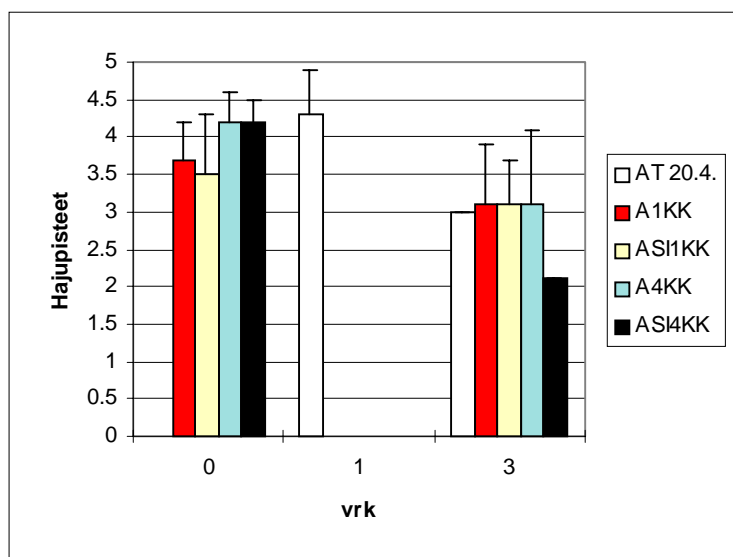
Kuva 15. Tuoreesta ja pakastetusta kughasta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen raakojen fileiden sekä yhden kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen fileoitujen, kolme kuukautta pakkasvarastossa olleiden fileiden hajupisteet säilytettäessä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



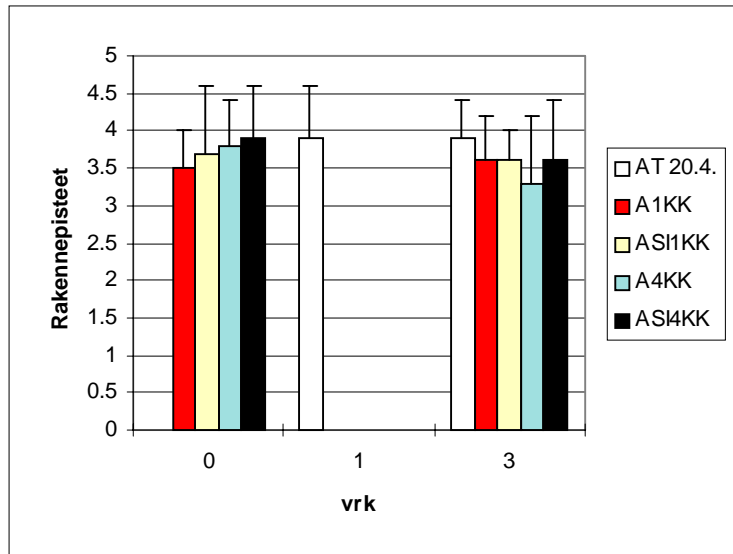
Kuva 16. Tuoreesta ja pakastetusta kughasta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen fileiden sekä yhden kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen fileoitujen, kolme kuukautta pakkasvarastossa olleiden fileiden rakennepisteet säilytettäessä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Arviointi tehty keitetyistä fileistä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



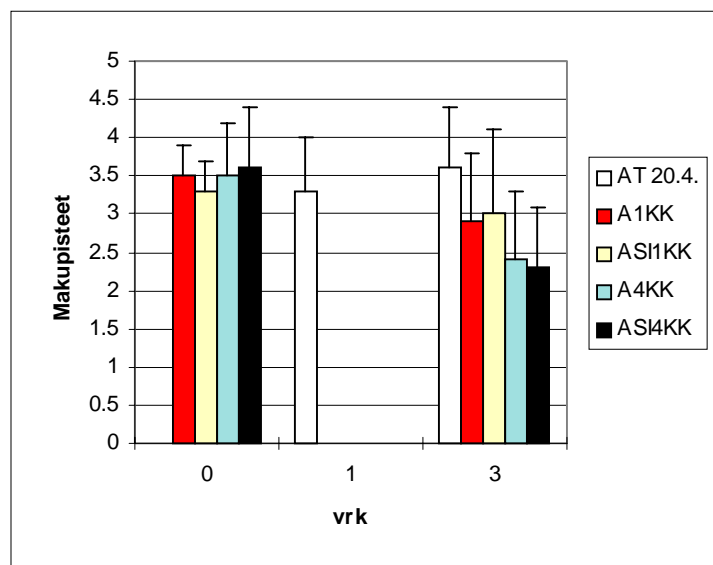
Kuva 17. Tuoreesta ja pakastetusta kuhasta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen fileiden sekä yhden kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen fileoitujen, kolme kuukautta pakkasvarastossa olleiden fileiden makupisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Arviointi tehty keitetystä fileistä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



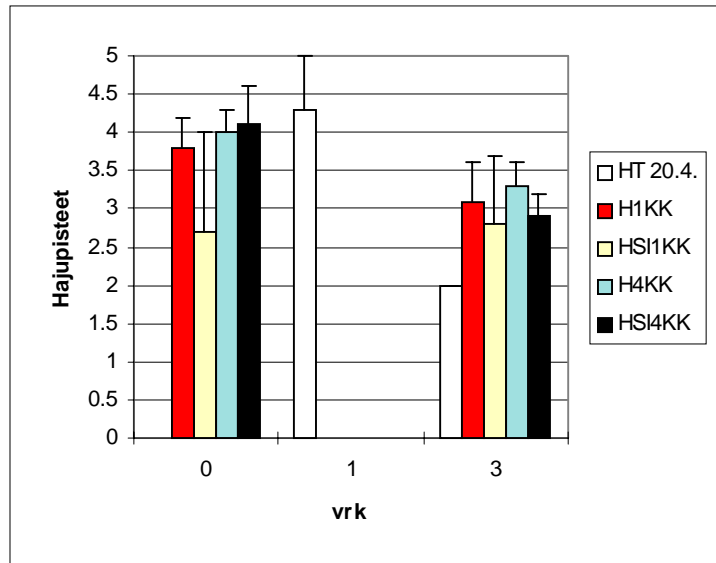
Kuva 18. Tuoreesta ja pakastetusta ahvenesta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen raakojen fileiden hajupisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



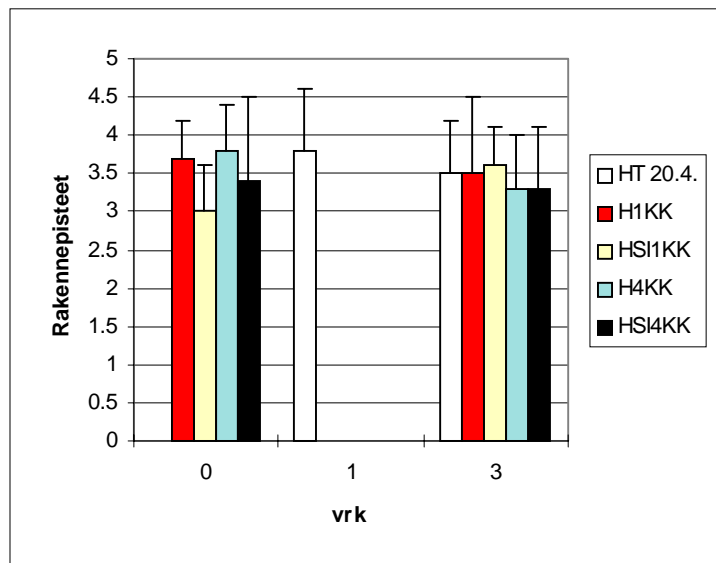
Kuva 19. Tuoreesta ja pakastetusta ahvenesta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen fileiden rakennepisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Arviointi tehty keitetyistä fileistä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



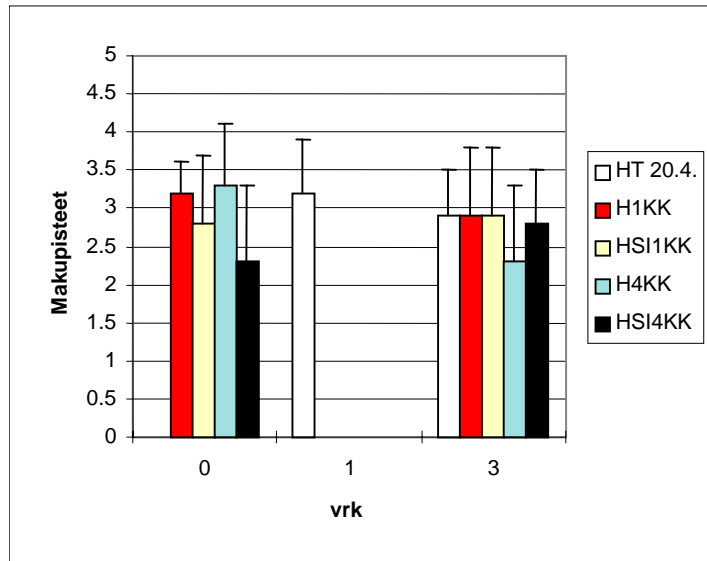
Kuva 20. Tuoreesta ja pakastetusta ahvenesta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen fileiden makupisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Arviointi tehty keitetyistä fileistä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



Kuva 21. Tuoreesta ja pakastetusta hauesta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen raakojen fileiden hajupisteet säilytettäessä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



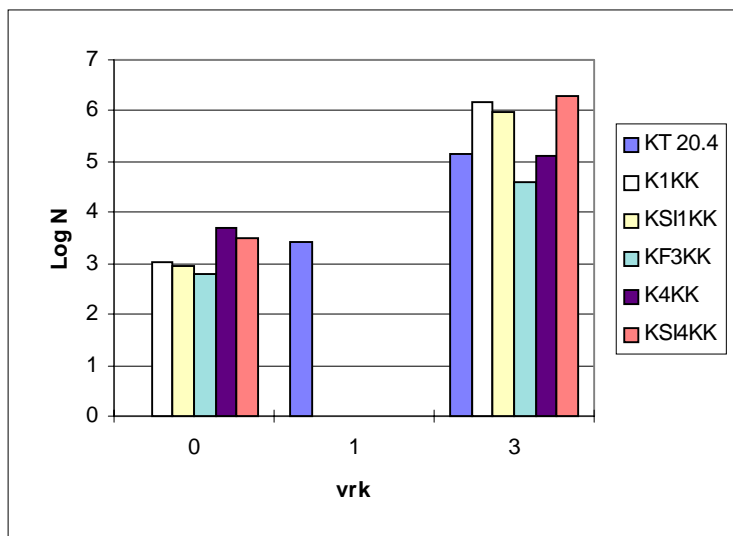
Kuva 22. Tuoreesta ja pakastetusta hauesta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen fileiden rakennepisteet säilytettäessä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Arviointi tehty keitetyistä fileistä. Koodienselitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



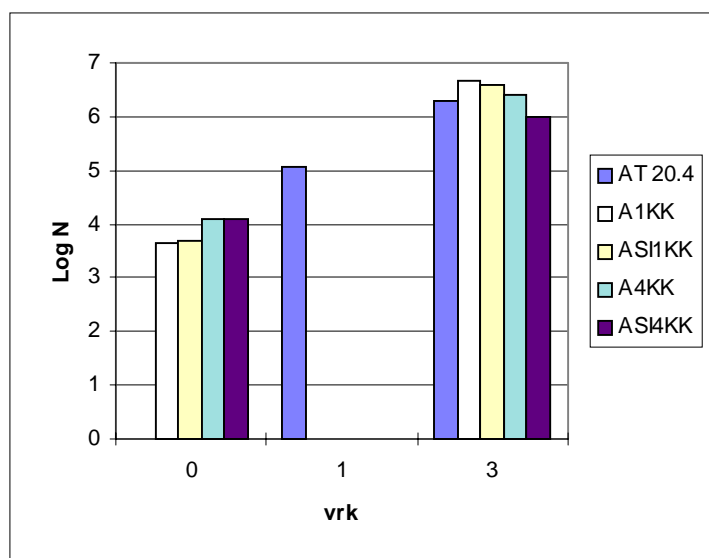
Kuva 23. Tuoreesta ja pakastetusta hauesta (1 kk ja 4 kk) tehtyjen fileiden makupisteet säilytettäessä +6°C:ssa. Arviointi tehty keitetyistä fileistä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.

2.3.7 Mikrobimääritykset tuoreista ja pakastetuista kaloista tehdyistä fileistä: analyysisarja 2 ja 3

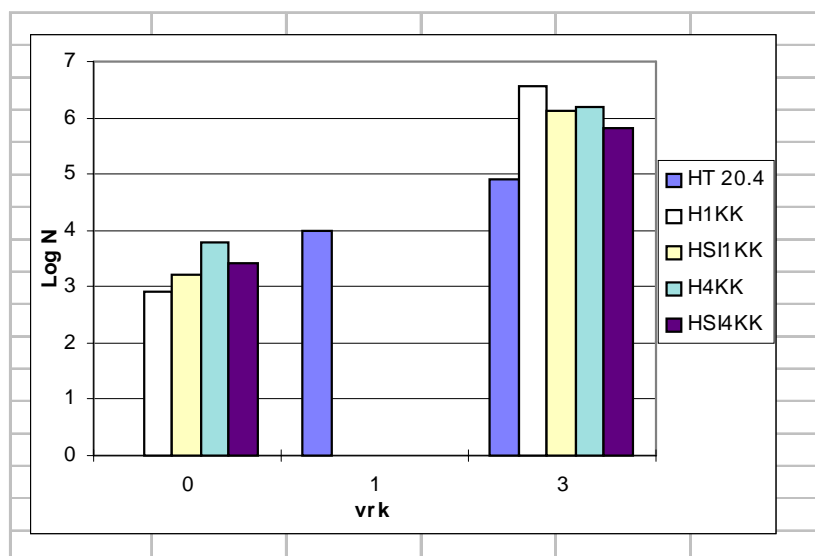
Kuvissa 24 - 26 on esitetty sekä tuoreista että pakastetuista kaloista tehdyistä fileistä aerobiset bakteerimäärät +6°C:ssa säilytettäessä (alkuperäiset tulokset on esitetty liitteissä 5 ja 7). Mikrobipitoisuuksien erot olivat hyvin suuret rinnakkaisnäytteissä. Samoin standardipoikkeamat ovat hyvin suuria (liite B ja C). Ongelmat kalan mikrobiologisten pitoisuuksien määrittämisestä ovat olleet jo kauan tunnettuja (Gibson & Ogden 1997, Dalgaard 1997). Jos kuitenkin vertaillaan rinnakkaisnäytteiden pitoisuuksien keskiarvoja (kuvat 24 - 26), tuloksista näkyy, että pakastetuista kaloista tehdyissä fileissä on vähemmän mikrobeja kuin tuoreesta kalasta tehdyissä fileissä säilytyksen alussa. Tilanne on päinvastainen, kun fileitä on säilytetty 3 vuorokautta. Yhden ja neljän kuukauden pakkasvarastointi ei vaikuttanut juurikaan kalojen mikrobipitoisuuksiin. Pakastetuista kuhista tehdyissä fileissä mikrobipitoisuus oli pakkasvarastoinnin jälkeen suurempi kuin fileissä, jotka oli tehty pakastetusta kalasta ja sitten uudelleen pakastettu (kuva 24).



Kuva 24. Bakteerien kokonaismäärät ($\text{Log } N = \log(\text{bakteerien lukumäärä/g})$) tuoreesta ja pakastetusta (1 kk ja 4 kk) kuhasta tehdyissä fileissä sekä fileissä, jotka tehtiin 1 kk pakastuksen jälkeen ja varastoitiin sitten 3 kk pakkasvarastossa. Fileet säilytettiin $+6^{\circ}\text{C}$:ssa sulatuksen jälkeen. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



Kuva 25. Bakteerien kokonaismäärät ($\text{Log } N = \log(\text{bakteerien lukumäärä/g})$) tuoreesta ja pakastetusta (1 kk ja 4 kk) ahvenesta tehdyissä fileissä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.



Kuva 26. Bakteerien kokonaismäärät ($\text{Log } N = \log(\text{bakteerien lukumäärä/g})$) tuoreesta ja pakastetusta (1 kk) hauesta tehdyissä fileissä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa säilytettäessä. Koodien selitykset on esitetty taulukossa 2 ja 3.

2.4 Johtopäätökset ja jatkotoimet

Suoritettujen kokeiden mukaan perkaamattomasta pakastetusta kuhasta, joka on ollut pakkasvarastossa neljä kuukautta, voidaan valmistaa fileet, jotka säilyvät kaupakelpoisina kolme vuorokautta $+6^{\circ}\text{C}$:ssa. Ahvenesta, ja hauesta vastaavalla tavalla tehdyt fileet olivat kaupakelpoisia vain fileointipäivänä, mutta jos fileet tehtiin yhden kuukauden pakkasvarastoinnin jälkeen, nekin säilyivät kolme vuorokautta kaupakelpoisina. Sitruunahappokastelulla ei ollut säilyvyyttä pidentävää vaikutusta.

Verestetystä tuoreesta kuhasta tehdyt fileet säilyivät kaupakelpoisina pitempään kuin verestämättömästä kuhasta tehdyt.

Pakastetusta kuhasta tehdyt fileet säilyivät uudelleen pakastettuina kolme kuukautta pakkasvarastossa kaupakelpoisina.

Mikrobipitoisuudet lisääntyivät säilytettäessä fileitä $+6^{\circ}\text{C}$:ssa nopeammin pakasteesta sulatetuista kaloista tehdyissä fileissä kuin tuoreesta kalasta tehdyissä fileissä, joskin pakasteesta sulatetusta kalasta tehtyjen fileiden mikrobipitoisuus oli pienempi kuin tuoreesta kalasta tehtyjen fileiden.

Jatkotutkimuksia tarvittaisiin selvittämään, säilyykö verestetty kala pakkasvarastossa paremmin kuin verestämätön.

Muita mielenkiintoisia säilyvyyttä parantavia ja tutkimisen arvoisia seikkoja olisivat:

pakkaaminen vakuumiin ennen pakastusta

pakasteesta sulatetuista kaloista tehtyjen fileiden pakkaaminen vakuumiin tai suojakaasuun.

pakkasvaraston lämpötilan alentaminen -20°C:sta.

Näiden seikkojen varmistaminen edellyttää jatkotutkimuksia.

Lähdeluettelo

Ahvenainen, R., Mälkki, Y. & Sallinen, P. 1983. Pakkauksen vaikutus pakasteiden säilyvyyteen. Espoo 1983. Valtion Teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 199, 87 s. + liitt. 10 s.

Anon. 1994. Pakasteasetus 25.2.1994/165.

Anon. 1996 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös elintarvikkeissa käytetyistä muista lisäaineista kuin makeutusaineista ja väriaineista. 16.9.1996/691.

Anon. 1996. Understanding quality changes in frozen fish. Flair Flow Reports, F-FE 204/96. Correspondence address, N. Howell, Sch. of Biol. Sci., Univ., Surrey Guildford GU2 5XH, UK. 1 s.

Ashie, I. N. A., Smith, J. P. & Simpson, B. K. 1996. Spoilage and shelf life extension of fresh fish and shellfish. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. Vol. 36, s. 87 - 121.

Connell, J. J. 1990a. Quality deterioration and extrinsic quality defects. Teoksessa: Control of Fish Quality, toim. J.J.Connell, Fishing News Books, Oxford, 3. ed. S. 59 - 110.

Connell, J. J. 1990b. Appendix 5. Teoksessa: Control of Fish Quality, toim. J.J.Connell, Fishing News Books, Oxford, 3. ed.

Crepey, J. R. & Han-Ching, L. 1979. Progress in thawing of sea-foods. Quality of thawed products. Peche Maritime, Vol. 58, s. 747 -751.

Dalgaard, P. 1997 Microbial methods and predictive modelling - an introduction. Teoksessa: Methods to Determine the Freshness of Fish in Research and Industry. FAIR Programme of the EU- Nantes, France - November 12 -14, 1997. Paris, France: International Institute of Refrigeration. S. 137 - 139.

Eun, J.B., Boyle, J.A. & Hearnberger, J.O. 1994. Lipid peroxidation and chemical changes in catfish (*Ictalurus punctatus*) muscle microsomes during frozen storage. J. Food Sci., Vol 59, s. 251 - 255.

Freeman, T. 1981. Water soluble antioxidants for seafood products. Refrigeration Science and Technology 1981, nro 4, s. 183 - 188.

Gibson, D. M. & Ogden, I. D. 1997. Total viable counts. Teoksessa: Methods to Determine the Freshness of Fish in Research and Industry. FAIR Programme of the EU-Nantes, France - November 12 -14, 1997. Paris, France: International Institute of Refrigeration. S 147 -150.

Hattula, T. & Kiesvaara, M. 1982. Kotimaisen järvikalan laadun määrittäminen tuoreusmittarilla. Ympäristö ja Terveys nro 4, s. 272 - 279.

Hattula, T. 1997. Adenosine triphosphate breakdown products as a freshness indicator of some fish species and fish products. Espoo 1997, Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 297, 48 s. + liitt. 31 s.

Hattula, T. & Simola, H. 1998. Pakasteesta sulatetun ja tuoreen suomukalan säilyvyys. VTT Bio- ja elintarviketekniikka, raportti Dnro 42/2/98, 22 s. + liite 1 s.

Heen, E. & Karsti, O. 1965. Fish and shellfish freezing. Teoksessa Fish as Food, Vol IV, edited by Georg Borgstrom, New York and London, Academic Press, S. 355 - 418.

Hiremath, G. G. 1973. Prevention of rancidity in frozen fishes during cold storage. Indian Food Packer, Vol. 27, nro 6, s. 20 - 24.

Howell, N. 1996. How quality changes in frozen fish. Food Australia, Vol. 48, s. 490.

Ingemansson, T., Kaufmann, P. & Ekstrand, B. 1995. Multivariate evaluation of lipid hydrolysis and oxidation data from light and dark muscle of frozen stored rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Agric Food Chem. 43, s. 2046 - 2052.

Jadhav, M. G. & Magar, N. G. 1970. Preservation of fish by freezing and glazing. II. Effect of freezing, glazing and frozen storage on the B-vitamins and essential minerals present in the fish flesh. Fishery Technology, Vol. 7, s. 158 -163.

Jason, A. C. & Richards, J. C. S. 1975. The development of an electronic fish freshness meter. J. Phys. E. Sci. Instrum. Vol. 8, s. 826 - 830.

Kiesvaara, M. & Hattula, T. 1984. Käsiteltävän vaikutus pakastetun muikun säilyvyyteen ja käyttöön puolisäilykkeissä ja eineksissä. Espoo 1984. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 276. 29 s.

Kiesvaara, M. & Hattula, T. 1986. Vajaahyödynnettyjen kalalajien käyttö massan valmistuksessa. Espoo 1986. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 635. 33 s.

- Kiesvaara, M., Hattula, T. & Karppinen, S. 1990. Kalan laatuluokituksessa käytettävien menetelmien kehittäminen. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1193. 25 s. + liitt. 7 s.
- Kitamikado, M. Yuan, C.S. & Ueno, R. 1990. An enzymatic method designed to differentiate between fresh and frozen-thawed fish. *J. Food Sci.* Vol. 55, s. 74 - 76.
- Krivchenia, M. & Fennema, O. 1988. Effect of cryoprotectants on frozen burbot fillets and a comparison with whitefish fillets. *J. Food Sci.* Vol. 53, s. 1004 - 1008, 1050.
- Lokken, G. B. 1996. From frozen fish to fresh quality. Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture, *Fiskeriforskning Info* 2 s.
- Love, R. M. & Robertson, I. 1969. The connective tissue of fish. I. Influence of biological condition in cod on gaping in frozen-thawed muscle. *J. Food Technology* Vol. 3, s. 215 - 221.
- Lyijynen, T., Randell, K., Hattula, T. & Ahvenainen, R. 1997. Kalateollisuuden hygienia- ja pakkausopas. Espoo 1997. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1847. 73 s. + liitt. 5 s.
- Mackie, I. M. 1993. The effect of freezing on fish proteins. *Food Rev. Int.* Vol. 9, s. 575 - 610.
- Magnusson, H. & Martinsdottir, E. 1995. Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *J. Fd Sci.* Vol. 60, s. 273 - 278.
- Motohiro, T. 1988. Effect of smoking and drying on the nutritive value of fish: A review of Japanese studies. Teoksessa: *Fish Smoking and Drying*, toim. J. R. Burt, London, Elsevier Applied Science, S. 91 -120.
- Nilsson, K. 1990. Frysprocessen och dess påverkan på fisk och fiskkvalitet. SIK Rapport 1990 Nr 573. 51 s.
- Nilsson, K. 1994. Quality of frozen rainbow trout. Effects of different freezing and thawing treatments. SIK Rapport, No 610, 104 s.
- Novikov, V. M. 1971. Production of Frozen Fish. Teoksessa: *Spravochnik Tekhnologa Rybnoi Promyshlennosti*, Moscow 1971. Translated from Russian by V. M. Novikov: *Handbook of Fishery Technology*. Vol. 1 1981, New Delhi, Amerind Publishing, S. 267 - 390.

- Oosterhuis, J.J. 1981. Double freezing of plaice. Voedingsmiddelentechnologie, Vol 14, nro 16, s. 11 - 15.
- Peavey, S., Work, T. & Riley, J. 1994. Consumer attitude toward fresh and frozen fish. Journal of Aquatic Food Product Technology Vol. 3, nro 2, s. 71 - 87.
- Rehbein, H. 1992. Physical and biochemical methods for the differentiation between fresh and frozen-thawed fish or fillets. Italian Journal of Food Science. Vol. 4, s. 75 - 86.
- Richards, M.P., Kelleher, S. & Hultin, H.O. 1996. Effects of washing with antioxidants on quality of mackerel fillets. 1996 IFT (Institute of Food Technologists) 1996 Annual Meeting. Book of abstracts. S. 1082 - 1236.
- Ryder, J.M. 1985. Determination of adenosinetriphosphate and its breakdown products in fish muscle by high-performance liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. Vol. 33, s. 678 - 680.
- Salfi, V., Fucetola, F. & Pannunzio, G. 1986. A micromethod for the differentiation of fresh from frozen fish muscle. J. Sci. Food Agric. Vol. 36, s. 811 - 814.
- Simeonidou, S., Govaris, A. & Vareltis, K. 1997. Effect of frozen storage on the quality of whole fish and fillets of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and mediterranean hake (*Merluccius mediterraneus*) Z. Lebensm. Unters. Forsch. A, 204, s. 405 - 410.
- Statham, J.A., Bremner, H.A. & Quarmby, A.R. 1985. Storage of morwong (*Nemadactylus macropterus* Blocand Scheiner) in combinations of polyphosphate, potassium sorbate and carbon dioxide at 4 °C. J. Fd Sci. 50, s. 1580 - 1587.
- Tarr, H.L.A. 1948. Control of rancidity of fish flesh, Physical and chemical methods. J. Fisheries Research Board Can. 7, s. 237 - 247.
- Venukopal, V. & Shahidi, F. 1998. Traditonal methods to process underutilized fish species for human consumption, Food Rev. Int., 14, s. 35 - 97.
- Vihervuori, A. 1997. Kalan ulkomaankauppa vuonna 1996 (tied. Aune Vihervuori, puh. 0205 751 245). SVT Ympäristö 1997:7.
- Yoshioka, K. 1985. Differentiation of frozen-thawed fish from fresh fish by examination of blood. Bull. Jpn Soc. Sci.. Fish. 51, s. 1331 - 1336.

Analyysisarja 1: Pakastamattomista kaloista tehdyt analyysit.

Taulukko 1.
Torrymeterlukemat 20.4.1998 pyydetyistä kaloista. Kustakin kalalajista otettiin 10 lukemaa, joista laskettiin keskiarvot ja hajonnat.

	Kuha	Ahven	Hauki
Keskiarvo	12,2	10,4	10,5
Hajonta	0,8	0,7	0,8

Taulukko 2a. Raakojen suomukalojen hajupisteet: analyysisarja 1 (huhtikuu).				
Näyte	1 vrk	3 vrk	7 vrk	9 vrk
KT 20.4.*	4,7 ±0,6	4,0 ±0,0	2,1 ±0,6	0,7 ±0,4
KSI	4,7 ±0,6	3,8 ±0,3	2,3 ±0,3	1,0 ±0,0
KV	4,7 ±0,6	4,2 ±0,3	2,7 ±0,3	1,5 ±0,0
AT 20.4.	4,3 ±0,6	3,0 ±0,0	0,8 ±0,3	0
ASI	4,7 ±0,6	2,9 ±0,1	0,7 ±0,3	0
HT 20.4.	4,3 ±0,7	2,0 ±0,0	0,8 ±0,6	0
HSI	4,3 ±0,7	2,2 ±0,2	0,8 ±0,6	0

Taulukko 2b. Keitettyjen suomukalojen rakennepisteet: analyysisarja 1 (huhtikuu).				
Näyte	1 vrk	3 vrk	7 vrk	9 vrk
KT 20.4.	4,3 ±0,5	3,8 ±0,7	3,2 ±0,5	0
KSI	3,8 ±0,6	3,9 ±0,2	3,3 ±0,4	0
KV	4,2 ±0,6	4,0 ±0,1	3,6 ±0,6	0
AT 20.4.	3,9 ±0,7	3,9 ±0,5	0	0
ASI	4,1 ±0,6	4,1 ±0,7	0	0
HT 20.4.	3,8 ±0,8	3,5 ±0,7	0	0
HSI	4,3 ±0,5	3,7 ±0,6	0	0

Taulukko 2c. Keitettyjen kalojen makupisteet: analyysisarja 1 (huhtikuu).				
Näyte	1 vrk	3 vrk	7 vrk	9 vrk
KT 20.4.	4,0 ±0,5	3,5 ±0,6	2,1 ±0,8	0
KSI	4,2 ±0,5	3,7 ±0,4	2,6 ±0,8	0
KV	4,1 ±0,5	3,8 ±1,2	3,0 ±0,9	0
AT 20.4.	3,3 ±0,7	3,6 ±0,8	0	0
ASI	3,5 ±0,5	3,7 ±0,7	0	0
HT 20.4.	3,2 ±0,7	2,9 ±0,6	0	0
HSI	3,8 ±0,7	3,0 ±1,0	0	0

- *KT 20.4. = kuha
- KSI = 5 %:n sitruunahapolla kasteltu kuha
- KV = verestetty kuha
- AT 20.4. = ahven
- ASI = 5 %:n sitruunahapolla kasteltu ahven
- HT 20.4. = hauki
- HSI = 5 %:n sitruunahapolla kasteltu hauki

Taulukko 3. Bakteerin kokonaispitoisuudet (pmy/g) säilytyksen aikana: analyysisarja 1 (huhtikuu). Merkinnät a ja b tarkoittavat rinnakkaismäärittäyksiä				
Näyte	1 vrk	3 vrk	7 vrk	9 vrk
KT 20.4* a	1,5x 10 ³	4,9 x10 ⁴	1,9x10 ⁶	2,0x10 ⁶
KT 20.4. b	3,9x10 ³	2,3x10 ⁵	8,9x10 ⁵	5,4x10 ⁶
k.a.	2,7x10 ³	1,4x10 ⁵	1,4x10 ⁶	3,7x10 ⁶
log(pmy/g)	3.43	5.14	6.14	6.57
KSI a	2,4x10 ³	2,7x10 ⁵	7,3x10 ⁶	1,1x10 ⁶
KSI b	3,1x10 ³	9,1x10 ⁴	4,2x10 ⁶	2,9x10 ⁶
k.a.	2,7x10 ³	1,8x10 ⁵	5,8x10 ⁶	2,0x10 ⁶
log(pmy/g)	3.44	5.26	6.76	6.30
KV a	3,6x10 ³	4,4x10 ⁵	4,0x10 ⁶	1,3x10 ⁷
KV b	1,0x10 ³	8,1x10 ⁵	4,8x10 ⁶	1,1x10 ⁷
k.a.	2,3x10 ³	4,3x10 ⁵	4,4x10 ⁶	1,2x10 ⁷
log(pmy/g)	3.36	5.63	6.64	7.08
AT 20.4. a	1,3x10 ⁵	1,1x10 ⁶	6,5x10 ⁶	
AT 20.4. b	1,1x10 ⁵	2,7x10 ⁶	8,4x10 ⁶	
k.a.	1,2x10 ⁵	1,9x10 ⁶	7,5x10 ⁶	
log(pmy/g)	5.08	6.28	6.87	
ASI a	6,1x10 ⁴	1,6x10 ⁶	2,6x10 ⁷	
ASI b	1,2x10 ⁵	2,4x10 ⁶	2,1x10 ⁷	
k.a.	9,1x10 ⁴	2,0x10 ⁶	2,4x10 ⁷	
log(pmy/g)	4.96	6.3	7.37	
HT 20.4. a	1,0x10 ⁴	7,2x10 ⁴	2,5x10 ⁷	
HT 20.4. b	1,0x10 ⁴	8,6x10 ⁴	1,0x10 ⁶	
k.a.	1,0x10 ⁴	7,9x10 ⁴	1,3x10 ⁷	
log(pmy/g)	4	4.90	7.11	
HSI a	9,6x10 ³	1,4x10 ⁵	1,8x10 ⁶	
HSI b	1,1x10 ⁴	3,0x10 ⁵	1,1x10 ⁶	
k.a.	1,0x10 ⁴	2,2x10 ⁵	1,5x10 ⁶	
log(pmy/g)	4.01	5.34	6.16	

- *KT 20.4. = kuha
KSI = 5 %:n sitruunahapolla kasteltu kuha
KV = verestetty kuha
AT 20.4. = ahven
ASI = 5 %:n sitruunahapolla kasteltu ahven
HT 20.4. = hauki
HSI = 5 %:n sitruunahapolla kasteltu hauki

Analyysisarja 2: Kuukauden pakkasvarastossa olleista kaloista tehtyjen fileiden analyysit

Taulukko 1a. Raakojen suomukalojen hajupisteet: analyysisarja 2 (toukokuu)		
Näyte	0 vrk	3 vrk
K 1KK*	4,1 ±0,5	3,3 ±0,9
KSI1KK	3,5 ±1,2	3,2 ±0,9
A 1KK	3,7 ±0,5	3,1 ±0,8
ASI1KK	3,5 ±0,8	3,1 ±0,6
H 1KK	3,8 ±0,4	3,1 ±0,5
HSI1KK	2,7 ±1,3	2,8 ±0,9

Taulukko 1b. Keitettyjen suomukalojen rakennepisteet: analyysisarja 2 (toukokuu).		
Näyte	0 vrk	3 vrk
K1KK	3,8 ±0,6	3,8 ±0,8
KSI1KK	3,6 ±0,6	3,8 ±0,8
A1KK	3,5 ±0,5	3,6 ±0,6
ASI1KK	3,7 ±0,9	3,5 ±0,4
H1KK.	3,7 ±0,5	3,5 ±1,0
HSI1KK	3,0 ±0,6	3,6 ±0,5

B1

Taulukko 1c. Keitettyjen kalojen makupisteet: analyysisarja 2 (toukokuu)		
Näyte	1 vrk	3 vrk
K1KK	3,8 ±0,6	3,7 ±0,8
KSI1KK	3,8 ±0,9	3,0 ±1,5
A1KK	3,5 ±0,4	2,9 ±0,9
ASI1KK	3,3 ±0,4	3,0 ±1,1
H1KK	3,2 ±0,4	2,9 ±0,9
HSI1KK	2,8 ±0,9)	2,9 ±0,9

- *K1KK = 1 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 KSI1KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 A1KK = 1 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 ASI1KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 H1KK = 1 kk pakkasvarastossa ollut hauki
 HSI1KK = 5 % sitruunahapolla käsitelty 1 kk pakkasvarastossa ollut hauki

B1

Taulukko 2. Bakteerien kokonaispitoisuudet (pmy/g) säilytyksen aikana: analyysisarja 2 (toukokuu). Näytteistä tehtiin kolme rinnakkaismääritystä..

Näyte	0 vrk	3 vrk
K1KK*	$1,1 \times 10^3 \pm 4,3 \times 10^2$	$1,1 \times 10^6 \pm 4,0 \times 10^5$
log (pmy/g)	$3,0 \pm 2,6$	$6,1 \pm 5,6$
KSIIKK	$9,2 \times 10^2 \pm 1,0 \times 10^2$	$9,3 \times 10^5 \pm 1,6 \times 10^5$
log (pmy/g)	$3,0 \pm 2,0$	$6,0 \pm 5,2$
A1KK	$4,4 \times 10^3 \pm 1,6 \times 10^3$	$4,7 \times 10^6 \pm 1,5 \times 10^6$
log (pmy/g)	$3,6 \pm 3,2$	$6,7 \pm 6,2$
ASIIKK	$5,0 \times 10^3 \pm 3,0 \times 10^3$	$3,9 \times 10^6 \pm 7,5 \times 10^5$
log (pmy/g)	$3,7 \pm 3,5$	$6,6 \pm 5,9$
H1KK	$8,2 \times 10^2 \pm 7,6 \times 10^2$	$3,7 \times 10^6 \pm 1,6 \times 10^6$
log (pmy/g)	$2,9 \pm 2,9$	$6,6 \pm 6,2$
HSIIkk	$1,6 \times 10^3 \pm 4,7 \times 10^2$	$1,3 \times 10^6 \pm 3,7 \times 10^5$
log (pmy/g)	$3,2 \pm 2,7$	$6,1 \pm 5,6$

- * K1KK = 1 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 KSIIKK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 A1KK = 1 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 ASIIKK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 H1KK = 1 kk pakkasvarastossa ollut hauki
 HSIIKK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 1 kk pakkasvarastossa ollut hauki

Analyyssisarja 3: Neljä kuukautta pakkasvarastossa olleista kaloista tehtyjen fileiden analyysit

Taulukko 1a. Raakojen suomukalojen hajupisteet: analyysisarja 3 (elokuu)		
Näyte	0 vrk	3 vrk
K 4KK*	4,3 ±0,4	3,4 ±0,9
KSI4KK	4,0 ±0,4	2,8 ±0,9
KF3KK	3,9 ±0,3	3,5 ±0,0
A 4KK	4,2 ±0,4	3,1 ±1,0
ASI4KK	4,2 ±0,3	2,1 ±0,0
H 4KK	4,0 ±0,3	3,3 ±0,3
HSI4KK	4,1 ±0,5	2,9 ±0,3

Taulukko 1b. Keitettyjen suomukalojen rakennepisteet: analyysisarja 3 (elokuu)		
Näyte	0 vrk	3 vrk
K4KK	3,8 ±0,5	3,8 ±0,5
KSI4KK	3,6 ±0,7	3,3 ±0,6
KF3KK	3,5 ±0,8	3,2 ±0,7
A4KK	3,8 ±0,6	3,3 ±0,9
ASI4KK	3,9 ±0,7	3,6 ±0,8
H4KK.	3,8 ±0,6	3,3 ±0,7
HSI4KK	3,4 ±1,1	3,3 ±0,8

Taulukko 1c. Keitettyjen kalojen makupisteet: analyysisarja 3 (elokuu)		
Näyte	0 vrk	3 vrk
K4KK	4,0 ±0,4	3,4 ±0,5
KSI4KK	3,8 ±0,5	2,8 ±0,6
KF3KK	3,4 ±0,7	3,0 ±0,7
A4KK	3,5 ±0,7	2,4 ±0,9
ASI4KK	3,6 ±0,8	2,3 ±0,8
H4KK	3,3 ±0,8	2,3 ±1,0
HSI4KK	2,3 ±1,0	2,8 ±0,7

- *K4KK = 4 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 KSI4KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 4 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 KF3KK = 3 kk pakkasvarastossa ollut kuhafile
 A4KK = 4 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 ASI4KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 4 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 H4KK = 4 kk pakkasvarastossa ollut hauki
 HSI4KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 4 kk pakkasvarastossa ollut hauki

Taulukko 2. Bakteerien kokonaispitoisuudet (pmy/g) säilytyksen aikana: analyysisarja 3 (elokuu). Näytteistä tehtiin kolme rinnakkaismäärittystä.		
Näyte	0 vrk	3 vrk
K4KK* log(pmy/g)	$5,4 \times 10^3 \pm 2,0 \times 10^3$ 3,7 \pm 3,3	$1,4 \times 10^5 \pm 3,7 \times 10^4$ 5,1 \pm 4,6
KSI4KK log(pmy/g)	$2,1 \times 10^3 \pm 1,2 \times 10^3$ 3,5 \pm 3,1	$2,2 \times 10^6 \pm 3,7 \times 10^6$ 6,3 \pm 6,6
KF3KK log(pmy/g)	$6,3 \times 10^2 \pm 1,8 \times 10^2$ 2,8 \pm 2,3	$4,0 \times 10^4 \pm 1,7 \times 10^4$ 4,6 \pm 4,2
A4KK log(pmy/g)	$1,2 \times 10^4 \pm 3,8 \times 10^3$ 4,1 \pm 3,6	$2,7 \times 10^6 \pm 7,8 \times 10^4$ 6,4 \pm 4,9
ASI4KK log(pmy/g)	$1,3 \times 10^4 \pm 1,7 \times 10^4$ 4,1 \pm 4,2	$9,8 \times 10^5 \pm 4,5 \times 10^5$ 6,0 \pm 5,7
H4KK log(pmy/g)	$5,9 \times 10^3 \pm 3,0 \times 10^3$ 3,8 \pm 3,5	$1,8 \times 10^6 \pm 4,7 \times 10^5$ 6,2 \pm 5,7
HSI4KK log(pmy/g)	$2,3 \times 10^3 \pm 9,8 \times 10^2$ 3,4 \pm 3,0	$6,0 \times 10^5 \pm 5,3 \times 10^5$ 5,8 \pm 5,7

- *K4KK = 4 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 KSI4KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 4 kk pakkasvarastossa ollut kuha
 KF3KK = 3 kk pakkasvarastossa ollut kuhafile
 A4KK = 4 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 ASI4KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 4 kk pakkasvarastossa ollut ahven
 H4KK = 4 kk pakkasvarastossa ollut hauki
 HSI4KK = 5 %:n sitruunahapolla käsitelty 4 kk pakkasvarastossa ollut hauki