

*Antti Forsman
Susanna Airaksinen
Tarja Aro
Olli Norrdahl
Jari Riihimäki
Markku Vaajala
Kari Ruohonen*

Kirjolohen kutukypsyyden säätö
ruokakalatuotannossa (KutuSää)

Toinen osakoe

Helsinki 2006



Antti Forsman, Susanna Airaksinen, Tarja Aro, Olli Norrdahl, Jari Riihimäki, Markku Vaajala ja Kari Ruohonen

Kirjoloheen kutukypsyiden säätö ruokakalatuotannossa (KutuSää). Toinen osakoe

Tutkimusraportti

KutuSää (319 123)

Tutkimus oli toinen osakoe Suomen kalankasvattajaliitto ry:n tilaamasta ja Varsinais-Suomen TE-keskuksen sekä Ahvenanmaan maakuntahallituksen rahoittamasta (Euroopan yhteisön kalatalouden ohjauksen rahoitusväline – KOR) hankkeesta. Toisessa osakokeessa tutkittiin kesäpäivän tasauksesta aina seuraavaan kevääseen jatkuvien valokäsittelyjen vaikutusta kutukypsyiden kehittymiseen sekä kalan lihan ja mädin laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin.

Valokäsittelyt toteutettiin vedenalaisin lampuin verkkoallasviljelyssä. Valokäsittelyjaksot olivat kestoltaan 3, 6, 9 ja 11 kuukautta. Tutkittavina muuttujina kutukypsyiden kehityksessä olivat gonadosomaattinen indeksi (GSI) sekä kutuajankohta. Laatu- ja tuotanto-ominaisuuksista tutkittiin fileesaantoa ja kyljen paksuutta sekä lihaksen väriä, kiinteyttä, koostumusta ja vedensidontakykyä. Mädin osalta tutkittiin sen väriä, rakenneominaisuuksia, koostumusta sekä mätimunien kokoa. Kalan lihan ja mädin laatua arvioitiin keväällä lisäksi aistinvaraisesti.

Valokäsittelyt eivät estäneet kalojen lopullista kutukypsymistä, mutta siirsivät kutuajankohtaa myöhäisemmäksi. Valokäsittelyn jatkaminen vuodenvaihteen yli viivästytti kutukypsyiden kehittymistä edelleen vuodenvaihteeseen kestävään valokäsittelyyn verrattuna. Valokäsittelyt ehkäisivät lisäksi kutukypsyiden aiheuttamaa lihaksen tuotelaadun heikkenemistä, mikä havaittiin sekä instrumentaalisesti että aistinvaraisesti arvioituna. Lihaksen aistittava laatu sekä väri- ja rakenneominaisuudet säilyivät kevättälvelle parempina valokäsittelyryhmissä kuin luonnonvaloryhmässä. Valokäsittelyt ohjasivat näin sukukypsyiden kalojen ominaisuuksia martojen kalojen suuntaan, kun taas valojen vaikutus martoihin kaloihin oli vähäinen. Valokäsittelyt viivästyttivät myös mädin kehittymistä, mikä heijastui mädin koostumukseen sekä väriominaisuuksiin. Mädin rakenteessa havaittiin eroja käsittelyryhmien välillä maaliskuussa, jolloin valokäsittelyryhmien mäti arvioitiin aistinvaraisesti paremmaksi kuin luonnonvaloryhmän.

kirjolohi, kutukypsyys, säätely, valo, valokäsittely, GSI, väri, rakenne, lihas, mäti, laatu

Kala- ja riistaraportteja 381

951-776-527-4

1238-3325

53 s. + 3 liitettä

suomi

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Turun riistan- ja kalantutkimus
Itäinen Pitkäkatu 3
20520 TURKU
Puh. 02057511 Faksi 0205751 689
<http://www.rktl.fi/tutkimuslaitos/julkaisut> (pdf)

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Viikinkaari 4
PL 2
00791 Helsinki
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

Antti Forsman, Susanna Airaksinen, Tarja Aro, Olli Norrdahl, Jari Riihimäki, Markku Vaajala, Kari Ruohonen

Reglering av lekmognaden i regnbågslax produktionen. Andra delundersökningen

Forskningsrapport

Rapporten innehåller resultaten av den andra delen av ett större forskningsprojekt som beställts av Finlands Fiskodlarförbund rf. Projektet har finansierats av Egentliga Finlands TE-central och av Ålands landskapsregering (EU:s fond för fiskets utveckling, FFU). I den andra delen av projektet undersöktes hur ljusbehandling, som sträcker sig från midsommar till vår, inverkar på utvecklingen av lekmognaden och på fiskens och rommens kvalitet och produktionsegenskaper.

Ljusbehandlingen gjordes med undervattenslampor i nätkassodlingar. Behandling gavs under 3, 6, 9 eller 11 månader. De variabler som undersöktes i utvecklingen av lekmognaden var gonadosomatiska indexet (GSI) samt tidpunkten för lek. De kvalitets- och produktionsegenskaper som undersöktes omfattade köttets färg, fasthet, konsistens, förmåga att hålla vatten, filéutbytet och sidomuskelnns tjocklek. Rommen undersöktes beträffande färg, struktur, konsistens samt romkornets storlek. Dessutom gjordes en organoleptisk bedömning av fisken och rommens kvalitet.

Ljusbehandlingarna hindrade inte en fullständig utveckling av lekmognaden, men försköt tidpunkten för leken. De ljusbehandlingar som pågick över årsskiftet fördröjde ytterligare utvecklingen i jämförelse med behandlingar som avslutades vid den tidpunkten. Den försämrade produktkvalitet hos köttet, som förorsakas av lekmognaden, förhindrades av ljusbehandlingarna och detta observerades både med mätinstrument och vid organoleptisk bedömning. På vårvintern var köttets kvalitet, färg och struktur bättre i den behandlade gruppen jämfört med fiskar i naturligt ljus, både enligt mätinstrument och organoleptisk bedömning. De fiskar som höll på att utveckla könsmognad fördröjdes i utvecklingen, medan omogna fiskar påverkades bara lite av behandlingen. Ljusbehandlingarna fördröjde också rommens utveckling, vilket syntes i rommens konsistens och färg. Skillnaderna i rommens struktur observerades i mars, och rom från ljusbehandlade fiskar bedömdes då vid organoleptisk bedömning vara bättre än rom från fiskar som levte i naturligt ljus.

regnbågslax, lekmognad, reglering, ljus, ljusbehandling, GSI, färg, struktur, muskel, rom, kvalitet

Kala- ja riistaraportteja 381

951-776-527-4

1238-3325

53 s. + 3 bilagor

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Åbo vilt- och fiskeriforskning
Österlånggatan 3, 20520 Åbo
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751 689
<http://www.rktl.fi/tutkimuslaitos/julkaisut>

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsingfors
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751 201

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. MATERIAALIT JA MENETELMÄT.....	2
2.1 Koetilat.....	2
2.2 Koejärjestelyt.....	2
2.2.1 Koekalat ja ruokinta.....	2
2.2.2 Koeasetelma.....	3
2.3 Punnitukset ja näytteenotot.....	3
2.3.1 Punnitukset ja ultraäänimääritykset (UÄ).....	4
2.3.2 Näytteenotto.....	4
2.3.2.1 Mätinäytteiden käsittely.....	4
2.3.2.2 Lihasnäytteiden käsittely.....	5
2.4 Aistinvaraiset näytteet.....	6
2.4.1 Aistinvaraiset arviot – fileet.....	6
2.4.2 Aistinvaraiset arviot – mäti.....	6
2.5 Tilastolliset menetelmät.....	6
3. TULOKSET.....	8
3.1 Kalojen kasvu ja sukukypsyys.....	8
3.2 Valokäsittelyjen vaikutus kutukypsyyn kehittymiseen.....	9
3.2.1 Gonadosomaattinen indeksi (GSI).....	9
3.2.2 Hepatosomaattinen indeksi (HSI).....	11
3.3 Valokäsittelyn vaikutus kalan lihan laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin.....	12
3.3.1 Fileesaanto.....	13
3.3.2 Kyljen suhteellinen paksuus.....	14
3.3.3 Lihaksen vedensidontakyky.....	15
3.3.4 Lihaksen kiinteys.....	16
3.3.5 Lihaksen väri.....	19
3.3.6 Kalan rasvapitoisuus (Distell).....	23
3.3.7 Lihaksen koostumus.....	24
3.3.8 Lihaksen aistittava laatu.....	25
3.3.9 Lihaksen laatuominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot.....	27
3.4 Valokäsittelyn vaikutus mädin kokoon sekä laatuominaisuuksiin.....	30
3.4.1 Mätimunnan koko.....	30
3.4.2 Mädin koostumus.....	31
3.4.3 Mädin väri.....	33
3.4.4 Mädin rakenne.....	36
3.4.5 Mädin aistittava laatu.....	38
3.4.6 Mädin laatuominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot.....	39
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	47
4.1 Valokäsittelyn vaikutus sukukypsyyn kehittymiseen sekä kutuajankohtaan.....	47
4.2 Valokäsittelyn vaikutus sukukypsien kalojen laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin.....	48
4.2.1 Lihaksen laatu- ja tuotanto-ominaisuudet.....	48
4.2.2 Mädin laatu- ja tuotanto-ominaisuudet.....	49
4.3 Sukukypsien kalojen laatu- ja tuotanto-ominaisuuksien muutos martoihin kaloihin verrattuna.....	49
4.4 Ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot.....	50

5. YHTEENVETO	52
LÄHTEET	53
LIITTEET.....	53

1. Johdanto

Suomen Kalankasvattajaliitto ry:n tilaamassa työssä tutkitaan kirjolohen kutukypsyyden säätelyä valokäsittelyn avulla. Kutukypsyyden viivästyttämisellä pyritään parantamaan kalan tuotanto-ominaisuuksia siten, että teurastuksen vuotuinen ajankohta ei olisi riippuvainen luonnonvalo-oloissa kasvaneiden kirjolohien lisääntymiskierron ajankohdasta, vaan se voitaisiin ajoittaa laajemmalle aikavälille ilman kalan tuotelaadun heikkenemistä.

Työn ensimmäisessä osatutkimuksessa (Forsman ym., 2005; Kala- ja riistaraportteja nro 344) tutkittiin päivittäisen valojakson pituuden ja valokäsittelyn aloitusajankohdan merkitystä kutukypsyyden säätelyssä ja säätelyn tehokkuudessa. Tämän osatutkimuksen tulokset osoittivat, että valokäsittelyllä voidaan vaikuttaa sekä kirjolohen mätimunan kasvuvaiheeseen eli vitellogeneesiin että mahdollisesti myös mädin lopullisen kypsymisen ajankohtaan. Nämä lisääntymisfysiologiset tekijät sekä valokäsittelyt vaikuttivat myönteisesti kalan tuotanto- ja laatuominaisuuksiin. Lisäksi havaittiin, että valokäsittelyn vaikutus oli merkittävin, kun se aloitettiin lähellä kesäpäivän tasausta. Päivittäisen valokäsittelyn pituudella välillä 18 - 24 tuntia ei ollut vaikutusta valokäsittelyn kokonaiskeston aikaansaamaan vaikutukseen.

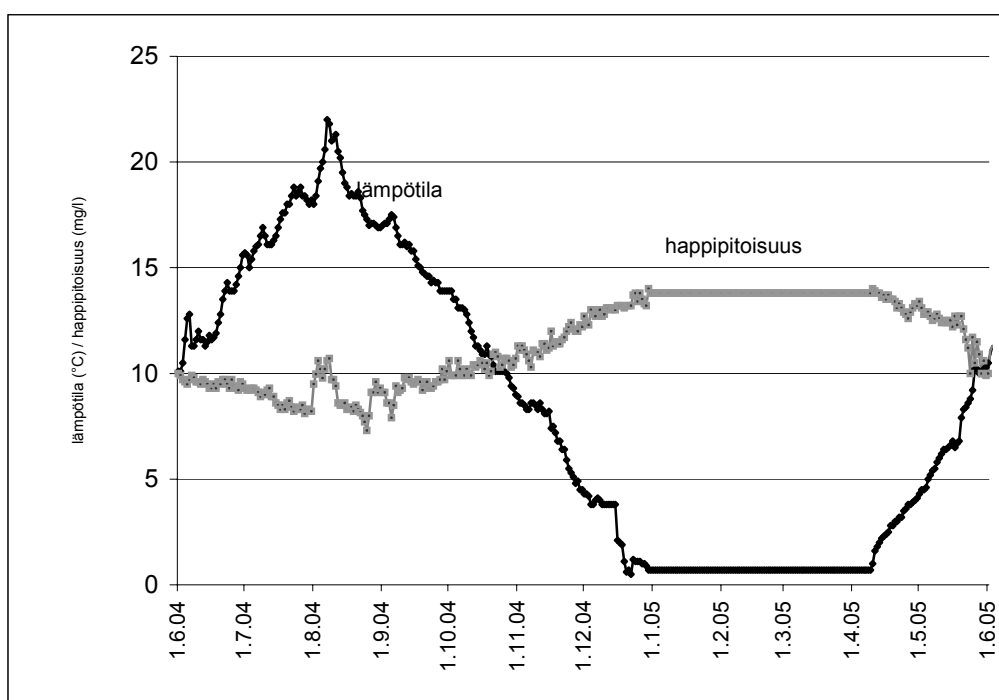
Tämä raportti on toisesta osatutkimuksesta, jossa selvitettiin valojaksokäsittelyn keston merkitystä kutukypsyyden viivästyttämisessä. Tutkimuksen valokäsittelyn aloitusajankohta sekä päivittäinen pituus määriteltiin vakioksi ensimmäisen osatutkimuksen tulosten perusteella. Valokäsittelyn osalta haluttiin selvittää kuinka valokäsittelyn jatkaminen pidemmälle kevääseen vaikuttaa kirjolohen lisääntymiskierron loppuvaiheeseen ja kalan tuotelaatuun. Kalat tutkittiin laatuominaisuuksiltaan myös aistinvaraisesti. Lisäksi laatututkimusta laajennettiin käsittelemään mädin laadullisia ominaisuuksia.

2. Materiaalit ja menetelmät

Tutkimuksen toinen osakoe alkoi 26.6.2004 ja päättyi 6.6.2005.

2.1 Koetilat

Koe tehtiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Rymättylän kalatutkimusasemalla (os. 21150 Röölä). Kalat pidettiin kokeen ajan 10 verkkoaltaassa, joiden tilavuus oli 48 m³. Veden lämpötila sekä happipitoisuus koealueella noudattivat luonnollista vaihtelua (kuva 1).



Kuva 1. Veden lämpötilan ja happipitoisuuden vaihtelut tutkimusasemalla koejakson aikana.

Bild 1. Variationer i vattentemperaturen och vattnets syrehalt vid forskningsstationen under försöket.

2.2 Koejärjestelyt

2.2.1 Koekalat ja ruokinta

Kokeisiin varattiin 1500 kappaletta kaksivuotiaita, kaupalliseen tarkoitukseen kasvatettuja naaraskirjolohia (Savon Taimen Oy). Painon mukaan lajitellut kalat (n. 400 g) siirrettiin tutkimusasemalle keväällä 2004 ja yksilömerkittiin ID-merkein (Trovan

Ltd., Saksa). Ennen kokeen alkua ja kokeen aikana kalat ruokittiin kaupallisilla Royal Plus – sekä Royal Herkules rehuilla valmistajan rehutaulukon mukaisesti (Rehuraio Oy; liite 1). Kokeen alussa pellettikoko oli 5.0 mm ja astaksantiinipitoisuus 50 mg/kg. Kalojen kasvaessa siirryttiin (1.8.2004) rehun pellettikokoon 7.0 mm ja astaksantiinipitoisuuteen 80 mg/kg. Tämän jälkeen rehu pysyi samana loppukokeen ajan. Kalojen ruokinta tapahtui tietokoneohjatuilla ruokinta-automaateilla (Itu Salmo Micro, T Drum 2000, Arvo-Tec Oy). Ennen jokaista punnitusta tai näytteenottoa kalat olivat paastolla 11 vuorokauden ajan.

2.2.2 Koeasetelma

Kokeessa kartoitettiin valokäsittelyn keston vaikutusta kutukypsyyden säätelyyn neljän eripituisen valokäsittelyn avulla, jotka toteutettiin kahdessa rinnakkaisessa verkkoaltaassa. Valokäsittelyt aloitettiin juhannuksesta ja päivänpituus oli 24 tuntia. Vertailuryhmänä toimi kaksi verkkoallasta luonnonvalo-oloissa. Yhteensä ryhmiä oli 10, joissa kussakin oli kokeen alkaessa 150 kalaa (taulukko 1). Kokeen alussa kaikki kalat punnittiin ja kalojen kasvua sekä kutukypsyyden kehittymistä seurattiin seuraavan 11 kuukauden ajan punnitukseen ja näytteenotoin.

Taulukko 1. Kokeen valokäsittelyryhmät. Valot sytytettiin (ALOITUS) jokaisessa ryhmässä heti juhannuksen jälkeen (0) ja valokäsittelyä jatkettiin 3, 6, 9 tai 11 kuukautta (KESTO, kk). Valot olivat päällä 24 tuntia (VALOJAKSO, h) vuorokaudessa. NL (natural light) tarkoittaa luonnonvalossa kasvatettua ryhmää.

Tabell 1. De olika grupperna i ljusbehandlingsförsöket (KÄSITTELY, dygn; RYHMIÄ, st). Belysningen tändes (ALOITUS) i samtliga grupper genast efter midsommaren (0) och ljusbehandlingen fortsatte 3, 6, 9 eller 11 månader (KESTO, mån.). Belysningen var tänd 24 timmar (VALOJAKSO, tim) i dygnet. NL (natural light) avser den fiskgrupp som odlades under naturligt ljus.

KÄSITTELY	ALOITUS	KESTO (kk)	VALOJAKSO (h)	RYHMIÄ (kpl)
98 vrk	0	3	24	2
192 vrk	0	6	24	2
282 vrk	0	9	24	2
337 vrk	0	11	24	2
NL	0	0	NL	2

2.3 Punnitukset ja näytteenotot

Alkupunnituksessa, välipunnituksissa, ultraäänitutkimuksissa (UÄ), näytteenotoissa sekä päätöslopetuksessa seurattiin kalojen kasvua, laatua sekä mädin kehittymistä. Kokeen päätyttyä kaikki jäljellä olevat kalat lopetettiin. Niistä mitattiin paino, pituus, paino perattuna, gonadit sekä maksa. Kokeen seurantaan liittyneet toimenpiteet on esitetty tiivistetysti taulukossa 2 ja kuvattu tarkemmin seuraavissa luvuissa.

Taulukko 2. Kaloille kokeen aikana tehty toimenpiteet, niiden ajankohdat kalenteri- ja koekuukautena sekä valokäsittelykohtaiset kalamäärät. Toimenpiteet on kuvattu yksityiskohtaisesti tekstissä.

Tabell 2. Åtgärder (TOIMENPIDE), som fiskgrupperna utsattes för, under kalender- respektive experimentmånad samt antalet behandlade fiskar. Åtgärdena beskrivs mera detaljerat i texten (på finska).

KALENT. KK	KOE KK	TOIMENPIDE	NL (KPL)	0-3 (KPL)	0-6 (KPL)	0-9 (KPL)	0-11 (KPL)
kesäk 04	0	alkupunnitus	kaikki	kaikki	kaikki	kaikki	kaikki
syysk 04	3	välipunnitus	100	100	100	100	100
jouluk 04	6	välipunnitus	100	100	100	100	100
maalisk 05	9	välipunnitus	100	100	100	100	100
toukok 05	11	loppupunnitus	kaikki	kaikki	kaikki	kaikki	kaikki
syysk 04	3	näytteenotto	24	yht. 48			
jouluk 04	6	näytteenotto	24	24	yht. 36		
maalisk 05	9	näytteenotto	24	24	24	yht. 24	
toukok 05	11	näytteenotto	24	24	24	24	24
maalisk 05	9	aisti-mäti	3	-	3	3	-
maalisk 05	9	aisti- filee	6	-	6	6	-

2.3.1 Punnitukset ja ultraäänimääritykset (UÄ)

Punnitukset ja UÄ-määritykset suoritettiin kuten ensimmäisessä osakokeessa. Kalat nukutettiin MS-222 –nukutusaineella (Finguel, USA), punnittiin ja ne määritettiin ultraäänitutkimuksella (lineaarianturi 6/8 MHz, 485 ANSER, ESAOTE-Pie Medical, Italia) sukukypsyydeltään marroiksi (0) tai kehittyviksi (1) kaloiksi.

2.3.2 Näytteenotto

Jokaisessa näytteenottoajankohdassa kalat luokiteltiin erilaista valokäsittelyä saaneisiin ryhmiin (taulukko 2). Valokäsittelyä näytteenottoajankohtaan saakka saaneet kalat ryhmiteltiin yhdeksi käsittelyryhmäksi, joka koostui niin monesta 12 kalan otoksesta kuin oli tulevia valokäsittelyjä. Valokäsittelyn jo aiemmin loppuun saaneista kaloista sekä luonnonvalokaloista otettiin aina 12 kalan otos molemmista rinnakkaisista kasseista (taulukko 2).

Kalat haavittiin kasvatuskasseista, kolkattiin välittömästi ja niiden kidusvaltimot leikattiin auki, jonka jälkeen kalat siirrettiin kuljetussaaveihin verestymään. Verestymisen aikana kalat siirrettiin näytteenottoiloihin. Verestyneistä kaloista mitattiin niiden rasvapitoisuus rasvamittarilla (Malli 692, Distell, Iso-Britannia) kuten ensimmäisessä osakokeessa. Kalat mitattiin, punnittiin ja perattiin. Perkauksen jälkeen punnittiin kalan perattu paino sekä mätipussit ja maksa. Tämän jälkeen kalat jäätettiin styroksilaatikoihin kuolonkankeuden eli *rigorin* ajaksi (4 vrk). Punnitustietojen perusteella laskettiin gonadosomaattinen indeksi eli GSI sekä hepatosomaattinen indeksi eli HSI. Indeksit laskettiin kaavoilla: $GSI(\%) = \frac{\text{gonadien paino (g)}}{\text{perattu paino (g)}} \cdot 100$ ja $HSI(\%) = \frac{\text{maksan paino (g)}}{\text{perattu paino (g)}} \cdot 100$.

2.3.2.1 Mätinäytteiden käsittely

Punnituista mätipusseista erotettiin kymmenen mätimunaa ja niiden yhteenlaskettu halkaisija mitattiin millimetripaperia hyväksikäyttäen. Mätimunien halkaisija ilmoite-

taan mitattujen kymmenen mätimunaa keskiarvona. Lisäksi määritettiin mädin raaka-koostumus infrapuna-analysointilaitteella kuten on kuvattu aiemmin lihaksella (Forsman ym., 2005).

Maaliskuussa mätipusseista irrotettiin lisäksi kolme mätimunaa, joiden rakenneominaisuuksia tutkittiin rakennetestaustestilaitteistolla (TA.XTPlus, Stable Micro Systems, Iso-Britannia). Mittapääksi valittiin sama sylinteri kuin pistotestissä (ks. edellä). Mittausprotokollana käytettiin rakenneprofilianalyysiä, jossa mätimunien kovuus, kimmoisuus, palautuvuus, koossapysyvyys ja pureskeltavuus määritettiin voima-aika – akselilta, kun mätimunaa painettiin kaksi kertaa peräkkäin. Mittapään liikkumisnopeus oli 1 mm/s ennen testiä, 2 mm/s testin aikana ja 5 mm/s testin jälkeen. Munaa painettiin 35 %:a sen korkeudesta ja painallusten väli oli 2 s. Laukaisuherkkyys oli käytössä olevan voimavaran minimi, 2 g. Rakenneominaisuudet ilmoitetaan kolmen mittauksen keskiarvoina. Kolmen kalan mätinäytteet kolmesta eri valokäsittelystä (NL, 6 kk valoa ja jatkuva valo) toimitettiin lisäksi pakastettuina (-20°C) ja muovipurkkeihin pakattuina huhtikuun alussa VTT:lle aistittavan laadun arvioimiseksi (yhteensä 9 näytettä, kts. kohta 2.4.2).

2.3.2.2 Lihasnäytteiden käsittely

Kuolonkankeuden lauettua kaloista irrotettiin vasen filee, joka punnittiin fileesaannon (S) laskemiseksi. Fileesaannon määrittämisessä käytettiin kaavaa: $S(\%) = \frac{\text{myytävän materiaalin paino (g)} \times 100}{\text{paino (g)}}$. Punnituksen jälkeen fileen ruodottomalta selkäevän alapuoliselta alueelta leikattiin pala vaaleaa lihasta (2 x 2 x 5 cm) rakennemittauksia varten. Palat asetettiin jälle odottamaan veitsitestausta. Fileen selkäpuolelta irrotettiin lisäksi n. 10 g näytepala lihaksen raakakoostumuksen määrittämistä varten (kts. Forsman ym. 2005). Näytteet säilytettiin koeputkissa (-20°C) määrittämiseen saakka. Fileestä leikattiin selkäevän kohdalta pala vaaleaa lihasta vedensidontakyvyn mittausta varten. Mittaus suoritettiin välittömästi palan irrottamisen jälkeen.

Vedensidontakyvyn (VSK) määrittämiseksi kromatografiapaperista (3MM, Whatman) leikattiin 2/3-ympyrän muotoisia paloja, jotka esikuivattiin (105°C, yli yön), punnittiin ja asetettiin kartioiksi 50 ml koeputkien pohjalle. Noin 2,5 g pala valkoista lihasta punnittiin analyysivaa'alla kolmen desimaalin tarkkuudella ja pilkottiin putkeen välittömästi. Koeputket fuugattiin (500g, 10 min), lihasnäyte poistettiin ja paperit punnittiin uudelleen kolmen desimaalin tarkkuudella. Tämän jälkeen paperit kuivattiin (105°C, yli yön) ja punnittiin vielä kerran. Vedensidontakyky ilmoitetaan käänteisesti näytteestä vapautuneen veden määränä ja se laskettiin kaavalla: $[P_{\text{lm}} - \{P_{\text{ak}} + (P_{\text{lk}} - P_{\text{ak}})\}] / P_{\text{näyte}} \times 100\%$, jossa P_{ak} on paperin paino alussa, P_{lm} on paperin paino lopussa märkänä, P_{lk} on paperin paino lopussa kuivauksen jälkeen ja $P_{\text{näyte}}$ on näytepalan paino.

Lihaksen kiinteys määritettiin sekä veitsi- että pistotestimenetelmällä rakennetestaustestilaitteistoa käyttäen (TA.XTPlus, Stable Micro Systems). Veitsitestiä varten leikattu ruodoton lihaspala leikattiin poikki Warner-Bratzler terää käyttäen nopeudella 10 mm/s. Testiä edeltävä ja testin jälkeinen terän liikkumisnopeus oli 2 mm/s ja laukaisuherkkyys 10 g. Mittauksessa rekisteröitiin suurin leikkausvoima (Newton, N). Tarkka leikkauskohdan pinta-ala saatiin skannaamalla poikkileikkauksista syntyneiden näytepalojen päät (Canon, CanoScan3200F, USA) ja määrittämällä pinta-ala kuva-analyysiohjelmalla (Image-Pro PLUS, Version 4.0 for WindowsTM, Media Cybernetics, MD, USA). Leikkausvoima ilmoitetaan suhteessa leikkauspinta-alaan (N/mm²).

Jäljelle jääneestä kalan oikeasta puolesta leikattiin n. 2.5 cm poikkileikkauspala selkäevän kohdalta. Poikkileikkauksesta mitattiin sekä lihaksen väri että rakenteen kiinteys kuten ensimmäisessä osakokeessa (Forsman ym., 2005). Pistotesti lihaksen kiinteyden määrittämiseksi tehtiin kaloista joulukuusta alkaen. Tällöin kalat olivat riittävän suuria luotettavan mittauksen suorittamiseen. Lopuksi poikkileikkaus skannattiin (CanoScan3200F) ja kyljen mittasuhteet määritettiin kuva-analyysiohjelmalla (Image-Pro

PLUS) kyljen suhteellisen paksuuden mittaamiseksi kuten ensimmäisessä osakokeessa (Forsman ym., 2005).

2.4 Aistinvaraiset näytteet

Huhtikuussa kuusi sukukypsyvää kalaa kolmesta eri valokäsittelyryhmästä (NL, 6 kk eli 192 vrk valoa ja jatkuva valo eli 287 vrk valoa) poimittiin kasseista suomupeitteen tummuvan värin perusteella ja toimitettiin perattuina ja jäätettyinä VTT:lle aistittavan laadun arvioimiseksi (yhteensä 18 kalaa). Näytteiden joukkoon lisättiin jäitä ja ne säilytettiin +2°C:ssa tutkimushetkeen asti, joka oli viidentenä vuorokautena kalojen lopekuksesta. Maaliskuun näytekalojen määdestä lähetettiin aistinvaraisesti arvioitavaksi kolme näytettä kolmesta valokäsittelyryhmästä (NL, 6 kk valoa ja jatkuva valo).

2.4.1 Aistinvaraiset arviot – fileet

Aistinvaraista arviointia varten kirjolohet fileoitiin juuri ennen arviointihetkeä. Kolmella erillisellä kerralla arvioitiin aina kaksi kalaa kustakin kolmesta käsittelystä. Kalat tutkittiin sekä raakana että kypsennettynä. Raakojen kalafileiden arviointeihin osallistui neljä ja kypsennettyjen kalapalojen arviointeihin osallistui kymmenen aisteiltaan testattua arvioijaa (VVT:n aistitesti). Arvioinnit tehtiin erillisissä arviointitiloissa. Menetelmät ja VTT:n tutkimustulokset on raportoitu yksityiskohtaisesti liitteissä 2.

Raa'an fileen ulkonäkö (sisältää värin) ja haju arvioitiin soveltaen menetelmää VTT-4492-94 ja käyttäen laatuasteikkoa 0–5, missä 5=erinomainen, 4=hyvä, 3=melko hyvä, 2=melko huono, 1=huono ja 0=kelpaamaton. Arvioinnissa käytettiin myös pisteiden neljäsosia. Raakojen kalafileiden värin määrittämisessä käytettiin Rochen väriasteikkoa.

Kypsennetyn näytteen ulkonäkö, haju, maku ja rakenne arvioitiin vastaavasti menetelmää VTT-4492-94 soveltaen asteikolla 0–5. Arvioinnissa käytettiin myös pisteiden kymmenesosia. Näytettä pidetään syötäväksi kelpaamattomana, mikäli kaksi tai useampi arvioijista antaa mausta 1.5 pistettä tai sitä vähemmän. Arvioijat kommentoivat kalanäytteiden aistittavaa laatua myös sanallisesti.

2.4.2 Aistinvaraiset arviot – mäti

Lähetetyt mätinäytteet säilytettiin pakastimessa (-20°C) arviointihetkeä edeltävään päivään n. klo 12 asti, jonka jälkeen mätinäytteet säilytettiin kylmiössä (6°C) arviointihetkeen saakka. Arviointeihin osallistui kymmenen aisteiltaan testattua arvioijaa. Menetelmät ja VTT:n tutkimustulokset on raportoitu yksityiskohtaisesti liitteissä 3.

Määdestä arvioitiin hajun tuoreus, ulkonäkö, mätipallojen kimmoisuus, nesteen erottuminen, rakenne, maun tuoreus ja mahdollisen virhemaun voimakkuus soveltaen menetelmää VTT-4492-94 ja käyttäen laatuasteikkoa 0-5 kuten edellä. Arvioinneissa käytettiin myös pisteiden kymmenesosia. Näyte arvioitiin syötäväksi kelpaamattomaksi samoin perustein kuin lihasnäyte (kts. 2.4.1). Arvioijat kommentoivat mätinäytteiden aistittavaa laatua myös sanallisesti.

2.5 Tilastolliset menetelmät

Mitattujen vastemuuttujien riippuvuutta kokeen valokäsittelyistä tarkasteltiin yleisen lineaarimallin avulla. Tilastollisen mallin selittäjinä käytettiin valokäsittelyn kestoa (luonnonvalo, käsittelyt 98—337 vrk, taulukko 1). Mallit estimoititiin kullekin näytteenottoajankohdalle erikseen siten, että ko. näytteenottohetkeen asti samana pysyneet

valokäsittelyt yhdistettiin analyysissä: esim. 6 kk:n näytteenotossa joulukuussa käsitelty olivat luonnonvalo, 98 vrk ja 192 vrk (sisälsi myös >192 vrk käsiteltyä, koska ne olivat joulukuuhun asti samat kuin 192 vrk:n käsittely). Valokäsittelyjä käsiteltiin analyysissä luokkamuuttujana, jotta mahdolliset vasteiden epälineaarisuudet voitiin helposti hallita. Kaikissa tilastollisissa malleissa käytettiin lisäksi selittäjänä kalojen sukukypsyyssastetta (marto, jos $GSI < 2\%$, muuten sukukypsä) ja sen mahdollinen yhdysvaikutus valokäsittelyjen kanssa. Tilastolliset mallit estimoitiin R-kielen (R Development Core Team 2005) Design-kirjaston avulla (Alozola ja Harrell 2004). Tilastoanalyysien tulokset on esitetty kuvaajina eri näytteenottokerroille siten, että x-akselilla on valokäsittely, y-akselilla ko. vastemuuttuja ja marrot ja sukukypsät kalat on erotettu kuvaajissa toisistaan eri väreillä.

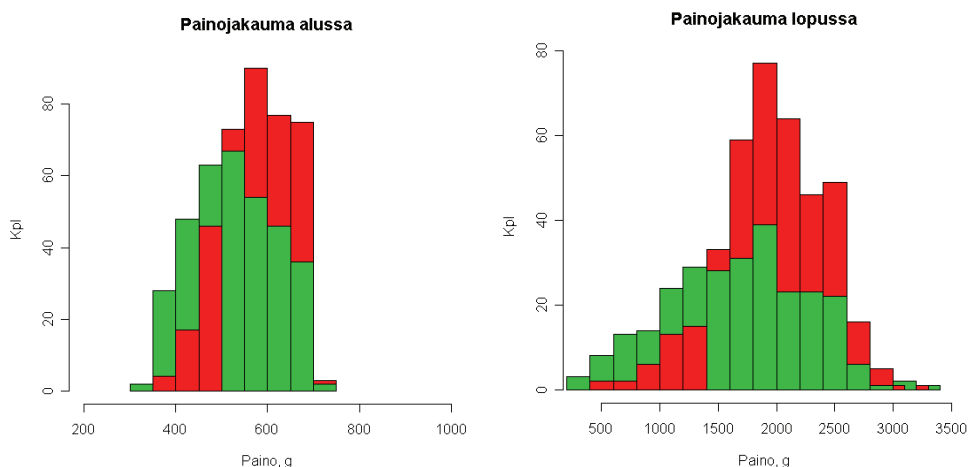
Aistinvaraisten arviointien tulokset analysoitiin ns. sekamallien avulla, koska useampi arvioija arvioi samaa näytettä, arviointikertoja oli useita ja aineiston rakenne oli täten hierarkkinen (samasta näytteestä usean arvioijan tuloksia). Kaikissa tapauksissa mallissa oli kiinteänä vaikutuksena valokäsittely ja satunnaisvaikutuksina arviointikerta ja arvioija. Mädin aistittavan laadun tarkastelussa käytettiin lisämuuttujana mätimunaa halkaisijaa, ts. mätimunaa koon vaikutus tuloksiin otettiin näin huomioon. Kypsennettynä ja tuoreen kalan aistittavan laadun lisäselittäjinä käytettiin GSI:ä ja kalan painoa, jotta mätimäärän ja kalan koon vaikutus voitiin ottaa tarkastelussa huomioon. Mätimunaa halkaisija, GSI ja kalan paino keskeistettiin (arvoista vähennettiin niiden keskiarvo) ennen analyysia. Sekamallit estimoitiin R-kielen (R Development Core Team 2005) NLME-kirjaston avulla (Pinheiro ja Bates, 2000). Tilastollisten analyysien tulokset on esitetty taulukoissa.

Mädin aistittavan laadun mittarien keskinäistä korrelaatiota sekä korrelaatiota GSI:n kanssa tarkasteltiin pääkomponenttianalyysin ja siitä piirrettyjen kahden pääkomponentin kuvaajan avulla. Kuvaajat havainnollistavat muuttujien korrelaatiota kahdessa ulottuvuudessa. Vastaavasti tarkasteltiin havaintojen asettumista pääkomponenttien suhteen. Lisäksi tehtiin vastaavat pääkomponenttianalyysit aistittavaa laatua kuvaavien muuttujien ja joidenkin instrumentaalisten laatumuuttujien sekä koostumus- ja värimuuttujien välille. Samanlaista pääkomponenttianalyysiin perustuvaa tarkastelua käytettiin myös kypsennetystä ja tuoreesta kalasta tehtyjen aistittavaa laatua kuvaavien muuttujien tutkimiseen. Pääkomponenttianalyysit tehtiin R-kielen princomp-funktion avulla (R Development Core Team 2005).

3. Tulokset

3.1 Kalojen kasvu ja sukukypsyys

Kokeessa käytetyt kalat lajiteltiin ennen kalojen siirtämistä Rymättylän tutkimusasemalle. Tällä varmistettiin kalojen oikea koko kokeen alkaessa. Kalojen martsu ja sukukypsyys määritettiin toukokuussa kokeen lopetuksen yhteydessä. Kaloja, jotka eivät saavuttaneet sukukypsyyttä kokeen aikana oli kaikista lopettavista kaloista 39,1 %. Valokäsittelyt eivät vaikuttaneet sukukypsien kalojen osuuteen koekaloista. Kuvassa 2 on esitetty kypsyyden ja martsujen kalojen painojakaumat kokeen alussa (kesäkuu 2004) ja lopussa (toukokuu 2005). Sukukypsien ja martsujen kalojen painojen keskiarvot (ka) sekä keskiarvon keskivirheet (kv) eri ajankohtina on esitetty käsittelyryhmittäin taulukossa 3.



Kuva 2. Kalojen painojakaumat sukukypsyyden (sukukypsät ja marrot) mukaan kokeen alussa (kesäkuu 2004) ja lopussa (toukokuu 2005). Sukukypsien kalojen osuudet on merkitty punaisina ja martsujen vihreinä pylväinä.

Bild 2. Fiskarnas viktfordelning enligt könsmognad (könsmogen och omogen) i början (juni 2004) och i slutet (maj 2005). Andelen könsmogna fiskar anges med röda stolpar och omogna med gröna stolpar.

Taulukko 3. Kalojen painojen keskiarvot (ka) sekä keskiarvojen keskivirheet (kv) kokeen ajalta (kesäkuulta 2004 toukokuulle 2005) valokäsittelyryhmittäin (3 kk, 6 kk, 9 kk ja 11 kk). Luonnonvalokalat (NL) olivat ilman valokäsittelyä. Kypsyvät kalat on määriteltä vasta lokakuusta eteenpäin, jolloin kypsyminen oli ensi kertaa havaittavissa.

Tabell 3. De könsmogna (kypsyvät) och omogna (marrot) fiskarnas medelvikt (ka) och medelviktens medelfel (kv) under tiden för försöket (i juni, oktober, december, april och maj), efter olika ljusbehandling (3 mån., 6 mån., 9 mån. och 11 mån.). De fiskar som vistades i naturligt ljus (NL) fick ingen ljusbehandling. De könsmogna fiskarnas medelvikt definierades först i oktober då mogna gonader har observerats första gången.

valo- käsittely	kesäkuu 04	lokakuu 04	joulukuu 04	huhtikuu 05	toukokuu 05
kypsyvät	ka (g) ± kv	ka (g) ± kv	ka (g) ± kv	ka (g) ± kv	ka (g) ± kv
0 vrk (NL)	-	1696±35	2258±49	2256±47	2125±51
98 vrk (3 kk)	-	1720±40	1975±44	1981±39	1748±44
192 vrk (6 kk)	-	1605±35	2323±53	2253±45	2016±46
282 vrk (9 kk)	-	1547±42	2311±88	2321±47	2063±52
337 vrk (11 kk)	-	1586±41	2165±93	2196±54	1995±48
marrot					
0 vrk (NL)	563±6	1545±49	2131±71	2115±67	2173±80
98 vrk (3 kk)	550±6	1262±44	1561±66	1739±61	1532±58
192 vrk (6 kk)	547±6	1360±48	1869±69	2022±66	1811±68
282 vrk (9 kk)	551±6	1223±47	1736±90	1805±75	1698±75
337 vrk (11 kk)	555±6	1241±41	1818±119	1908±59	1717±59

3.2 Valokäsittelyjen vaikutus kutukypsytyden kehittymiseen

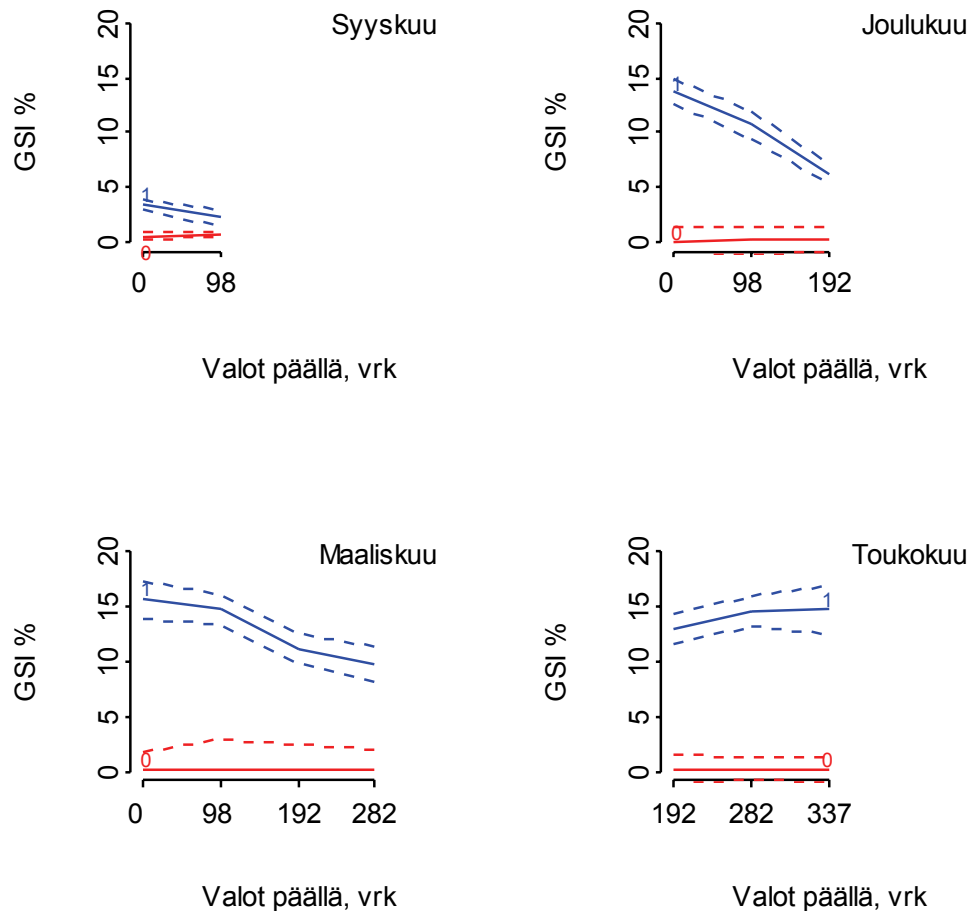
Kutukypsytyden kehittymistä tarkasteltiin kypsyvien kalojen osalta gonadosomaattisen indeksin avulla. Tämä havaittiin ensimmäisen osakokeen tulosten mukaan riittäväksi tarkastelukriteeriksi (Forsman ym., 2005). Sukukypsytyden raja-arvona oli GSI-arvo 2%. Valokäsittelyn vaikutusta sukukypsytyden kehittymiseen tarkasteltiin suhteessa valokäsittelyn keston vuorokausina (vrk). Valokäsittelyiden välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja, kun 95 %:n luottamusvälien rajaamat alueet kattavat eri arvoja. Eri näyteenottoajankohdat esitetään kuvissa erikseen.

3.2.1 Gonadosomaattinen indeksi (GSI)

Valokäsittely vaikutti GSI:n kehitykseen (kuva 3) kuten ensimmäisessä osakokeessa. Valokäsittelyä kolme (98 vrk) ja kuusi kuukautta (192 vrk) saaneiden kalojen GSI oli joulukuussa luonnonvalokaloja alhaisempi. Lisäksi GSI oli alhaisempi pidemmän valokäsittelyn saaneissa ryhmässä (192 vrk) verrattuna lyhyeen valokäsittelyyn (98 vrk). Maaliskuussa lyhyen valokäsittelyn (98 vrk) saaneet kalat eivät enää poikenneet GSI:n suhteen luonnonvalokaloista eikä toisaalta eroa pisimpien valokäsittelyjen (192 ja 282 vrk) välillä enää havaittu. Toukokuulle jatkunut valokäsittely (337 vrk) ei myöskään enää viivästyttänyt GSI:n kehitystä suhteessa lyhyempään 192 vrk:n käsittelyyn (kuva 3).

Toukokuussa valuvien kalojen määrä oli huomattavan suuri valokäsittelystä riippumatta ja mm. luonnonvalokaloista GSI:tä ei valumisesta johtuen voitu määrittää tuoloin lainkaan. Valuvien kutukypsien kalojen lukumäärät toukokuussa on esitetty tau-

lukossa 4. Martojen kalojen GSI näkyy kuvissa käyrinä, jotka pysyttelevät koko koejakson ajan alle 2,0 %:ssa.



Kuva 3. Gonadosomaattinen indeksi (GSI %) syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus GSI:hin eri näytteenottoajankohtina näkyy GSI:n (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen GSI:tä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 3. Gonadosomatiskt index (GSI %) i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på GSI under olika tidpunkter framgår som förändring av GSI (%) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger blå kurva (1) könsmogna och röd kurva (0) omogna fiskars GSI. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

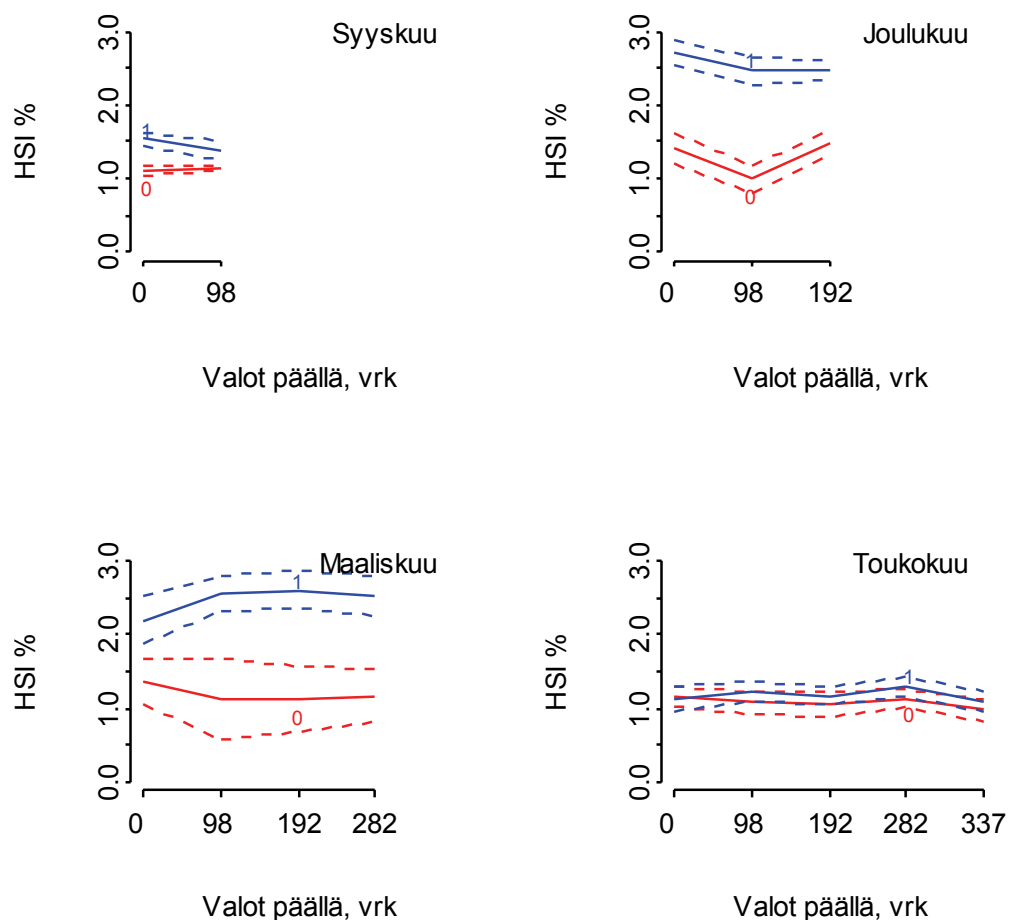
Taulukko 4. Toukokuussa valuvien kalojen osuudet (%) kutukypsistä kaloista eri valokäsittelyryhmissä.

Tabell 4. Andelen lekande (valuvia, st och %) fiskar av könsmogna (kypsiä, st) fiskar i de olika ljusbehandlingsgrupperna (valokäsittely) i maj.

valokäsittely	kypsiä (kpl)	valuvia (kpl)	valuvia (%)
0 vrk (NL)	13	9	69
98 vrk (3 kk)	14	13	93
192 vrk (6 kk)	16	9	56
282 vrk (9 kk)	11	3	27
337 vrk (11 kk)	13	9	69

3.2.2 Hepatosomaattinen indeksi (HSI)

HSI kasvoi kypsyvillä kaloilla 1,5 %:sta jopa 3 %:iin syyskuulta joulukuulle mentäessä (kuva 4). Joulukuusta maaliskuun välillä HSI laski luonnonvalokaloilla n. 2,0 %:iin, kun se valokäsittelyä saaneilla kaloilla pysyi n. 2,5 %:ssa. HSI:n kasvu ja sen jälkeinen palautuminen martojen kalojen tasolle näyttää maaliskuun tulosten mukaan olevan valokäsittelyillä kaloilla hitaampaa kuin luonnonvalokaloilla. Toukokuussa valokäsittelyillä ja sukukypsyydellä ei ollut enää vaikutusta HSI:hin. Martojen kalojen HSI pysyi n. 1,0 %:ssa koko koejakson ajan.



Kuva 4. Hepatosomaattinen indeksi (HSI %) syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus HSI:hin eri näytteenottoajankohtina näkyy HSI:n (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen HSI:tä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 4. Hepatosomatiskt index (HSI %) i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på HSI under olika tidpunkter framgår som förändring av HSI (i %) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). I bilden anger blå kurva (1) könsmogna och röd kurva (0) omogna fiskars HSI. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

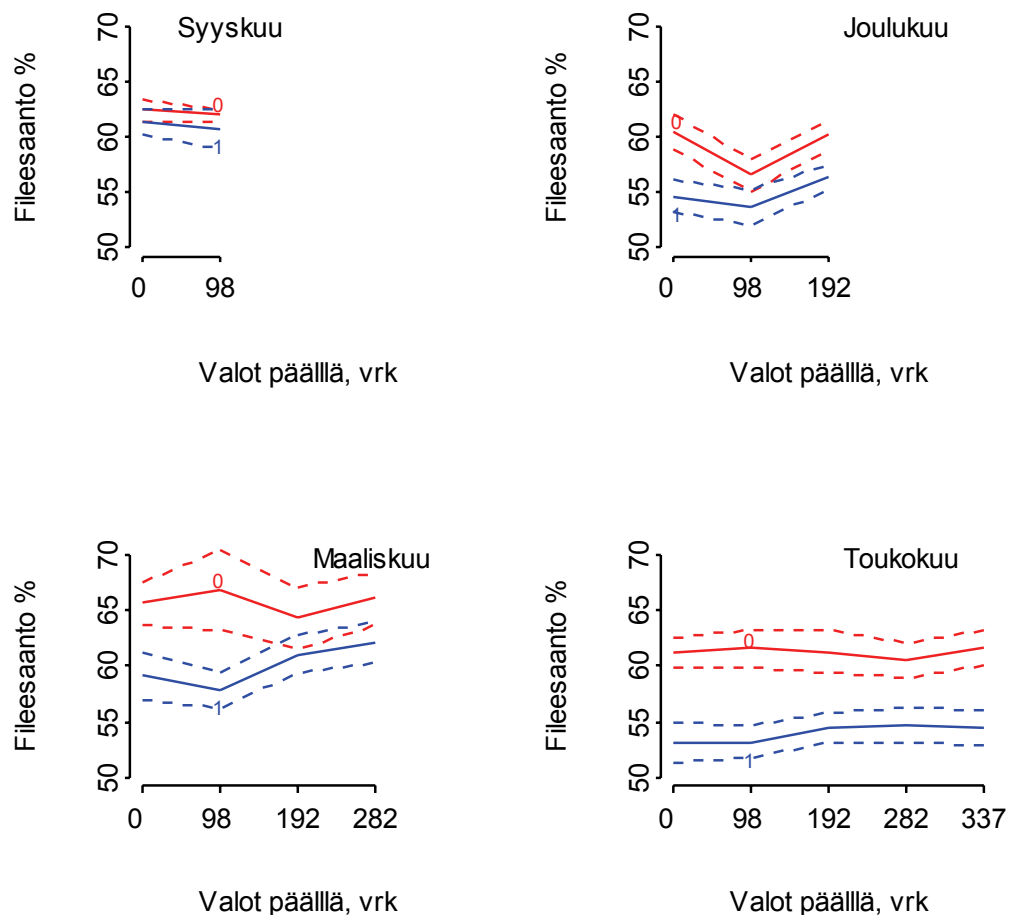
3.3 Valokäsittelyn vaikutus kalan lihan laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin

Laatu- ja tuotanto-ominaisuuksia tarkasteltiin sekä sukukypsyillä (sininen, 1) että marroilla kaloilla (punainen, 0) kunakin näytteenottoajankohtana suhteessa valokäsittelyn keston (vrk). Tarkastelussa huomioitiin sukukypsyiden vaikutus mitattaviin ominaisuuksiin. Kun kuvissa sukukypsien ja martojen kalojen käyrien 95 %:n luottamusvälien rajaamat alueet eroavat toisistaan, on sukukypsien ja martojen kalojen välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Vastaavasti havaitaan valokäsittelyjen väliset tilastollisesti merkitsevät erot sukukypsyysluokan sisällä. Tuloksissa esitetään ensin sukukyp-

sien ja martojen luonnonvalokalojen väliset erot koejakson aikana ja sitten valokäsittelyn vaikutukset sukukypsyihin ja martoihin kaloihin erikseen. Valokäsittelyjen vaikutus kalan laatuominaisuuksiin arvioitiin lisäksi aistinvaraisin menetelmin sukukypsyillä kaloilla.

3.3.1 Fileesaanto

Luonnonvalossa kasvaneiden kalojen fileesaanto oli joulukuusta alkaen suurempi marroilla kuin sukukypsyillä kaloilla (kuva 5). Kun sukukypsien kalojen fileesaanto laski elokuun jälkeen, pysyivät fileesaannot marroilla kaloilla tasaisina ollen maaliskuussa jopa muita ajankohtia korkeampia. Pitkät valokäsittelyt (192 ja 282 vrk) paransivat sukukypsien kalojen fileesaantoa lyhyeen valokäsittelyyn (98 vrk) verrattuna joulu- ja maaliskuussa ja marroilla kaloilla joulukuussa. Fileesaanto korreloi ($r=0.67$, $p<2*10^{-16}$) poikkileikkauksesta mitatun kyljen paksuuden kanssa (kuvattu alla).



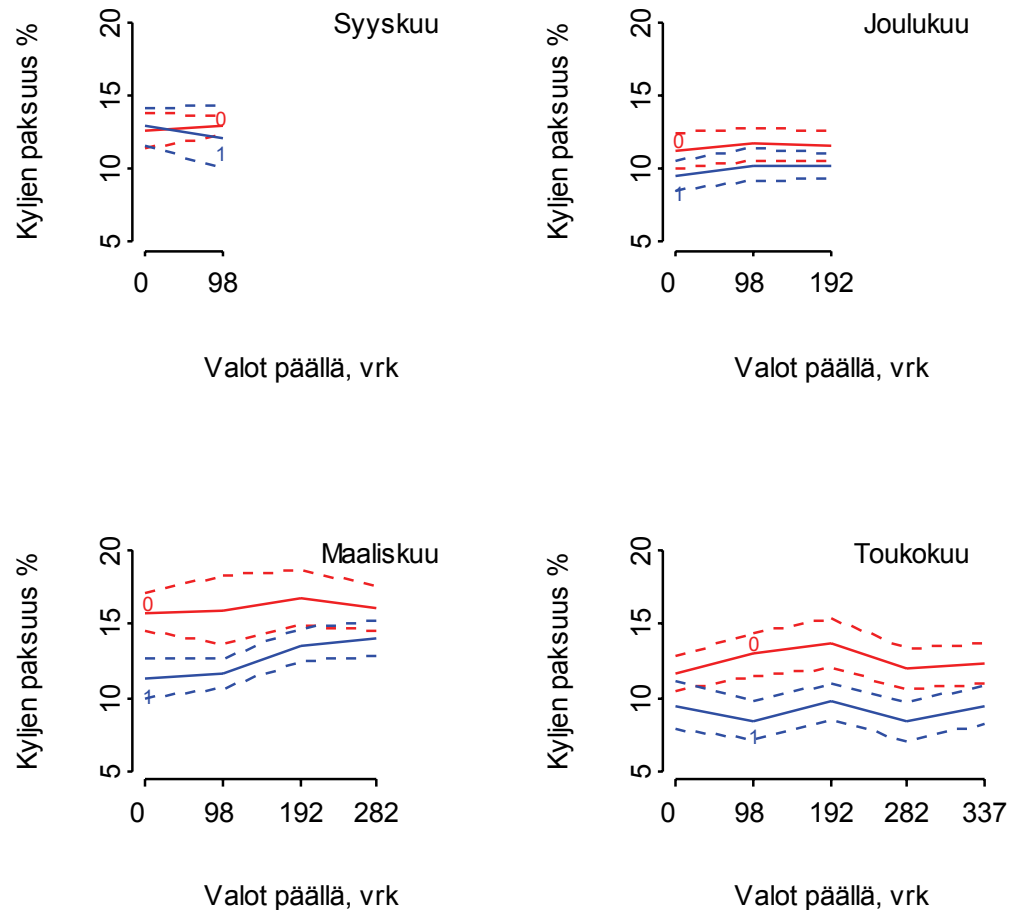
Kuva 5. Fileesaanto (%) syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus fileesaantoon eri näytteenottoajankohtina näkyy saannon muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa fileesaantoa sukukypsillä ja punainen käyrä (0) marroilla kaloilla. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 5. Filéutbytet (%) i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingsens inverkan på filéutbyte under olika tidpunkter framgår som förändring av filéutbytet under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva (1) anger filéutbyt hos könsmogna fiskar och röd kurva (0) den hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.3.2 Kyljen suhteellinen paksuus

Luonnonvalossa kasvaneiden sukukypsien ja martojen kalojen kyljen paksuudet poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan maaliskuussa. Tällöin kalojen kyljet olivat ohuempia sukukypsillä kuin marroilla kaloilla (kuva 6). Siinä missä sukukypsien kalojen kyljet ohenevat merkittävästi syys- ja joulukuun välisenä aikana, pystyivät marrot kalat jopa kasvattamaan kylkiään maaliskuulle mentäessä. Samassa aikapisteessä sukukypsien kalojen kyljet olivat muita valokäsittelyryhmiä paksummat jatkuvassa valossa (282 vrk) ja kyljen paksuudet siten lähempänä marroilla kaloilla mitattuja arvoja (kuva 6). Toukokuussa valokäsittelyillä ei ollut enää merkitystä kutu-

kypsillä kaloilla, joskin valokäsittelyä saaneet marrot kalat olivat edellisiä paksumpia. Valokäsittelyillä ei ollut vaikutusta marrojen kalojen kyljen paksuuteen.



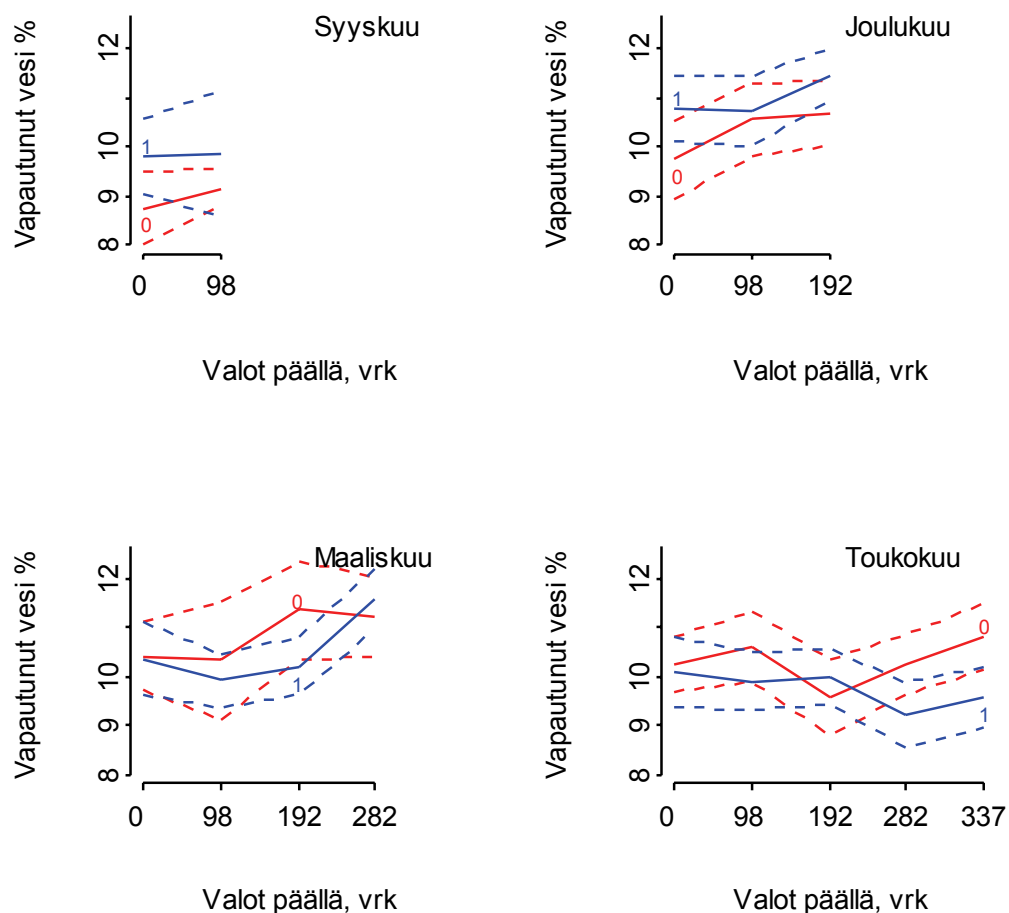
Kuva 6. Kyljen suhteellinen paksuus syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus kyljen suhteelliseen paksuuteen eri näytteenottoajankohtina näkyy paksuuden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) marrojen kalojen suhteellista paksuutta. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 6. Flankmuskelnns relativa tjocklek i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingarnas inverkan på tjockleken under olika tidpunkter framgår som förändring av tjockleken (%) samtidigt som ljusbehandlingens varaktighet (dygn) växer. I bilden anger blå kurva (1) könsmogna och röd kurva (0) omogna fiskars flankmuskelnns relativa tjocklek. De streckade linjerna anger prognosen med 95 % konfidensintervall.

3.3.3 Lihaksen vedensidontakyky

Sukukypsyyssaste ei vaikuttanut koejakson aikana lihaksen vedensidontakykyyn eikä siinä havaittu merkittävää vuodenaikaisvaihtelua (kuva 7). Valokäsittely vaikutti sukukypsien kalojen lihaksen vedensidontakykyyn vain maaliskuussa (kuva 7). Tällöin jatkuvassa valossa olleiden sukukypsyvien kalojen vedensidontakyky oli heikompi kuin kolme tai kuusi kuukautta (98 vrk tai 192 vrk) valokäsittelyä saaneiden sukukyp-

sien kalojen, mutta luonnonvalossa kasvaneiden sukukypsien kalojen (NL) vedensidontakyvystä se ei poikennut. Valokäsittelyillä ei ollut vaikutusta lihaksen vedensidontakykyyn marroilla kaloilla.



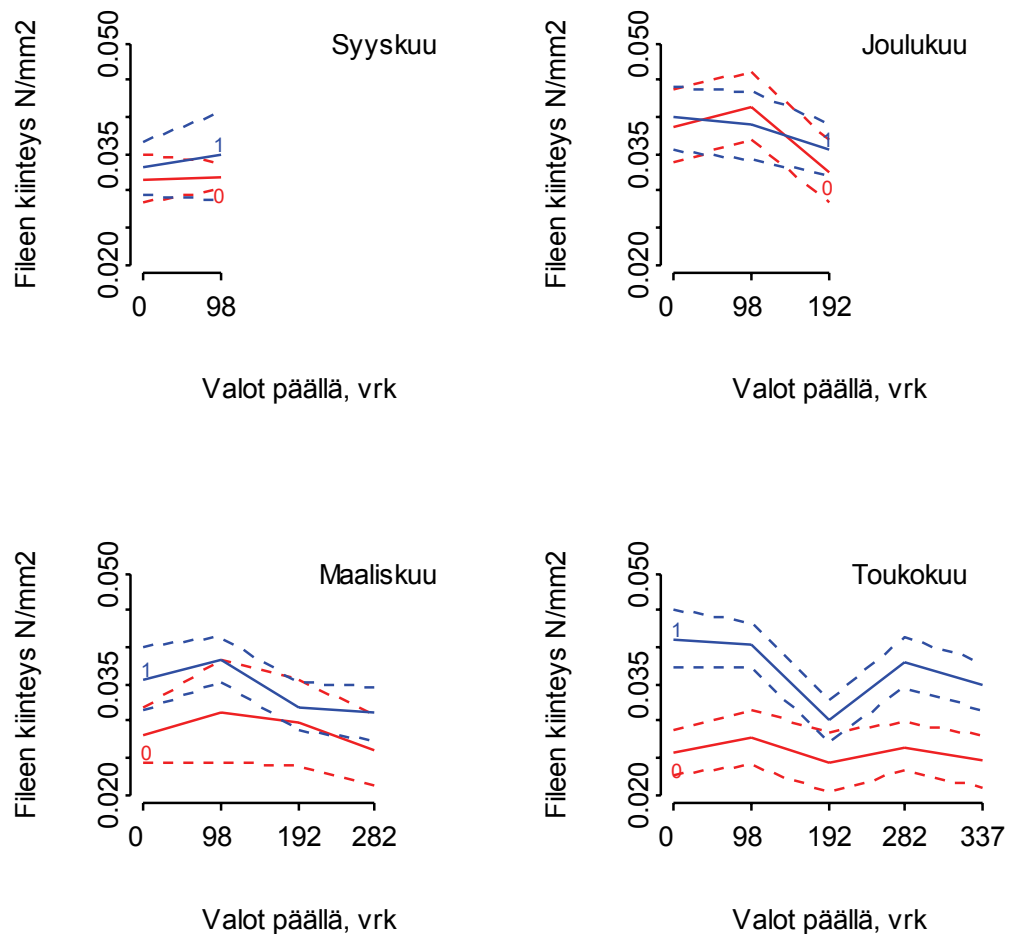
Kuva 7. Lihaksen vedensidontakyky syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen vedensidontakykyyn eri näytteenottoajankohtina näkyy vapautuneen veden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen vedensidontakykyä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 7. Muskelns förmåga att kvarhålla vatten i september, december, mars och maj. Ljusbehandlings inverkan på muskelns förmåga att kvarhålla vatten under olika tidpunkter framgår som förändring av mängden frigjort vatten (i %) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Muskelns förmåga att kvarhålla vatten anges som blå kurva (1) för könsmogna och som röd kurva (0) för omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.3.4 Lihaksen kiinteytys

Luonnonvaloissa kasvaneet sukukypsät ja marrot kalat alkoivat erottua toisistaan maaliskuussa veitsitestillä mitatun fileen kiinteyden suhteen ja toukokuussa ero oli huomattava (kuva 8). Sukukypsien kalojen kiinteydessä ei tapahtunut merkittäviä muutok-

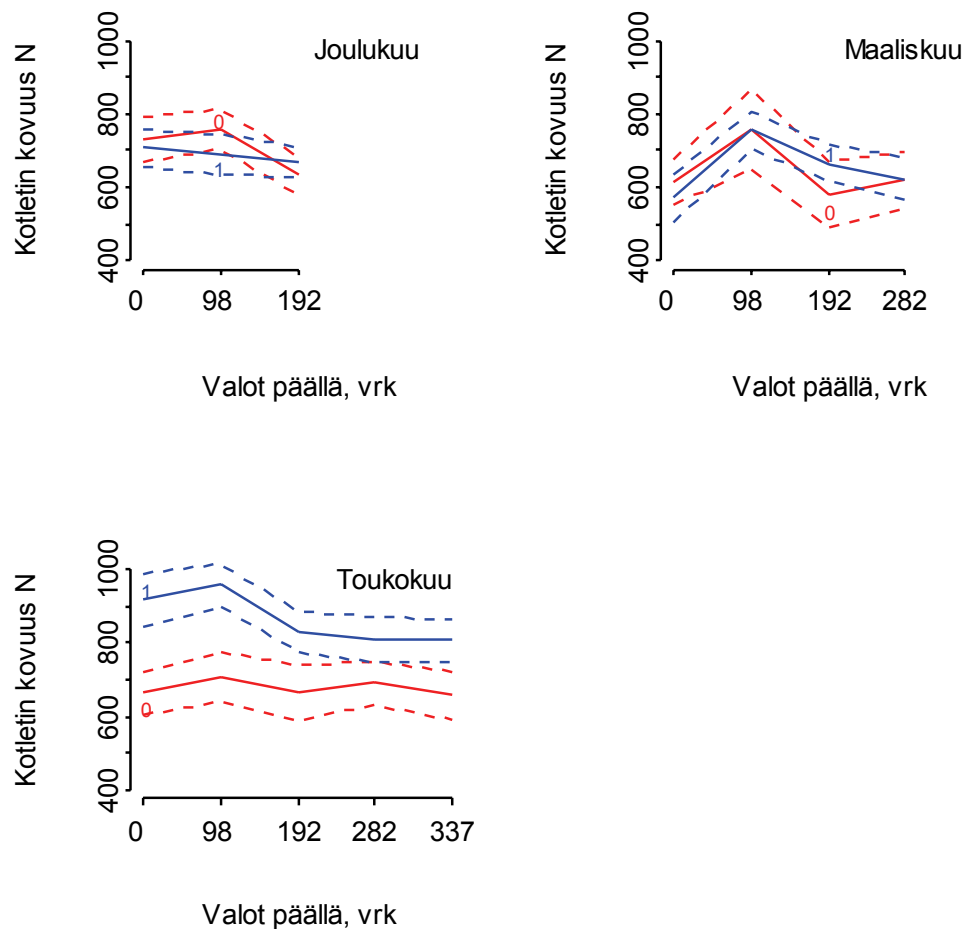
sia ennen toukokuuta, jolloin kiinteydelle mitattiin syksyn mittauksia suuremmat arvot. Marttojen kalojen kiinteyden sijaan aleni kevään näytteenottoajankohtiin mentäessä. Eri valokäsittelyt vaikuttivat sukukypsien kalojen kiinteyteen toukokuun mittauksissa (kuva 8). Kuusi kuukautta valokäsittelyä saaneet kalat (192 vrk) olivat tuolloin vähemmän kiinteitä kuin luonnonvalokalat (NL) tai kolme kuukautta valokäsittelyä (98 vrk) saaneet kalat ja kiinteyden vastasi marroilla kaloilla mitattuja arvoja. Valokäsittelyt eivät vaikuttaneet marttojen kalojen kiinteyteen.



Kuva 8. Lihaksen kiinteyden syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa veitsitestillä mitattuna. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen kiinteyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy neliömillimetrin leikkaamiseen tarvittavan voiman muutoksena (N/mm^2) valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) marttojen kalojen lihaksen kiinteyttä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 8. Muskelns fasthet i september, december, mars och maj, mätt med knivtest. Ljusbehandlingens inverkan på fastheten under olika tidpunkter framgår som förändring av den kraft, som behövs för att skära igenom en kvadratmillimeter (N/mm^2) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva anger muskelns fasthet hos (1) könsmogna och röd kurva (0) hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

Lihaksen kiinteyttä mitattiin lisäksi pistotestillä joulukuusta eteenpäin. Näin mitattuina sukukypsät ja marrot luonnonvalokalat eivät poikenneet toisistaan ennen toukokuuta, jolloin sukukypsät kalat olivat martoja kaloja kiinteämpiä kuten veitsitestillä mitattaessakin (kuva 9). Sukukypsien kalojen kiinteyks oli toukokuussa selkeästi aiempia näytteenottoajankohtia korkeampi, kun taas marroilla kaloilla kiinteyden alenemista ajassa ei tällä mittausmenetelmällä selkeästi havaittu. Maaliskuussa kolme kuukautta (98 vrk) valokäsittelyä saaneet sukukypsät kalat olivat luonnonvalossa kasvaneita sekä yhdeksän kuukautta (282 vrk) valokäsittelyä saaneita kaloja kiinteämpiä ja toukokuussa pitkät valokäsittelyt ohjasivat sukukypsien kalojen kiinteyttä martojen kalojen suuntaan. Martojen kalojen kiinteyteen ei valokäsittelyillä ollut vaikutusta myöskään pistotestillä mitattuna.

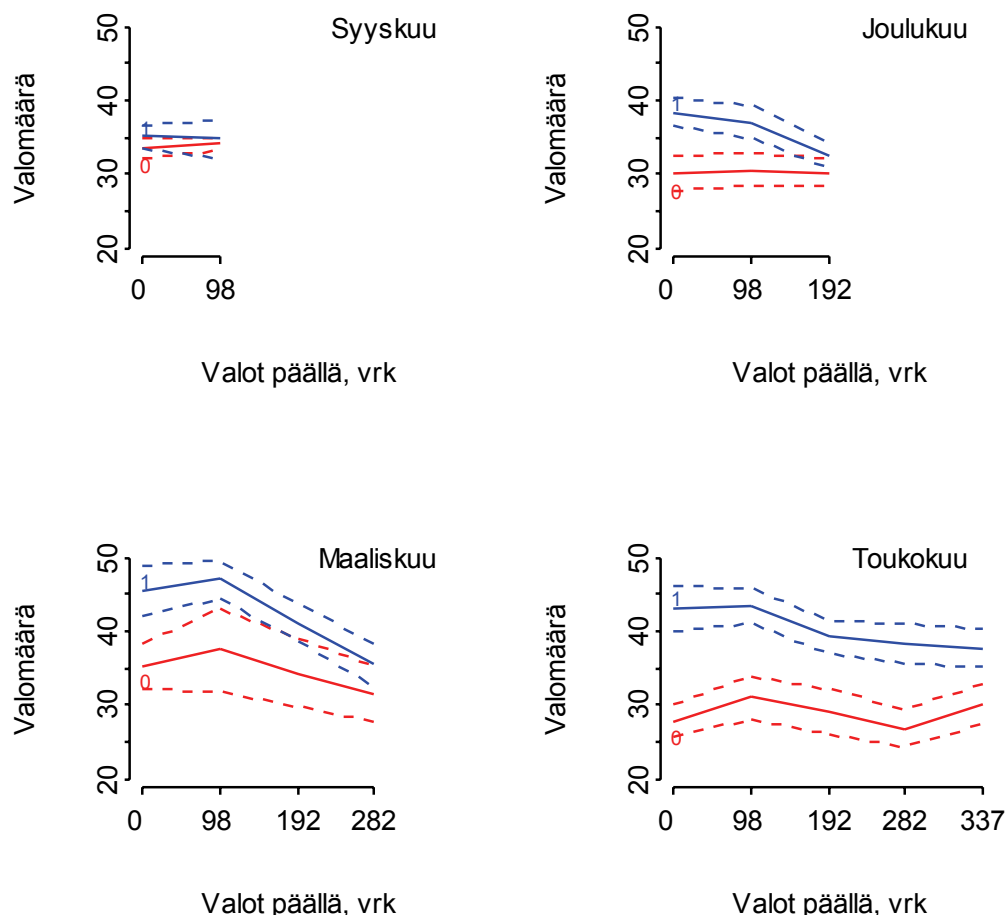


Kuva 9. Lihaksen kiinteyks joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa pistotestillä mitattuna. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen kiinteyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy pistotestiin tarvittavan voiman (N) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen kiinteyttä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 9. Muskelns fasthet i december, mars och maj. Ljusbehandlingarnas inverkan på fastheten under olika tidpunkter framgår som förändring av styrkan som behövs i stickprov (N) samtidigt som ljusbehandlingens varaktighet (dygn) växer. I bilden anger blå kurva (1) köns mogna och röd kurva (0) omogna fiskars muskelns fasthet. De streckade linjerna anger prognosen med 95 % konfidensintervall.

3.3.5 Lihaksen väri

Koejakson aikana mitattiin lihaksen väriä valomäärän (0 = musta, 100 = valkoinen), värikylläisyyden (0 – 100 %) ja värisävyä (esim. 0 = punainen ja 90 = keltainen; luvut vastaavat värimallin kehäkulman asteita) avulla. Lihaksen väri oli valomäärältään sukukypsillä ja marroilla luonnonvalokaloilla vielä syyskuussa sama (kuva 10). Syyskuun jälkeen lihas kuitenkin vaaleni sukukypsyillä kaloilla, kun se vastaavasti tummeni toukokuussa marroilla kaloilla. Valokäsittely vaikutti sukukypsien kalojen lihaksen valomäärään joulukuussa siten, että kuusi kuukautta (192 vrk) valokäsittelyä saaneilla kaloilla lihas oli tummempi kuin luonnonvalokaloilla (NL) tai kolme kuukautta (98 vrk) valokäsittelyä saaneilla kaloilla (kuva 10). Tämä ero suhteessa luonnonvalokaloihin hävisi maaliskuussa, jolloin taas maaliskuuhun saakka valokäsittelyä saaneet kalat (282 vrk) olivat tummempia kuin luonnonvalokalot (NL) tai kolme kuukautta (98 vrk) valokäsittelyä saaneet kalat. Toukokuussa kaikki valokäsittelyjen väliset erot olivat kutukypsillä kaloilla hävinneet, mutta vasta tällöin kuusi kuukautta ja yli (192 ja 282 vrk) valokäsittelyä saaneet sukukypsät kalat olivat tilastollisesti merkitsevästi vaaleampia kuin marrot kalat, kun taas luonnonvalokalot (NL) tai kolme kuukautta (98 vrk) valokäsittelyä saaneet sukukypsät kalat olivat martoja kaloja vaaleampia koko kokeen ajan. Marroilla kaloilla valokäsittelyt eivät vaikuttaneet lihaksen valomäärään.

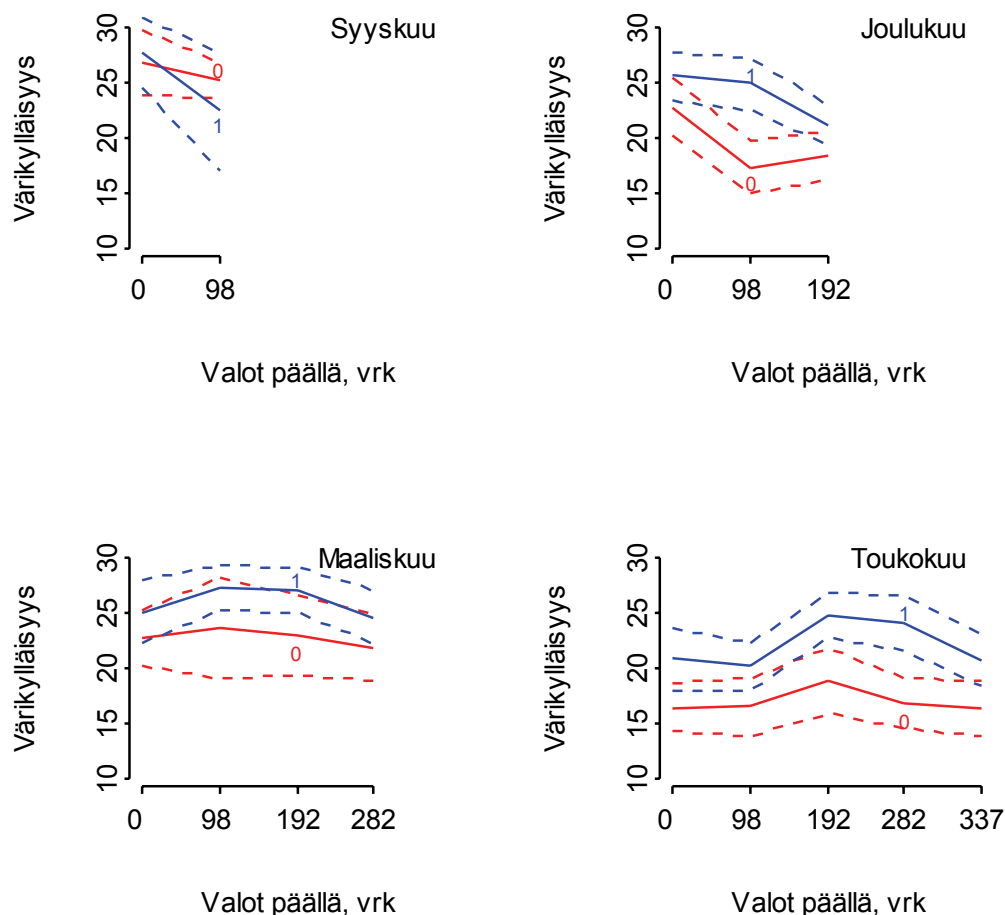


Kuva 10. Lihaksen valomäärä syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen valomäärään eri näytteenottoajankohtina näkyy valomäärän muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen valomäärää. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 10. Muskelns ljushet i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på muskelns ljushet under olika tidpunkter framgår som förändring av ljusheten under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva (1) anger muskelns ljushet hos könsmogna och röd kurva (0) hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

Lihaksen värikylläisyydessä ei ollut merkittävää eroa sukukypsien ja martojen luonnonvalokalojen välillä koko koejakson aikana (kuva 10). Valokäsittely vaikutti lihaksen värikylläisyyteen sukukypsillä kaloilla ainoastaan joulukuussa. Tällöin kuusi kuukautta (192 vrk) valokäsittelyä saaneilla kaloilla lihas oli värikylläisyydeltään alhaisempi kuin luonnonvalossa (NL) kasvaneilla kaloilla (kuva 11). Myöhemmissä näytteenottoajankohdissa valokäsittelykohtaiset erot lihaksen värikylläisyydessä tasaantuivat. Valokäsittelyn vaikutus värikylläisyyteen havaittiin marroilla kaloilla samoin joulukuussa, jolloin kolme kuukautta valokäsittelyä saaneiden kalojen värikylläisyys oli pienempi kuin luonnonvalokalojen. Tällöin myös sukukypsien kalojen värikylläisyys

oli martoja kaloja suurempi. Lisäksi toukokuussa kuusi ja yhdeksän kuukautta (192 ja 282 vrk) valokäsittelyä saaneilla kaloilla lihaksen värikylläisyys oli suurempi kutukypsyillä kuin marroilla kaloilla.

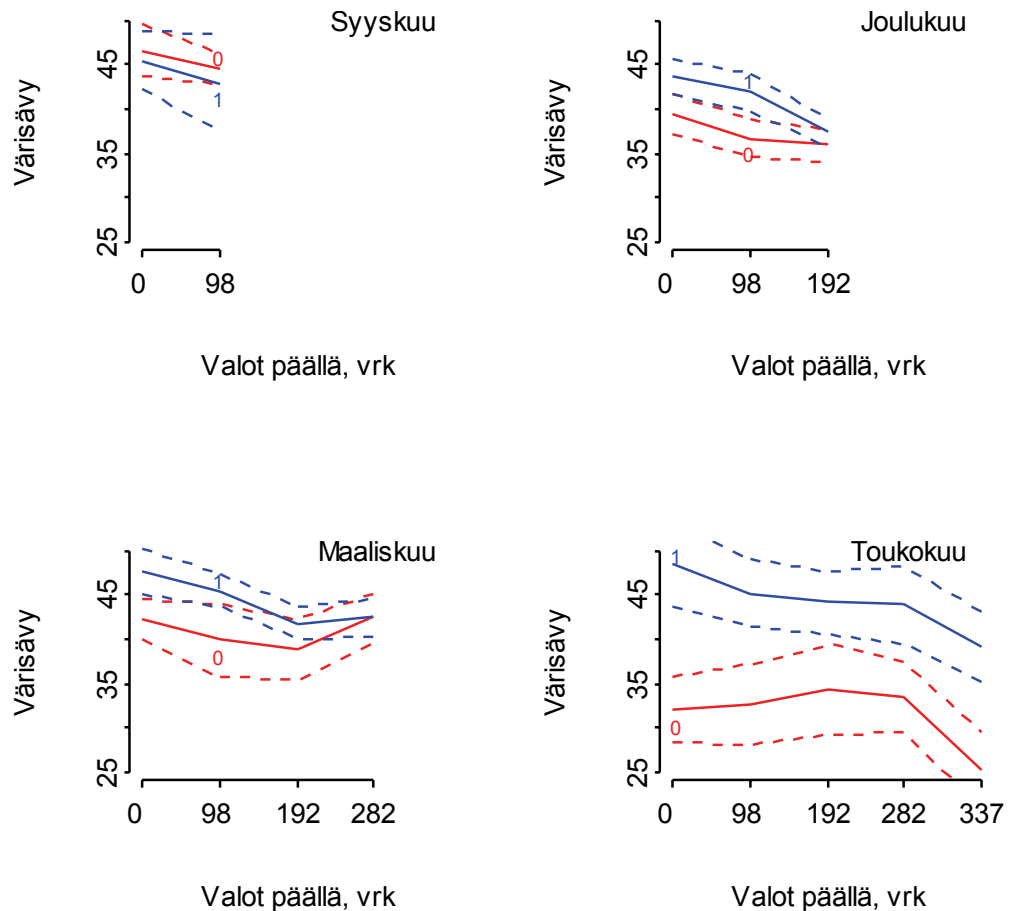


Kuva 11. Lihaksen värikylläisyys syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen värikylläisyyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy värikylläisyyden muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen värikylläisyyttä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 11. Muskelns färgmättnad i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på muskelns färgmättnad under olika tidpunkter framgår som förändring av färgmättnaden under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva (1) anger muskelns färgmättnad hos köns mogna och röd kurva (0) hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

Lihaksen väri oli sukukypsillä ja marroilla luonnonvalokaloilla värisävyltään vielä syyskuussa sama (kuva 12). Sukukypsien kalojen lihaksen värisävy pysyi samana koko koejakson ajan, kun se marroilla kaloilla muuttui punaisemmaksi. Lihaksen värisävyyden valokäsittely vaikutti sukukypsillä kaloilla joulukuussa siten, että kuusi kuukautta (192 vrk) valokäsittelyä saaneilla kaloilla lihas oli värisävyltään punaisempi kuin luonnonvalokaloilla (NL) tai kolme kuukautta (98 vrk) valokäsittelyä saaneilla

kaloilla (kuva 12). Maaliskuussa tämä ero oli säilynyt kuusi kuukautta (192 vrk) valokäsittelyä saaneiden sekä luonnonvalossa (NL) kasvaneiden kalojen välillä ja ero havaittiin nyt myös yhdeksän kuukautta (282 vrk) valokäsittelyä saaneiden sekä luonnonvalossa (NL) kasvaneiden kalojen välillä. Toukokuussa kutukypsyvillä kaloilla eroa värisävyssä oli havaittavissa enää luonnonvalossa (NL) kasvaneiden sekä jatkuvassa valossa (337 vrk) olleiden kalojen välillä. Marroilla kaloilla valokäsittelyt eivät vaikuttaneet lihaksen värisävyyteen ja kaikissa ryhmissä havaittiin sama siirtymä punaisempaan sävyyn toukokuussa.

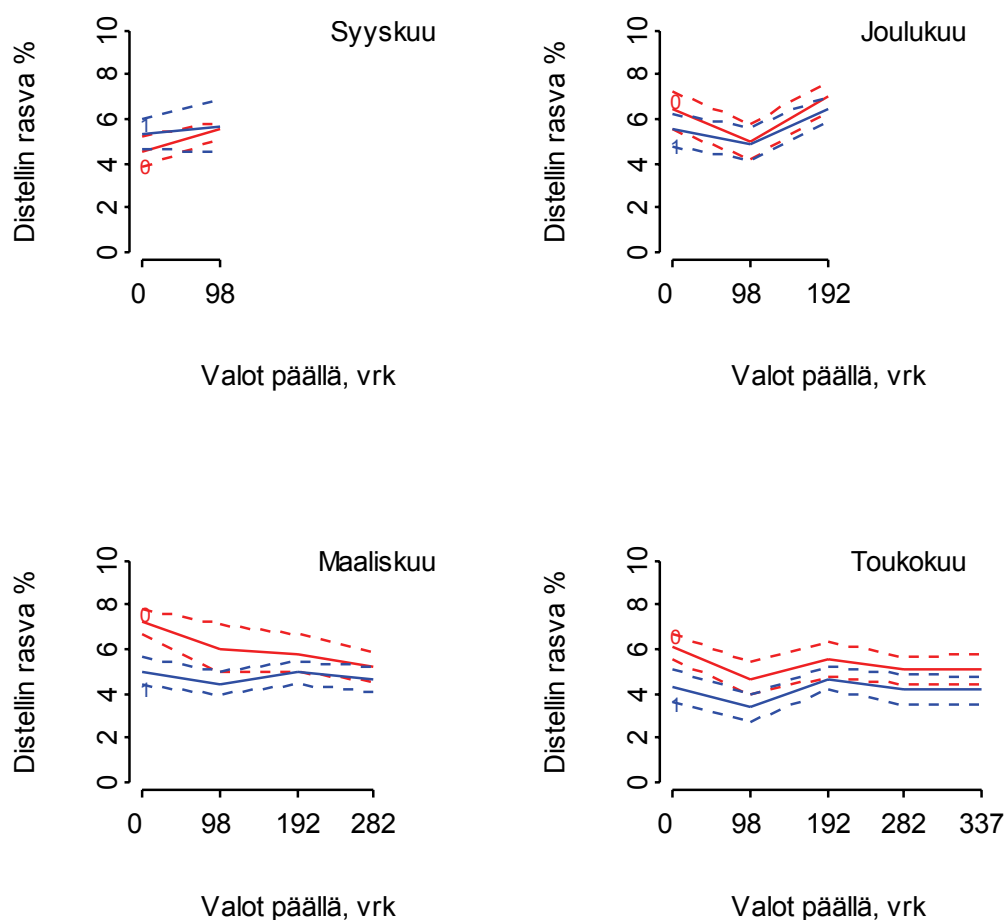


Kuva 12. Lihaksen värisävy syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen värisävyyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy värisävyn muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen värisävyä. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 12. Muskelns färgnyans i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på muskelns färgnyans under olika tidpunkter framgår som förändring av färgnyansen under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva anger muskelns färgnyans hos (1) köns mogna fiskar och röd kurva (0) hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.3.6 Kalan rasvapitoisuus (Distell)

Sukukypsien luonnonvalossa kasvaneiden kalojen fileen rasvapitoisuus pysyi samana tai aleni koejakson aikana ja oli alhaisempi kuin marroilla luonnonvalokaloilla maaliskuussa ja toukokuussa (kuva 13). Marroilla kaloilla fileen rasvapitoisuus oli alhaisin kokeen alkupuolella syyskuussa. Valokäsittelyllä ei ollut vaikutusta Distellin rasvamittarilla mitattuun rasvapitoisuuteen sukukypsillä kaloilla. Sen sijaan martoihin kaloihin valokäsittelyllä oli vaikutusta maaliskuussa, jolloin pitkään valokäsittelyssä olleiden (282 vrk) martojen kalojen rasvapitoisuus oli alhaisempi kuin luonnonvalossa (NL) kasvaneiden martojen kalojen (kuva 13).

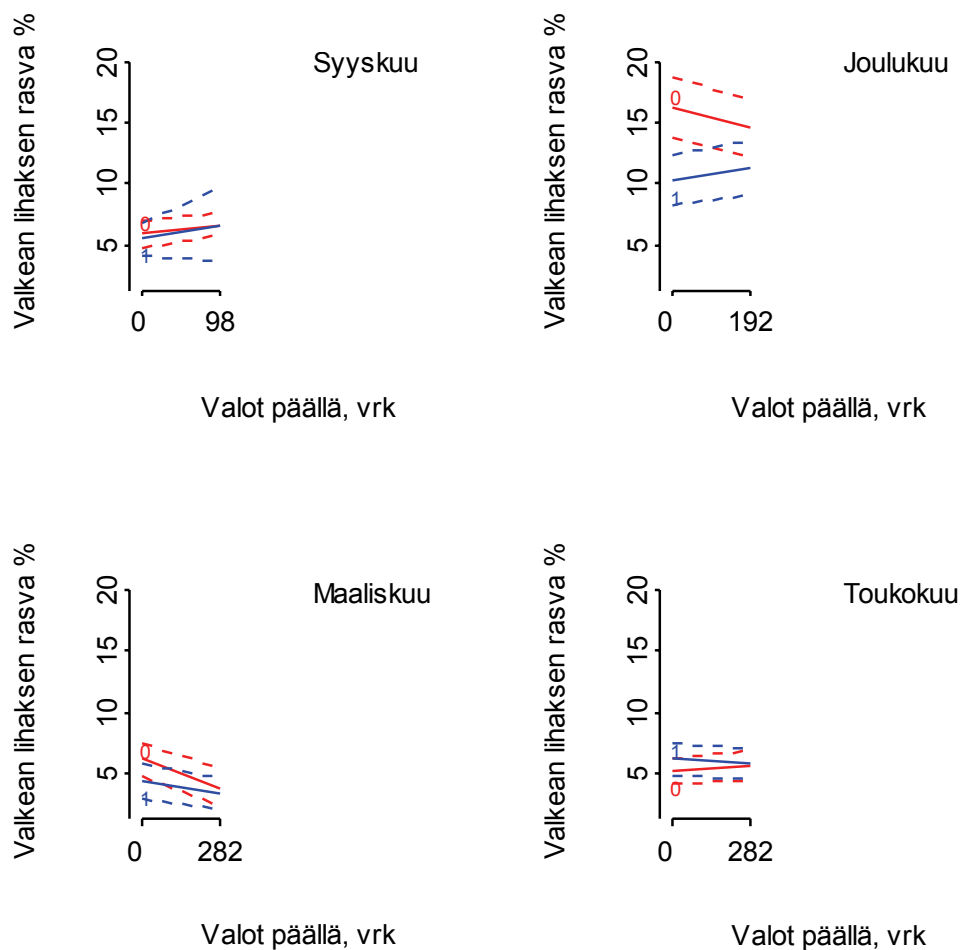


Kuva 13. Lihaksen rasvapitoisuus (distell) syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen rasvapitoisuuden eri näytteenottoajankohtina näkyy rasvapitoisuuden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen rasvapitoisuutta. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 13. Muskelns fetthalt (distell) i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på muskelns fetthalten under olika tidpunkter framgår som förändring av fetthalten (%) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva anger fetthalten i (1) köns mogna fiskars muskel och röd kurva (0) i omogna fiskars muskel. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.3.7 Lihaksen koostumus

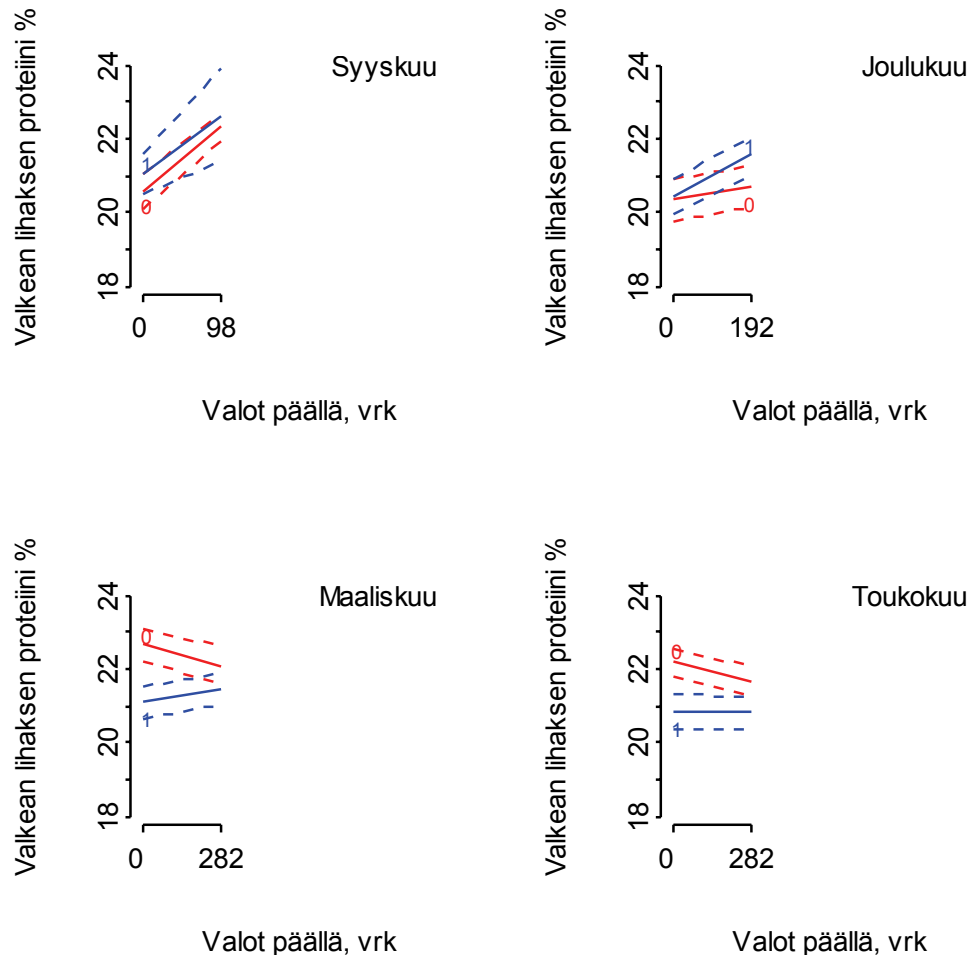
Kalan vaaleasta lihaksesta määritettiin sen rasva-, proteiini- ja kuiva-ainepitoisuus. Kalojen rasvapitoisuus saavutti korkeimmat arvonsa joulukuussa, jolloin myös martojen kalojen rasvapitoisuus oli suikukypsiä kaloja suurempi luonnonvalossa (NL) kasvaneilla kaloilla (kuva 14). Vuodenvaihteen jälkeen nämä erot tasoittuivat rasvapitoisuuden laskiessa molemmissa ryhmissä. Valokäsittelyillä ei ollut vaikutusta vaalean lihaksen rasvapitoisuuteen eikä vaalean lihaksen kuiva-ainepitoisuudessa havaittu eroja valokäsittelyn keston suhteen (ei kuvaa).



Kuva 14. Vaalean lihaksen rasvapitoisuus syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen rasvapitoisuuteen eri näytteenottoajankohtina näkyy rasvapitoisuuden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa suikukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen rasvapitoisuutta. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 14. Fetthalten i ljus muskel i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på muskelns fetthalt under olika tidpunkter framgår som förändring av fetthalten (i %) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva anger fetthalten i ljus muskel hos (1) könsmogna fiskar och röd kurva (0) hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

Luonnonvalossa olleiden martojen kalojen proteiinipitoisuus oli sukukypsiä kaloja korkeampi maalis- ja toukokuussa (kuva 15). Vaalean lihaksen proteiinipitoisuudessa ei sukukypsillä kaloilla havaittu eroja valokäsittelyn keston suhteen (kuva 15), mutta marroilla kaloilla proteiinipitoisuus oli syyskuussa korkeampi valokäsittelyryhmässä 98 vrk kuin luonnonvalossa.



Kuva 15. Vaalean lihaksen proteiinipitoisuus syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus lihaksen proteiinipitoisuuden eri näytteenottoajankohtina näkyy proteiinipitoisuuden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa sininen käyrä (1) osoittaa sukukypsien ja punainen käyrä (0) martojen kalojen lihaksen proteiinipitoisuutta. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 15. Proteinhalten i ljus muskel i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på muskelns proteinhalt under olika tidpunkter framgår som förändring av proteinhalten (i %) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). Blå kurva anger proteinhalten i ljus muskel hos (1) könsmogna fiskar och röd kurva (0) hos omogna fiskar. De streckade linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.3.8 Lihaksen aistittava laatu

Raakojen kalojen arviointi Kaikki raa'at kirjolohinäytteet arvioitiin aistinvaraisesti halultaan raikkaiksi ja hyväiksi. Eri valokäsittelyissä kasvaneet kalat eivät poikenneet toi-

sistaan hajun tuoreuden suhteen, mutta luonnonvalossa kasvaneet kalat arvioitiin valokäsittelykaloja heikommiksi (taulukko 5). Luonnonvalossa kasvaneet kalat arvioitiin valokäsittelykaloja heikommiksi myös ulkonäön suhteen. Valokäsittelyryhmien välillä lyhyemmän valokäsittelyn (192 vrk) saaneet kalat arvioitiin ulkonäöltään pidemmän valokäsittelyryhmän (282 + 5 vrk) kaloja paremmiksi (taulukko 5). Havaitut erot ulkonäössä perustuvat pitkälti värieroihin Rochen asteikolla arvioituna. Ulkonäöltään parhaiksi arvioidut kalat (192 vrk) olivat keskiarvoltaan 3-4 yksikköä punaisempia kuin toiseksi parhaiksi arvioidut kalat (282 + 5 vrk). Nämä arvioitiin puolestaan 3-4 yksikköä luonnonvalokaloja (NL) punaisemmiksi (taulukko VTT:n liitteessä 2).

Taulukko 5. Raakojen fileiden aistinvarainen arvio. Arviointiasteikko on 0-5. Arviointitulokset on esitetty taulukossa valokäsittelyittäin (NL, 192 vrk, 282 + 5 vrk). Eri kirjain (a, b, c) osoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa käsittelyjen välillä (p < 0.05).

Tabell 5. Organoleptisk bedömning av färska filéer. Bedömningskalan för lukt (Hajun tuoreus) och utseende (Ulkonäkö) är 0-5. Resultaten presenteras enligt ljusbehandling (NL, 192 dygn, 282+5 dygn). Skillnaden mellan grupper markerades med olika bokstäver (a, b, c; p<0.05) .

	Hajun tuoreus	Ulkonäkö
NL	4.60 ^a	1.83 ^a
192 vrk	4.78 ^b	4.25 ^b
282 + 5 vrk	4.75 ^b	3.47 ^c

Kypsennettyjen kalojen arviointi Valokäsittelyryhmien (192 vrk ja 282 + 5 vrk) kalat arvioitiin aistinvaraisesti luonnonvalokaloja (NL) paremmiksi kypsentämisen jälkeen (taulukko 6). Analyysissä huomioitiin kalojen paino ja sukukypsyyssaste. Hajun tuoreus, ulkonäkö, rakenne, maun tuoreus ja virhemaun voimakkuus poikkesivat edulliseen suuntaan molemmissa valokäsittelyryhmissä luonnonvalossa kasvaneisiin kaloihin verrattuna. Eroja havaittiin myös valokäsittelyjen välillä. Lyhyemmän valokäsittelyn (192 vrk) saaneet kalat arvioitiin pidemmän valokäsittelyn (282 + 5 vrk) kaloja paremmiksi hajun ja maun tuoreuden, mutta huonommiksi nesteen erottumisen suhteen.

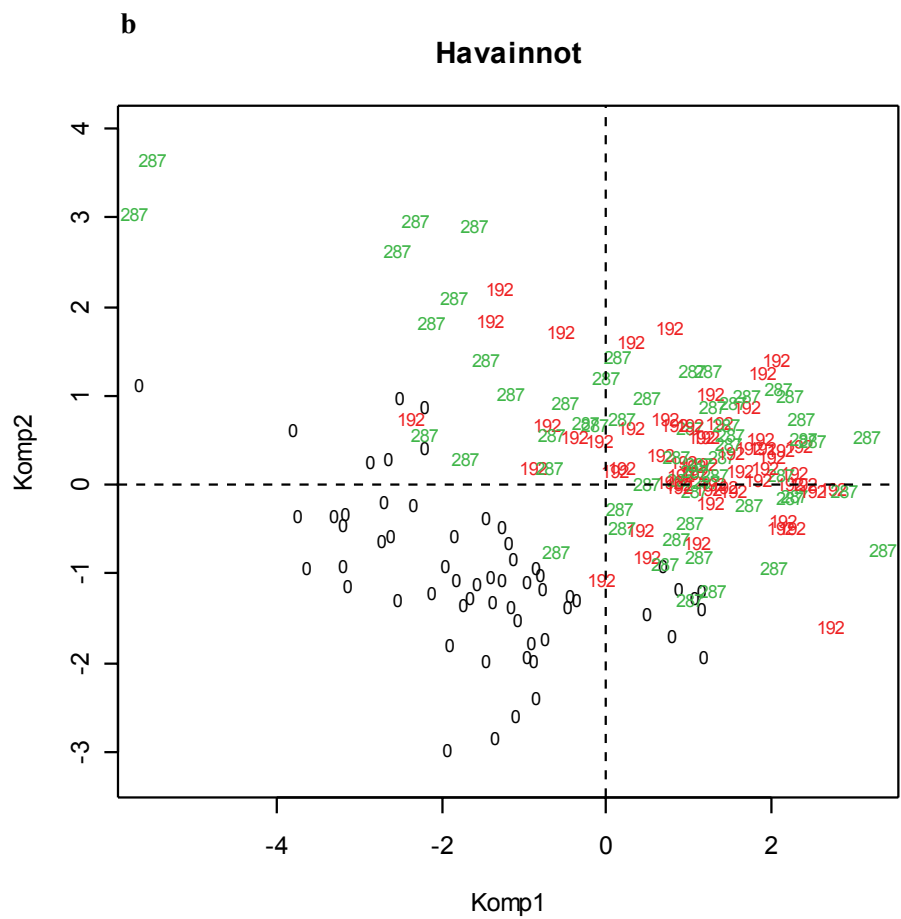
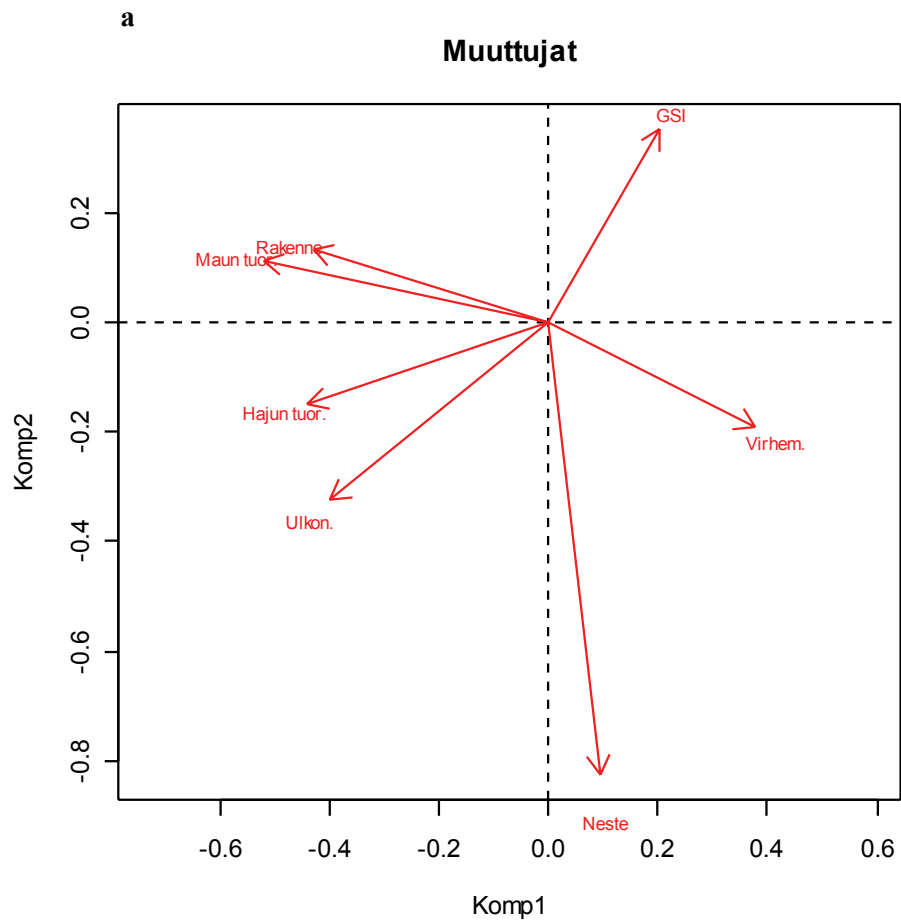
Taulukko 6. Kypsennettyjen fileiden aistinvarainen arvio. Arviointiasteikko on 0-5. Arviointitulokset on esitetty taulukossa valokäsittelyittäin (NL, 192 vrk, 282 + 5 vrk). Eri kirjain (a, b, c) osoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa käsittelyjen välillä ($p < 0.05$).

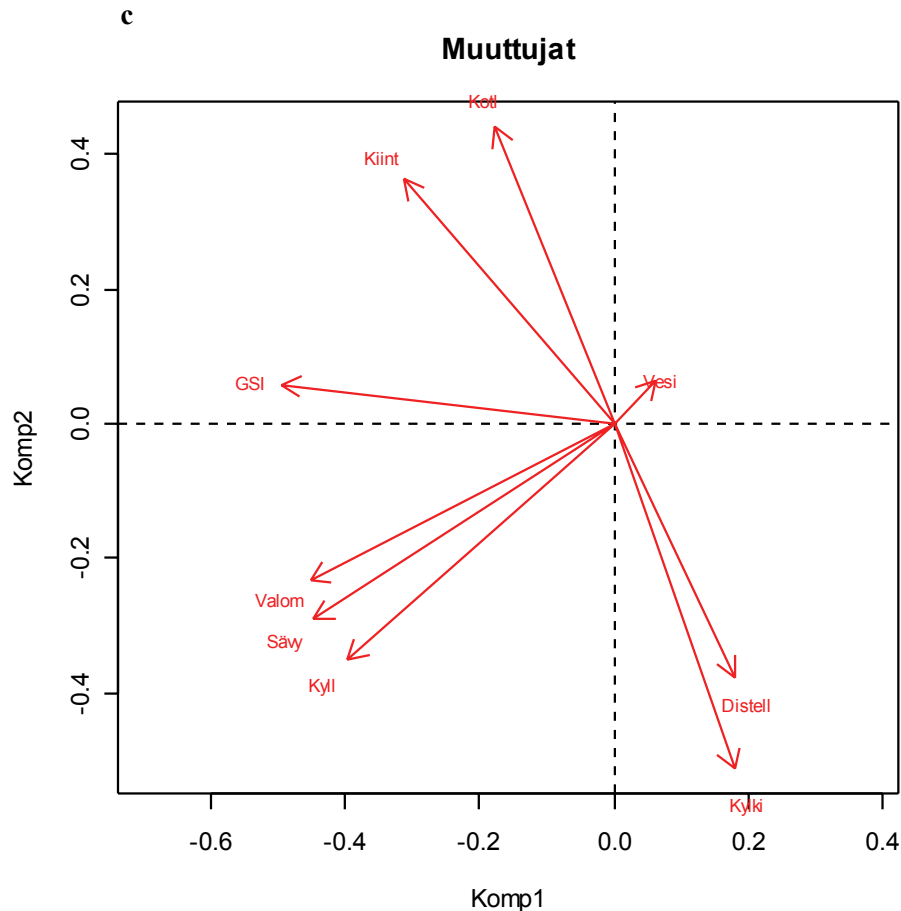
Tabell 6. Organoleptisk bedömning av kokade filéer. Bedömningsskalan för lukten fräschör (Hajun tuoreus), utseende (Ulkonäkö), vätskeavgång (Nesteen erottuminen), struktur (Rakenne), smakens friskhet (Maun tuoreus) och graden av smakfel (Virhemaun voimakkuus) är 0-5. Resultaten presenteras enligt ljusbehandling (NL, 192 dygn, 282+5 dygn). Skillnaden mellan grupper markerades med olika bokstäver (a, b, c; $p < 0.05$).

	Hajun tuoreus	Ulkonäkö	Nesteen erottuminen	Rakenne	Maun tuoreus	Virhemaun voimakkuus
NL	3.52 ^a	2.56 ^a	3.81 ^{ab}	3.48 ^a	3.38 ^a	0.52 ^a
192 vrk	4.01 ^b	4.05 ^b	3.83 ^a	3.87 ^b	4.07 ^b	0.22 ^b
282 + 5 vrk	3.80 ^c	3.84 ^b	3.64 ^b	3.74 ^b	3.73 ^c	0.35 ^b

3.3.9 Lihaksen laatuominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot

Pääkomponenttianalyysin avulla tutkittiin eri ominaisuuksien keskinäisiä korrelaatioita kypsennetyillä näytteillä (kuva 16). Kahden komponentin avulla voidaan selittää 61% aistinvaraisesti määritettyjen ominaisuuksien vaihtelusta (kuva 16a). Pitkä samaan suuntaan osoittava nuoli kuvaa voimakasta positiivista korrelaatiota ominaisuuksien välillä, kun taas korrelaatio on negatiivinen nuolien suuntien ollessa vastakkaiset. Maun tuoreus ja lihasen hyvä rakenne osoittautuivat aistinvaraisessa arvioissa läheisesti toisiinsa kytkeytyneiksi ominaisuuksiksi. Tuoreen maun ja rakenteen ollessa hyviä virhemakuja havaittiin vähän. Näitä muutoksia pystytään selittämään komponentin 1 avulla. GSI-arvon noustessa ulkonäkö arvioitiin puolestaan heikommaksi ja nestettä havaittiin vain vähän. Näitä muutoksia selittää pääasiassa komponentti 2. Kun havaintoja eri valokäsittelyryhmistä selitetään samalla menetelmällä, erottuvat käsittelyryhmät toisistaan ja etenkin valokäsittelyryhmät luonnonvaloryhmästä (selitysaste 57%, 15b). Toisin sanoen näytteet kunkin käsittelyryhmän sisällä ovat ominaisuuksiltaan lähempänä toisiaan kuin näytteitä toisissa käsittelyryhmissä. Vastaava analyysi tehtiin myös näytteenoton yhteydessä instrumentaalisesti mitatuista muuttujista (kuva 16c). Kahden komponentin avulla pystytään selittämään 52% näiden ominaisuuksien vaihtelusta. Rakenteen kiinteyttä mittaavien ominaisuuksien saadessa korkeita arvoja näytteistä mitattiin alhaisia rasvapitoisuuksia ja ohuita kylkiä. Väriominaisuudet puolestaan korreloivat voimakkaasti keskenään, mutta myös GSI:n kanssa.





Kuva 16. a) Aistinvaraisesti arvioitujen fileiden laatuominaisuuksien ryhmittyminen pääkomponenttianalyysissä kahden voimakkaimman komponentin (Komp1 ja Komp2) suhteen. Arvioidut ominaisuudet ovat hajun tuoreus (Hajun tuor.), ulkonäkö (Ulkon.), nesteiden erottuminen (Neste), rakenne (Rakenne), maun tuoreus (Maun tuor.) ja virhemaun voimakkuus (Virhem.). Taustamuuttujana on gonadosomaattinen indeksi (GSI). b) Havaintojen sijoittuminen pääkomponenttianalyysissä käsittelyittäin. Käsittelyt ovat luonnonvalo (0), valokäsittely 6 kk (192) ja valokäsittely 9 kk (282+5). c) Instrumentaalisesti määritettyjen ominaisuuksien ryhmittyminen pääkomponenttianalyysissä. Esitetyt lihaksen ominaisuudet ovat kyljen paksuus (Kylki), vedensidontakyky (Vesi), kiinteytys veitsitestillä (Kiint) sekä pistotestillä (Koti) mitattuna, valomäärä (Valom), värikylläisyys (Kyll), värisävy (Sävy) ja fileen rasvapitoisuus (Distell). Taustamuuttujana on gonadosomaattinenindeksi (GSI).

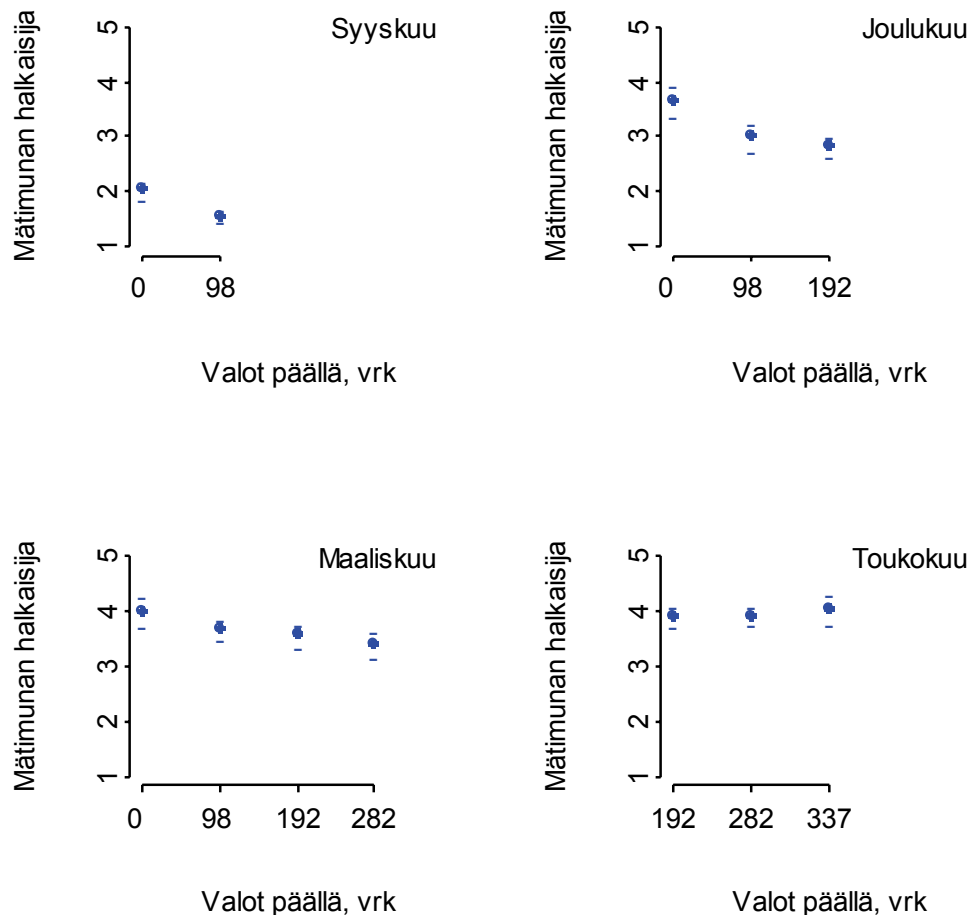
Bild 16. a) Bilden visar hur de organoleptiskt bedömda fileernas kvalitets-egenskaper grupperar sig i en analys av huvudkomponenterna i relation till de två starkaste komponenterna (Komp1 ja Komp2). De egenskaper som bedömts är luktens fräschör (Hajun tuor.), utseende (Ulkon.), vätskeavgång (Neste), struktur (Rakenne), smakens friskhet (Maun tuor.) och graden av smakfel (Virhem.). Bakgrundsvariabel är det gonadosomatiska indexet (GSI). b) lakttagelserna placerade i huvudkomponentanalysen enligt hur fisken behandlats. Behandlingarna omfattar naturligt ljus (0), ljusbehandling 6 mån (192) och ljusbehandling 12 mån (282+5). c) Bilden visar hur de egenskaper som mätts med instrument grupperar sig i huvudkomponentanalysen. De egenskaper hos fiskens muskel som presenteras är muskelns tjocklek (Kylki), förmågan att binda vatten (Vesi), fasthet i knivtesten (Kiint), fasthet i sticktesten (Koti), ljushet (Valom), färgmättnad (Kyll), färgton (Sävy) och filéns fetthalt (Distell). Bakgrundsvariabel är det gonadosomatiska indexet (GSI).

3.4 Valokäsittelyn vaikutus mädin kokoon sekä laatuominaisuuksiin

Mädin kokoa sekä laatuominaisuuksia tarkasteltiin suhteessa valokäsittelyjen keston (vrk). Eri näyteenottoajankohdat esitetään kuvissa erikseen. Valokäsittelyjen välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja, kun 95 %:n luottamusvälien rajaamat alueet kattavat eri arvoja. Valokäsittelyjen vaikutus mädin laatuominaisuuksiin arvioitiin lisäksi erikseen aistinvaraisin menetelmin.

3.4.1 Mätimunnan koko

Valokäsittelyn vaikutus mätimunnan kokoon näkyi GSI-arvoja vastaavina muutoksina. Valokäsittelyt hidastivat mätimunnan kasvua maaliskuuhun saakka, mutta toukokuussa mädin halkaisija oli kasvanut n. 4 mm:iin valokäsittelystä riippumatta (kuva 17).

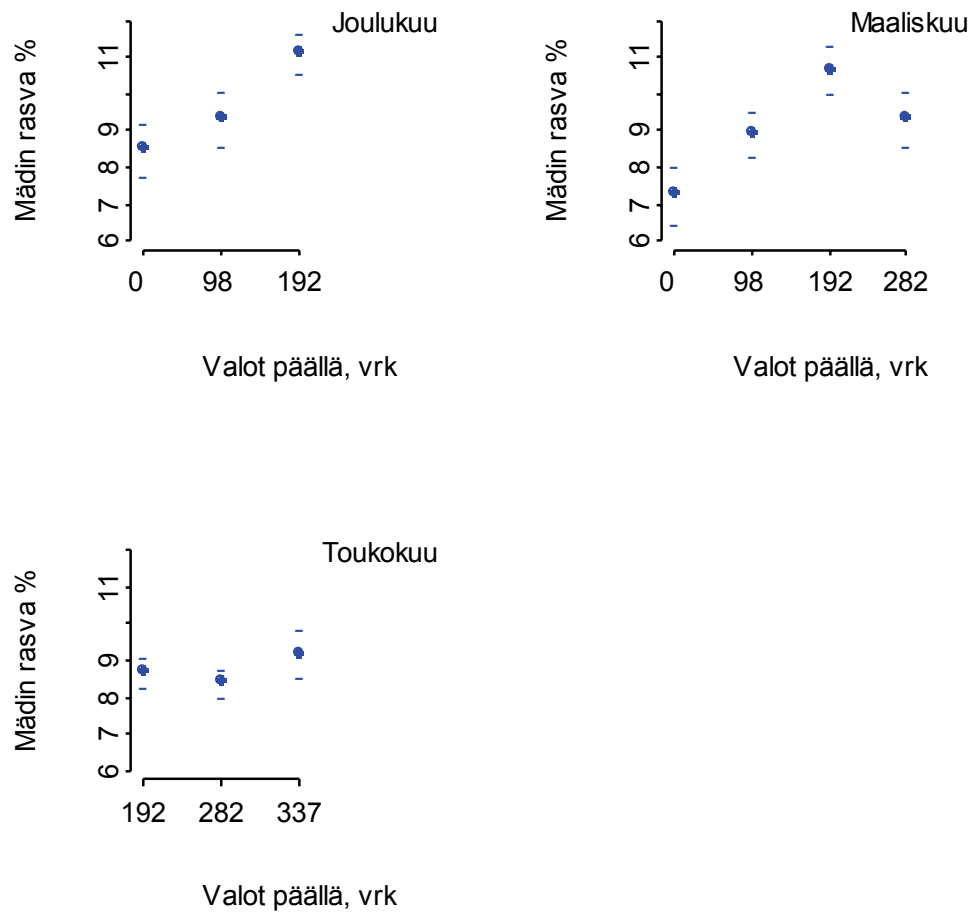


Kuva 17. Mätimunnan koko syyskuussa, joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus mätimunnan kokoon eri näytteenottoajankohtina näkyy mätimunnan halkaisijan (mm) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mätimunnan kokoa näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 17. Romkornets diameter i september, december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på diametern under olika tidpunkter framgår som förändring av diametern (mm) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger pricken romkornets diameter under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.4.2 Mädin koostumus

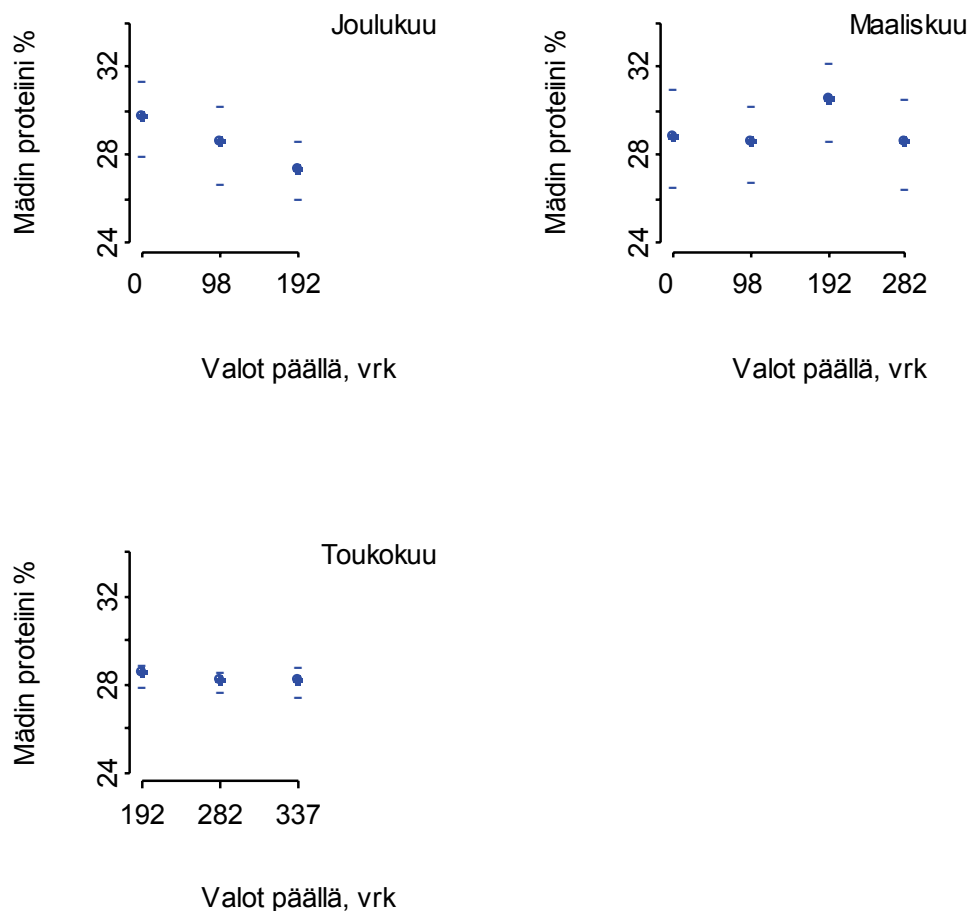
Mädistä mitattiin joulukuusta alkaen sen rasva-, proteiini- ja kuiva-ainepitoisuus. Valokäsittelyt, etenkin kuuden kuukauden käsittely (192 vrk), kasvattivat mädin rasvapitoisuutta joului- ja maaliskuussa (kuva 18). Toukokuussa valokäsittelyvaikutus oli hävinnyt. Mädin kuiva-ainepitoisuus seurasi rasvapitoisuuden muutoksia.



Kuva 18. Mätimunän rasvapitoisuus joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin rasvapitoisuuteen eri näytteenottoajankohtina näkyy mädin rasvapitoisuuden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mädin rasvapitoisuutta näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 18. Romkornets fetthalt i december, mars och maj. Ljusbehandlings inverkan på fetthalten under olika tidpunkter framgår som förändring av fetthalten (i %) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger pricken romkornets fetthalt under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

Mädin proteiinipitoisuuksissa ei havaittu eroja valokäsittelyn keston suhteen (kuva 19). Proteiinipitoisuuden vaihtelu kuitenkin väheni toukokuulle tultaessa ja mätimunän koon vakiintuessa.

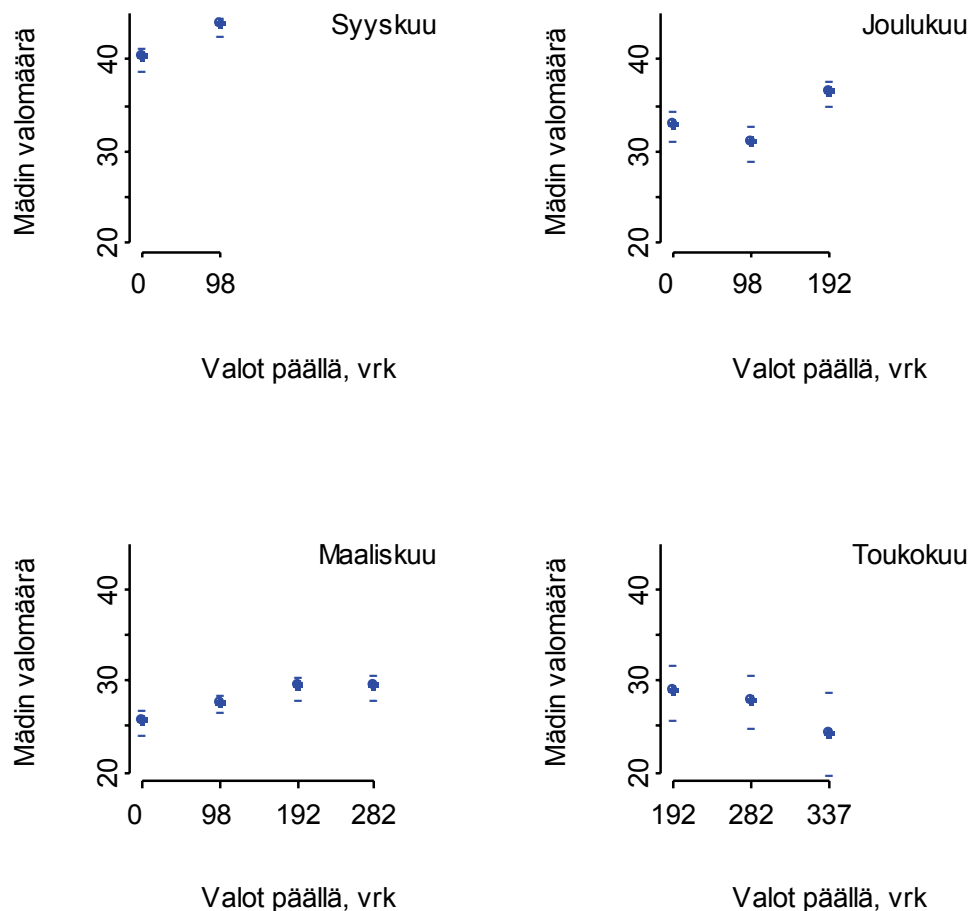


Kuva 19. Mätimunien proteiinipitoisuus joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin proteiinipitoisuuteen eri näytteenottoajankohtina näkyy mädin proteiinipitoisuuden (%) muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mädin proteiinipitoisuutta näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 19. Romkornets proteinhalt i december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på proteinhalten under olika tidpunkter framgår som förändring av proteinhalten (i %) under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger prickerna romkornets proteinhalt under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.4.3 Mädin väri

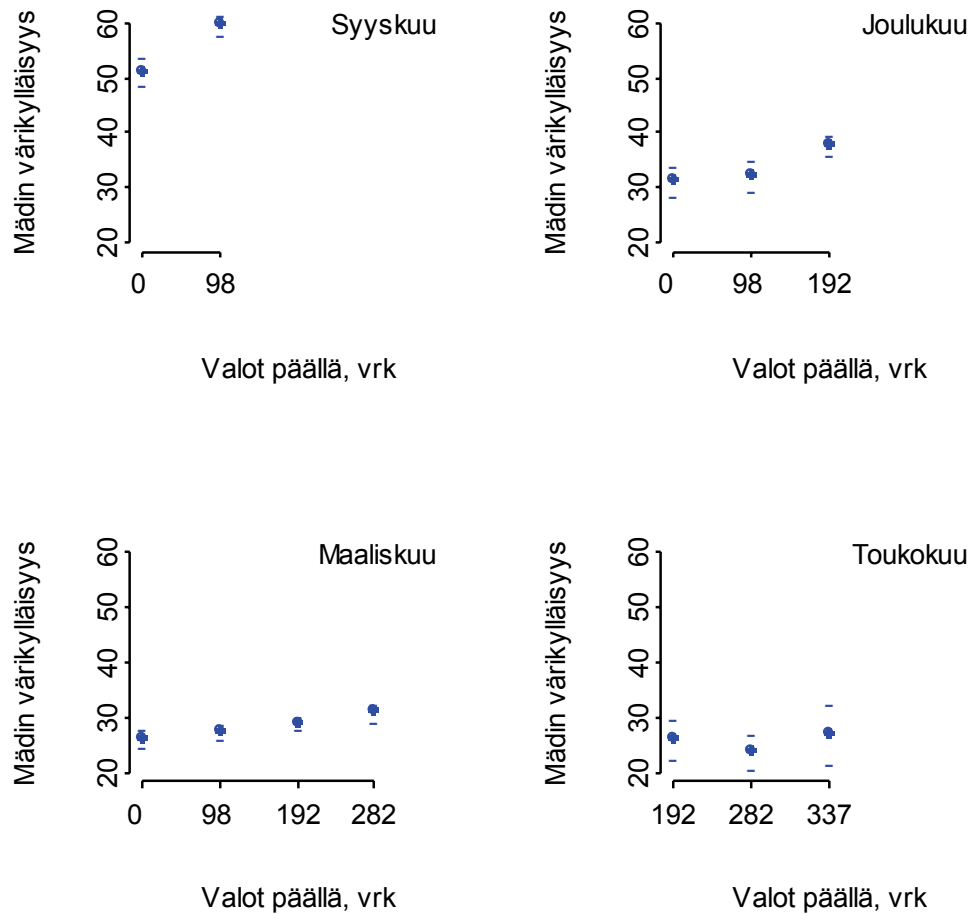
Mädin väri mitattiin joukosta mätimunia kuten lihasmittauksissa. Luonnonvalossa kasvaneiden kalojen mäti oli syyskuussa tummempaa kuin valokäsittelyä saaneiden kalojen mäti. Myös joulukuussa ja maaliskuussa luonnonvalossa kasvaneilla kaloilla mäti oli tummempaa kuin kuusi ja yhdeksän kuukautta (192 ja 282 vrk) valokäsittelyä saaneilla kaloilla (kuva 20). Yleisesti mädin väri tummeni kaikissa valokäsittelyryhmissä syyskuulta maaliskuulle. Toukokuussa eri valokäsittelyjen välillä ei eroja havaittu.



Kuva 20. Mätimunän valomäärä joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin valomäärään eri näytteenottoajan kohtina näkyy mädin valomäärän muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mädin valomäärää näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

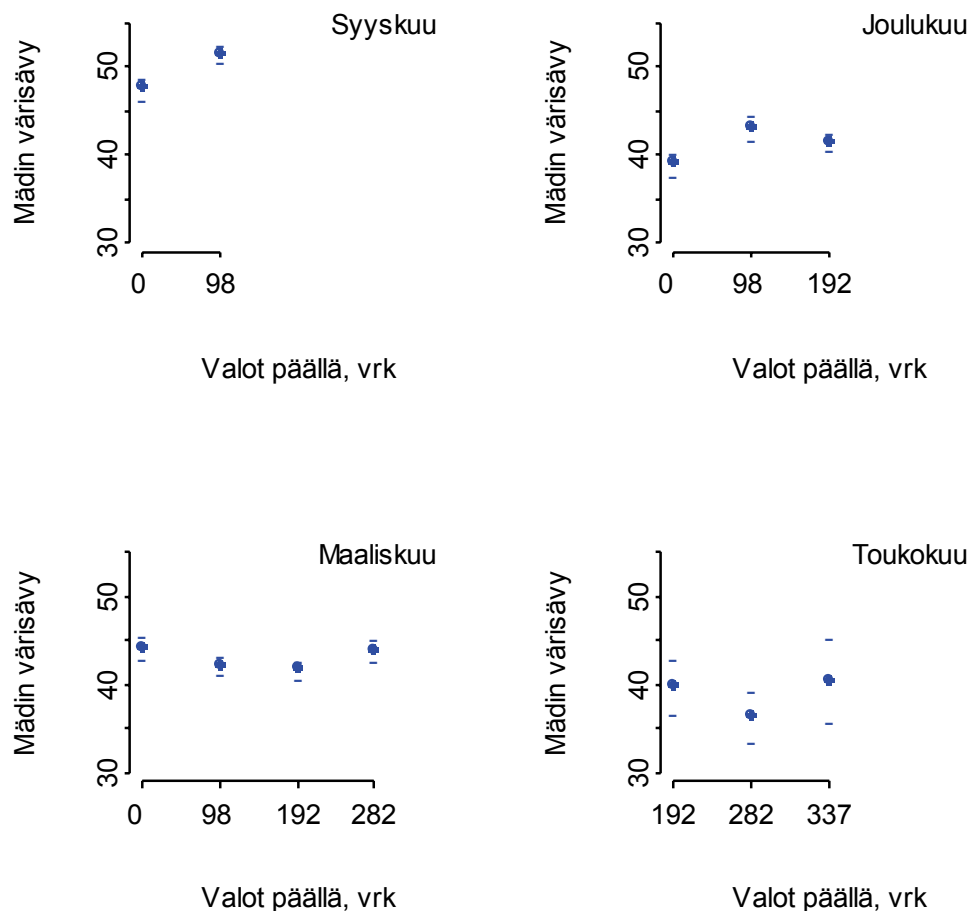
Bild 20. Romkornets ljushet i december, mars och maj. Ljusbehandlingens inverkan på ljusheten under olika tidpunkter framgår som förändring av ljusheten under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger pricken romkornets ljushet under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

Mädin värikylläisyyden muutokset vastasivat valomäärän muutoksia siten, että mädin tummeneminen tapahtui samanaikaisesti värikylläisyyden alenemisen kanssa (kuva 21). Värisävy oli puolestaan punaisin luonnonvaloryhmässä sekä syys- että joulukuussa (kuva 22), kun taas maaliskuu- ja toukokuussa mätien värisävyissä eroja ei enää havaittu.



Kuva 21. Mätimunän värikylläisyys joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin värikylläisyyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy mädin värikylläisyyden muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mädin värikylläisyyttä näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 21. Romkornets färgmättnad i december, mars och maj. Ljusbehandlings inverkan på färgmättnaden under olika tidpunkter framgår som förändring av färgmättnaden under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger pricken romkornets färgmättnad under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.



**Kuva 22. Mätimunnan värisävy joulukuussa, maaliskuussa sekä toukokuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin värisävyyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy mädin värisävyn muutoksena valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvas-
sa pisteet osoittavat mädin värisävyä näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat
ennusteen 95%:n luottamusvälin.**

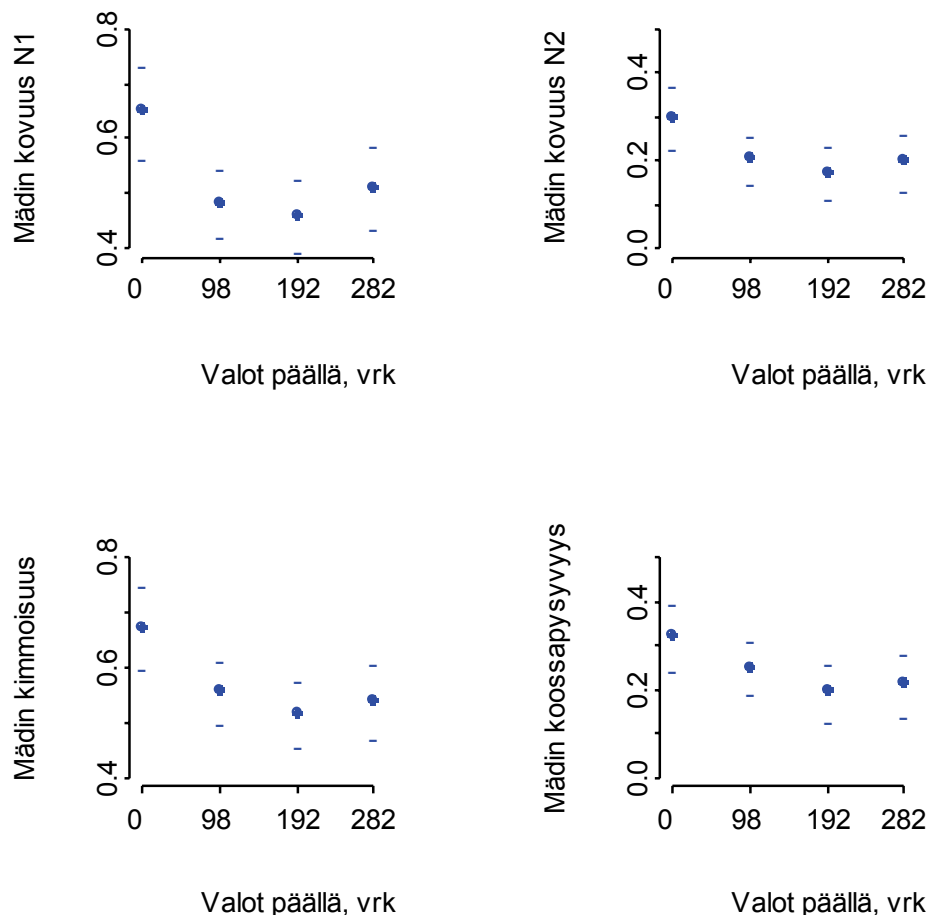
**Bild 22. Romkornets färgnyans i december, mars och maj. Ljusbehandling-
ens inverkan på färgnyansen under olika tidpunkter framgår som förändring
av färgnyansen under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden
anger pricken romkornets färgnyans under olika tidpunkter. Linjerna anger
prognosen med 95 %:s konfidensintervall.**

3.4.4 Mädin rakenne

Mädin rakenneominaisuuksista ei ole olemassa aiempaa mitattua tietoa. Keskeisim-
pien mädin rakenneominaisuuksien löytämiseksi rakenteen mittaamisessa käytettiin
koko rakenneprofiilin arviointia. Mädin rakenneanalyysissä mitattiin mätimunnan ko-
vuutta, kimmoisuutta, koossapysyvyyttä, palautuvuutta sekä pureskeltavuutta. Nämä
mittaukset tehtiin maaliskuussa puristustestillä.

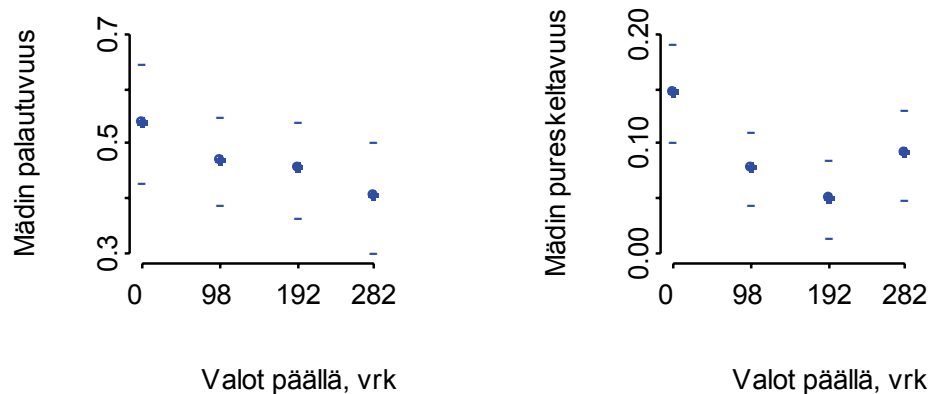
Luonnonvalossa kasvaneiden kalojen mäti oli kovempaa, kimmoisampaa ja koossa-
pysyvämpää kuin kuusi kuukautta (192 vrk) valokäsittelyä saaneiden kalojen mäti
(kuva 23). Muiden valokäsittelyjen vaikutus oli samansuuntainen kuin kuuden kuu-
kauden käsittelyn, mutta ei tilastollisesti merkitsevä. Mädin palautuvuuteen puristuk-

sesta valokäsittelyillä ei ollut vaikutusta (kuva 24). Luonnonvalossa kasvaneiden kalojen mädin ns. pureskeltavuus oli sen sijaan korkeampi kuin 192 vrk valokäsittelyä saaneiden kalojen mädin (kuva 24).



Kuva 23. Mädin rakenneominaisuudet - mätimunän kovuus, kimmoisuus ja koossapysyvyys maaliskuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin kovuuteen, kimmoisuuteen ja koossapysyvyyteen eri näytteenottoajankohtina näkyy ominaisuuksien muutoksina valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mädin kovuutta, kimmoisuutta ja koossapysyvyyttä näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 23. Romkornets strukturegenskaper- hårdhet, elasticitet och fasthet i mars. Ljusbehandlings inverkan på hårdhet, elasticitet och fasthet under olika tidpunkter framgår som förändring av dessa egenskaper under fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger prickerna romkornets hårdhet, elasticitet och fasthet under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.



Kuva 24. Mädin rakenneominaisuudet – mätimunän palautuvuus ja pureskeltavuus maaliskuussa. Valokäsittelyn vaikutus mädin palautuvuuteen ja pureskeltavuuteen eri näytteenottoajankohtina näkyy ominaisuuksien muutoksina valokäsittelyn keston (vrk) kasvaessa. Kuvassa pisteet osoittavat mädin palautuvuutta ja pureskeltavuutta näytteenottohetkellä. Viivat rajaavat ennusteen 95%:n luottamusvälin.

Bild 24. Romkornets strukturegenskaper - formbeständighet och tuggbarhet i mars. Ljusbehandlings inverkan på formbeständighet och tuggbarhet under olika tidpunkter framgår som förändring av dessa egenskaper under den fortgående ljusbehandlingen (dygn). På bilden anger pricken romkornets formbeständighet och tuggbarhet under olika tidpunkter. Linjerna anger prognosen med 95 %:s konfidensintervall.

3.4.5 Mädin aistittava laatu

Kaikkien mätinäytteiden ulkonäkö todettiin hyväksi, haju tuoreeksi ja maku melko tuoreeksi. Virhemakuja havaittiin erittäin vähän. Valokäsittelyissä olleiden kalojen mäti arvioitiin kaiken kaikkiaan paremmaksi kuin luonnonvalossa kasvaneiden kalojen mäti (taulukko 7).

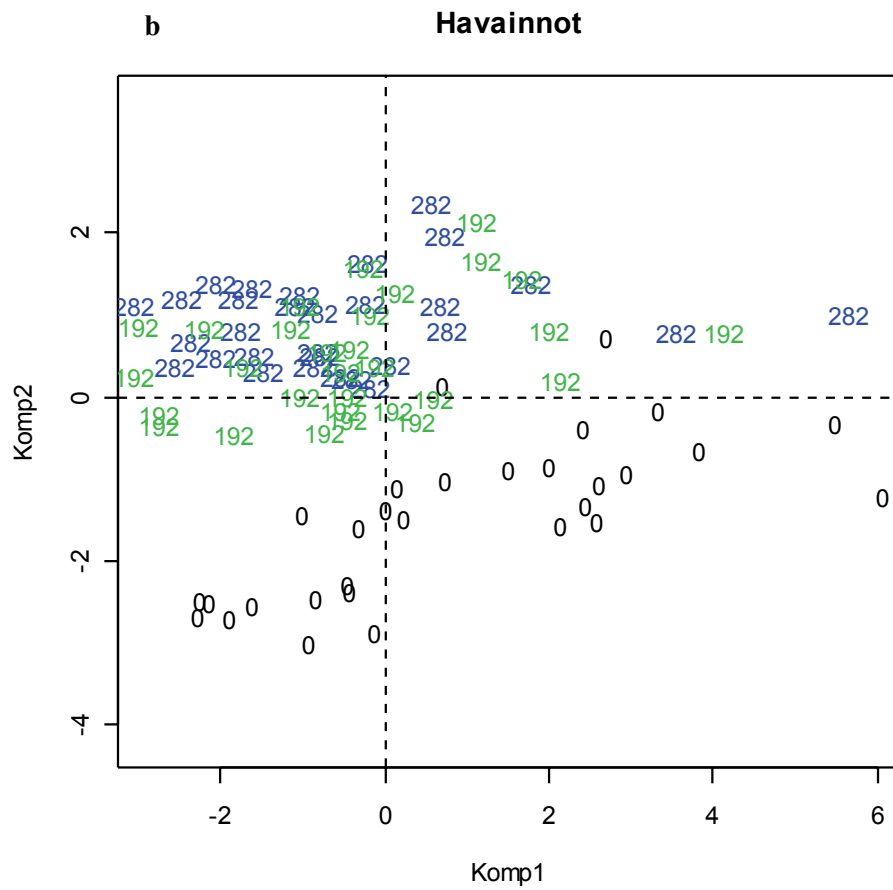
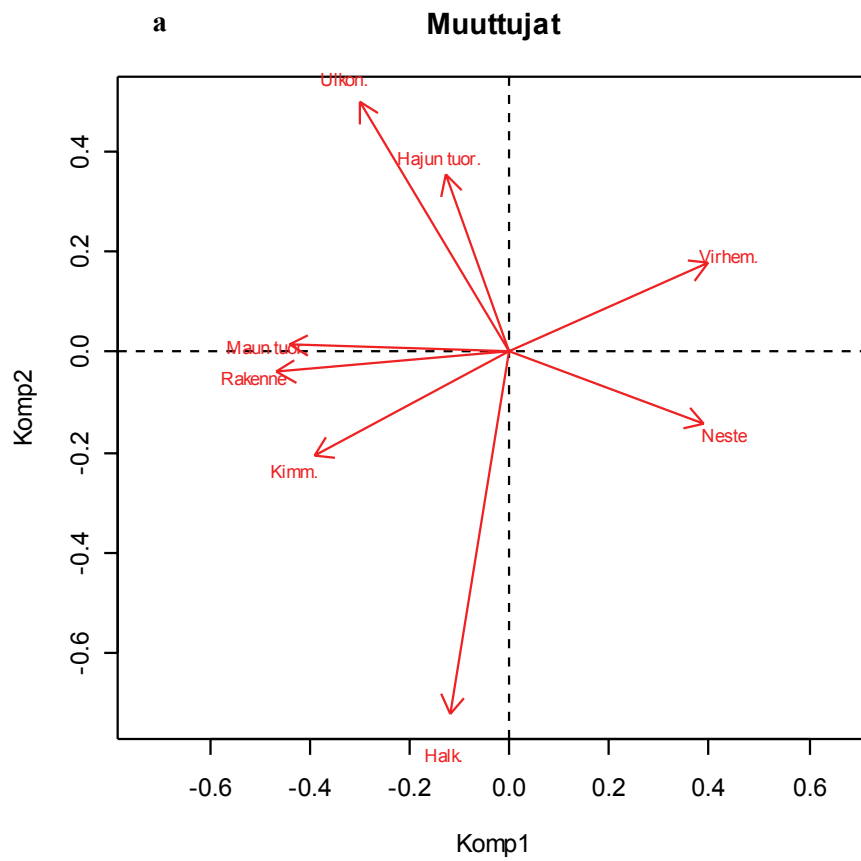
Taulukko 7. Mädin aistinvarainen arvio. Arviointiasteikko on 0-5. Arviointitulokset on esitetty taulukossa valokäsittelyittäin (NL, 192 vrk, 282 + 5 vrk). Eri kirjain (a, b) osoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa käsittelyjen välillä ($p < 0.05$).

Tabell 7. Organoleptisk bedömning av rom. Bedömningsskalan för luktens fräschör (Hajun tuoreus), utseende (Ulkonäkö), elasticitet (Kimmoisuus), vätskeavgång (Nesteen erottuminen), struktur (Rakenne), smakens friskhet (Maun tuoreus) och graden av smakfel (Virhemaun voimakkuus) är 0-5. Resultaten presenteras enligt ljusbehandling (NL, 192 dygn, 282+5 dygn). Skillnaden mellan grupper markerades med olika bokstäver (a, b; $p < 0.05$).

	Hajun tuoreus	Ulkonäkö	Kimmoisuus	Nesteen erottuminen	Rakenne	Maun tuoreus	Virhemaun voimakkuus
NL	4.07 ^a	3.32 ^a	2.42 ^a	2.12 ^a	2.61 ^a	3.02 ^a	0.88 ^a
192 vrk	4.14 ^a	4.24 ^b	3.22 ^b	0.38 ^b	3.54 ^b	3.54 ^b	0.57 ^b
282 vrk	4.01 ^a	4.18 ^b	3.46 ^b	0.52 ^b	3.63 ^b	3.55 ^b	0.61 ^b

3.4.6 Mädin laatuominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot

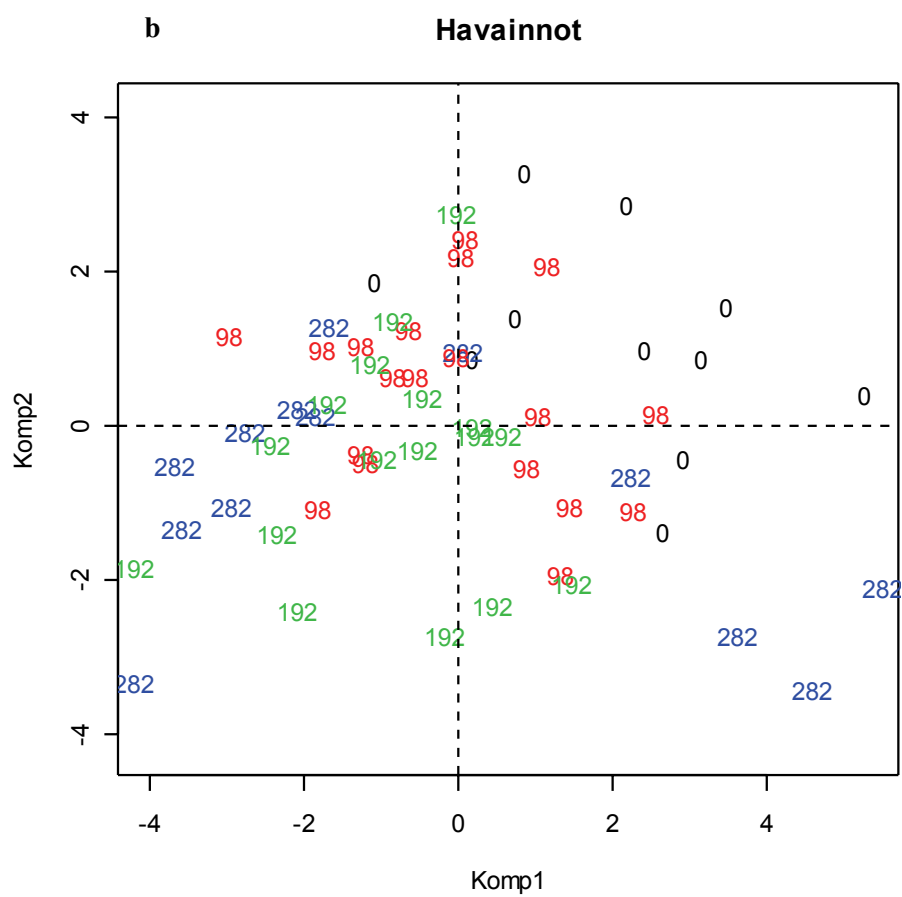
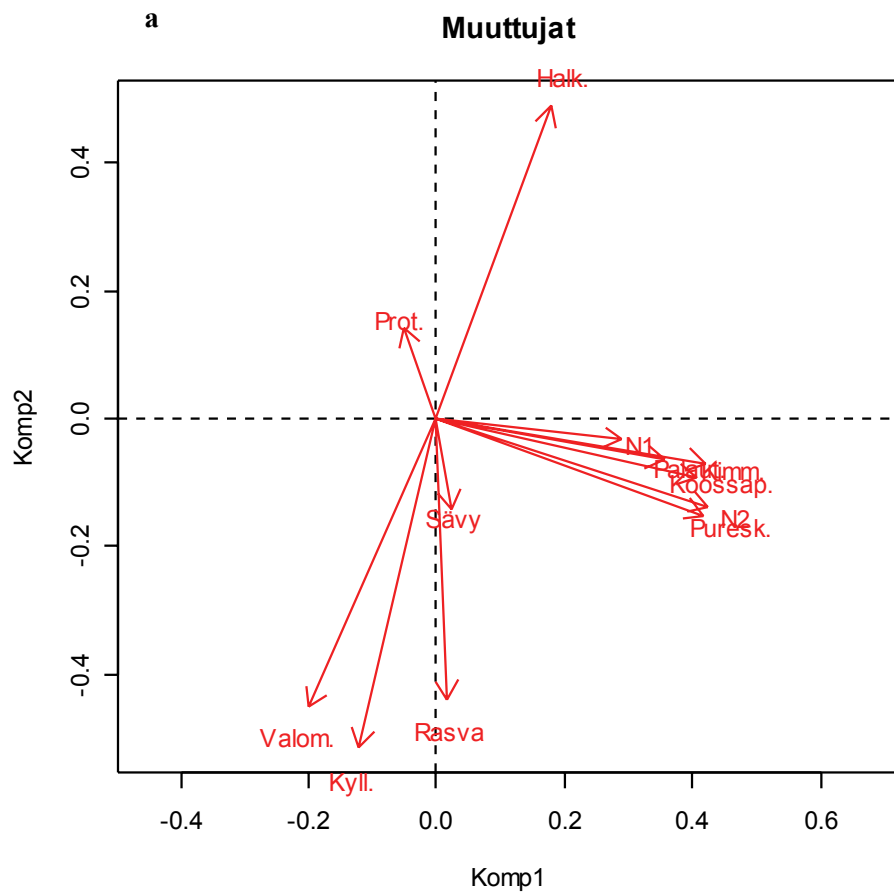
Pääkomponenttianalyysin avulla tutkittiin eri ominaisuuksien keskinäisiä korrelaatioita (kuva 25) kuten tehtiin aiemmin myös lihaksen kohdalla (kuva 16). Kahden komponentin avulla voidaan selittää 64% mädin aistinvaraisesti määritettyjen ominaisuuksien vaihtelusta (kuva 25a). Mätimunän halkaisijan kasvaessa arvioidaan mädin ulkonäkö ja hajun tuoreus todennäköisesti heikommaksi sekä virhemaun voimakkaammiksi. Toisaalta ulkonäön ja hajun tuoreuden heiketessä mädistä erottuu myös enemmän nestettä. Maun tuoreuden, rakenteen ja kimmoisuuden ollessa puolestaan hyviä virhemakuja havaitaan vain vähän, jos lainkaan. Eri valokäsittelyryhmien mätien ominaisuuksia verratessa erottuu luonnonvaloryhmä (0) valokäsittelyryhmistä (selitysaste 62%, kuva 25b). Ainakin osittain pisimmän valokäsittelyryhmän (282 vrk) mäti näyttäisi edustavan toista ääripäätä suhteessa NL-ryhmän mätiin.

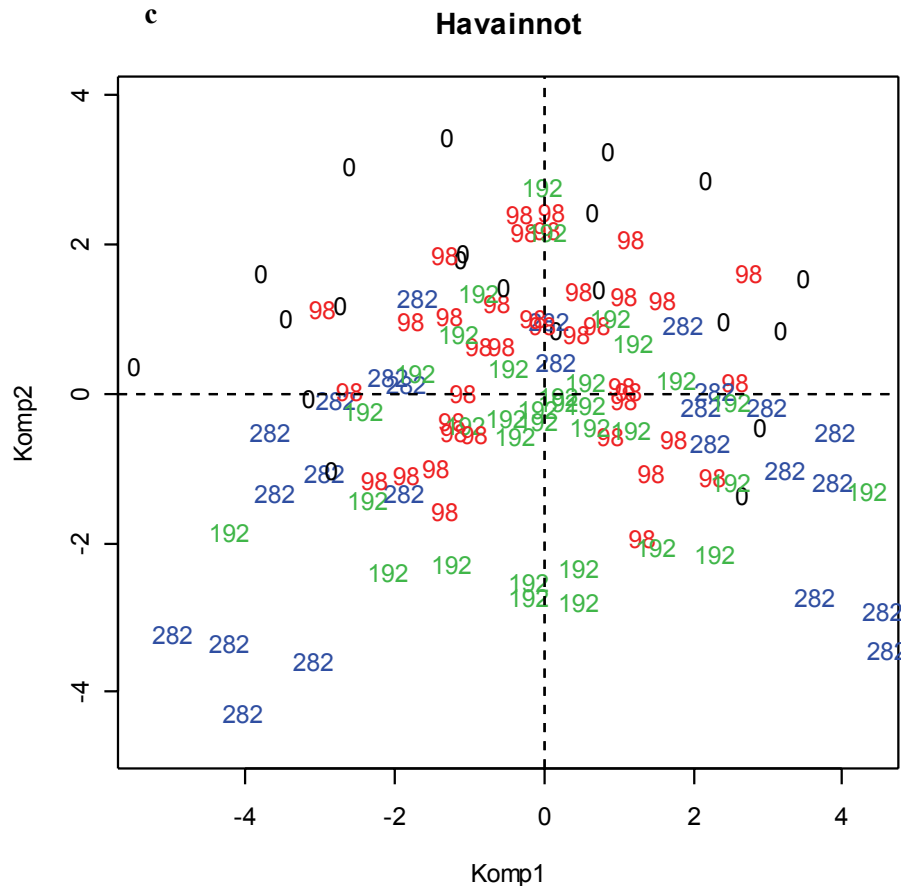


Kuva 25. a) Mädin aistinvaraisesti arvioitujen laatuominaisuuksien ryhmittyminen pääkomponenttianalyysissä. Arvioidut ominaisuudet ovat hajun tuoreus (Hajun tuor.), ulkonäkö (Ulkon.), kimmoisuus (Kimm.), nesteen erottuminen (Neste), rakenne (Rakenne), maun tuoreus (Maun tuor.) ja virhemauan voimakkuus (Virhem.). Taustamuuttujana on mätimunnan halkaisija (Halk.). b) Havaintojen sijoittuminen pääkomponenttianalyysissä käsiteltyinä. Käsitellyt ovat luonnonvalo (0), valokäsittely 6 kk (192) ja valokäsittely 9 kk (282).

Bild 25. a) Bilden visar hur de organoleptiskt bedömda kvalitetsegenskaperna grupperar sig i analysen av huvudkomponenterna. De egenskaper som bedömts är luktens fräschör (Hajun tuor.), utseendet (Ulkon.), elasticitet (Kimm.), vätskeavgång (Neste), struktur (Rakenne), smakens friskhet (Maun tuor.) och graden av smakfel (Virhem.). Bakgrundsvariabel är romkornets diameter (Halk.). b) Bedömningarnas placering i huvudkomponentanalysen enligt hur fisken behandlats. Behandlingarna omfattar naturligt ljus (0), ljusbehandling 6 mån. (192) och ljusbehandling 9 mån. (282).

Instrumentaalisesti mitatut mädin ominaisuudet ryhmittyvät pääasiallisesti kahdelle pääkomponenttiakselille (selitysaste 62%, kuva 26a), joista toisella ovat rakenneominaisuudet ja toisella mätimunnan halkaisija, väriominaisuudet sekä rasvapitoisuus. Värin ja rasvapitoisuuden muutokset korreloivat negatiivisesti mätimunnan koon kanssa. Mätimunnan kasvaessa sen rasvapitoisuus, valomäärä sekä värikylläisyys alenevat. Kaikki rakenneominaisuudet korreloivat puolestaan positiivisesti keskenään, joten mädin rakenteellista laatua pystytään suhteellisen luotettavasti kuvaamaan mitä tahansa yhtä rakenneominaisuutta mittaamalla. Havaintoaineisto instrumentaalisista mittauksista ryhmittyy pääkomponenttianalyysissä siten, että valokäsittelyt NL, 98 vrk ja pitkät valokäsittelyt (192 ja 282 vrk) erottuvat toisistaan (selitysaste 60%, kuva 26b). Vaihtelu on suurinta pisimmässä valokäsittelyssä.



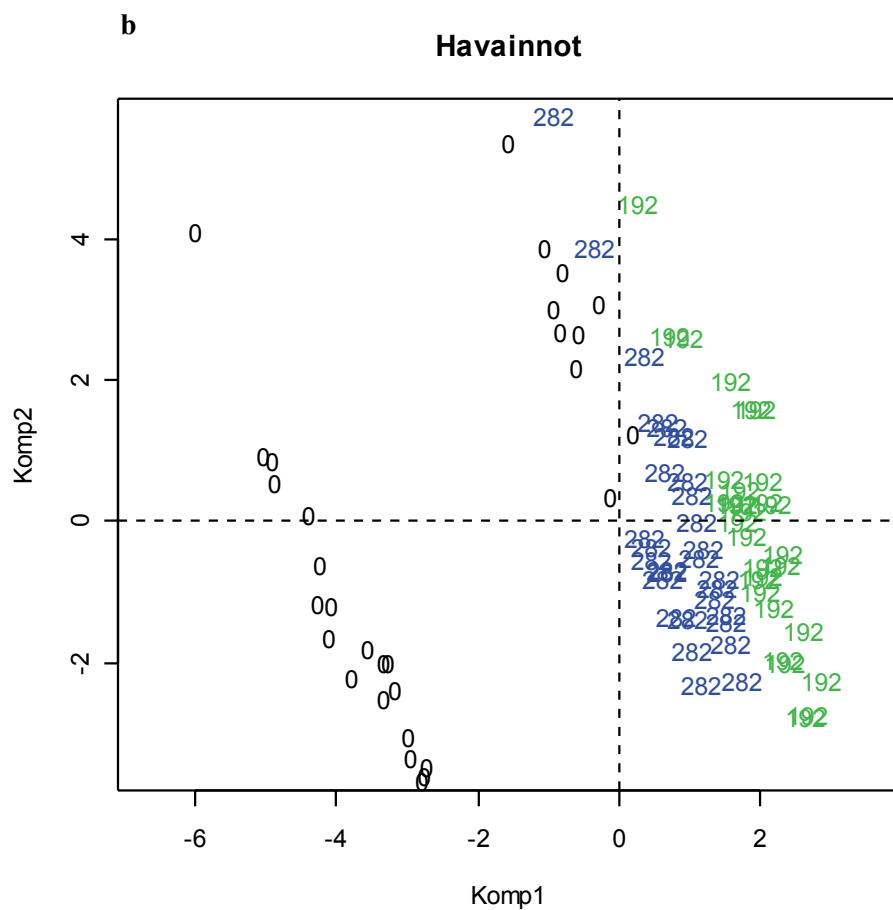
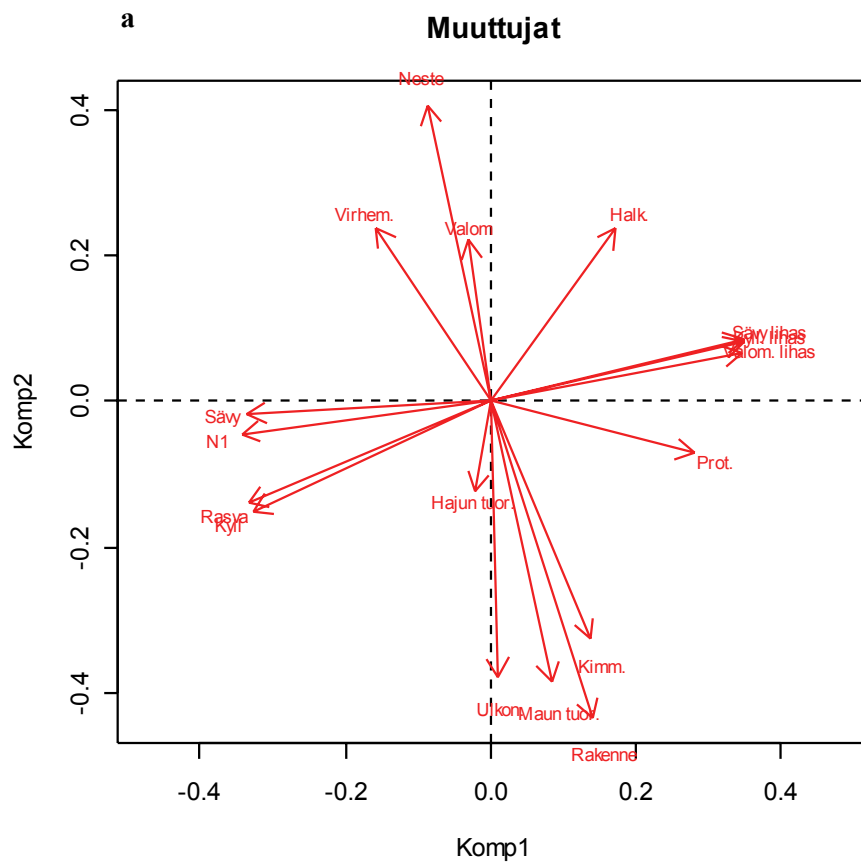


Kuva 26. a) Mädin instrumentaalisesti määritettyjen ominaisuuksien ryhmittyminen pääkomponenttiallyysissä. Esitetyt mädin ominaisuudet ovat kovuus1 (N1), kovuus2 (N2), kimmoisuus (Kimm.), palautuvuus (Palaut.), koossapysyvyys (Koossap.), pureskeltavuus (Puresk.), valomäärä (Valom.), värikylläisyys (Kyll.), värisävy (Sävy) sekä mädin proteiini- (Prot.) ja rasvapiitoisuus (Rasva). Taustamuuttujana on mätimunan halkaisija (Halk.). b) Havaintojen sijoittuminen pääkomponenttiallyysissä käsittelyittäin. Käsittelyt ovat luonnonvalo (0), valokäsittely 3 kk (98), valokäsittely 6 kk (192) ja valokäsittely 9 kk (282).

Bild 26. a) Bilden visar hur rommens egenskaper, mätta med instrument, grupperar sig i en analys av huvudkomponenterna. Egenskaperna är hårdhet1 (N1), hårdhet2 (N2), elasticitet (Kimm.), återfjädring (Palaut.), tuggbarhet (Puresk.), ljushet (Valom.), färgmättnad (Kyll.), färgton (Sävy) samt rommens protein- (Prot.) och fetthalt (Rasva). Bakgrundsvariabel är romkornets diameter (Halk.). b) lakttagelsernas placering i huvudkomponentanalysen enligt hur fisken behandlats. Behandlingarna är naturligt ljus (0), ljusbehandling 3 mån.(98), ljusbehandling 6 mån. (192) och ljusbehandling 9 mån. (282).

Samat näytteet tutkittiin sekä aistinvaraisesti että instrumentaalisesti, joten pääkomponenttiallyysi voitiin toteuttaa molemmiin tavoin mitatuista ominaisuuksista myös yhteisesti (kuva 27). Rakenneominaisuuksista analyysiin valittiin kovuus (N1) ja lisäksi mukaan otettiin lihaksen väriominaisuudet, joiden tiedetään muuttuvan sukukypsytymisen myötä. Valomäärää lukuunottamatta lihaksen ja mädin väriominaisuudet korreloivat negatiivisesti (kuva 27a). Analyysin ensimmäinen komponentti kuvaa pääasiassa

instrumentaalisesti mitattujen ominaisuuksien vaihtelua, kun taas aistinvaraisesti arvioidut ominaisuudet sijoittuvat toisen komponentin suuntaisesti (selitysaste 67%). Yhdistämällä aineistot pystytään kaikki valokäsittelyryhmät erottamaan toisistaan havaintojen perusteella (selitysaste 52%, kuva 27b). Luonnonvaloryhmässä yhden kalan määti, kymmenen arvioijan havainnoimana, poikkeaa ominaisuuksiltaan kahdesta muusta, muttei silti asetu päällekkäisesti muiden käsittelyryhmien kalojen kanssa.



Kuva 27. a) Mädin aistinvaraisesti arvioitujen ja instrumentaalisesti mitattujen laatuominaisuuksien ryhmittyminen pääkomponenttianalyysissä. Aistinvaraisesti arvioidut ominaisuudet ovat hajun tuoreus (Hajun tuor.), ulkonäkö (Ulkon.), kimmoisuus (Kimm.), nesteen erottuminen (Neste), rakenne (Rakenne), maun tuoreus (Maun tuor.) ja virhemaun voimakkuus (Virhem.) sekä instrumentaalisesti mitatut ominaisuudet kovuus1 (N1), valomäärä (Valom.), värikylläisyys (Kyll.), värisävy (Sävy) sekä mädin proteiini- (Prot.) ja rasvapiitoisuus (Rasva). Taustamuuttujana on mätimunän halkaisijaa (Halk.) sekä lihaksen väriominaisuuksia (Valom. lihas, Kyll. lihas ja Sävy lihas). b) Havaintojen sijoittuminen pääkomponenttianalyysissä käsittelyittäin. Käsittelyt ovat luonnonvalo (0), valokäsittely 6 kk (192) ja valokäsittely 9 kk (282).

Bild 27. a) De organoleptiskt bedömda och de instrumentellt mätta kvalitets-egenskapernas gruppering i en analys av huvudkomponenterna. De egenskaper som bedömts organoleptiskt är lukten fräschör (Hajun tuor.), utseendet (Ulkon.), elasticitet (Kimm.), vätskeavgång (Neste), struktur (Rakenne), smakens friskhet (Maun tuor.) och graden av smakfel (Virhem.). De egenskaper som mätts med instrument är hårdhet1 (N1), ljushet (Valom.), färgmättnad (Kyll.), färgton (Sävy) samt rommens proteinhalt (Prot.) och fetthalt (Rasva). Bakgrundsvariabel är romkornets diameter (Halk.) samt muskelns färgegenskaper (muskelns ljushet, färgmättnad och färgton). Bakgrundsvariabel är romkornets diameter (Halk.). b) lakttagelsernas placering i huvudkomponentanalysen enligt hur fisken behandlats. Behandlingarna är naturligt ljus (0), ljusbehandling 3 mån.(98), ljusbehandling 6 mån. (192) och ljusbehandling 9 mån. (282).

4. Tulosten tarkastelu

Jotta teurastusajankohdan ajoittaminen kalan sukukypsymistä viivästäamalla voitaisiin toteuttaa järkevästi, tulee sukukypsymiseen liittyvän manipuloinnin vaikutukset lopputuotteiden laatuun tuntea. Aiemmassa, tutkimuksen ensimmäisessä osakokeessa tarkasteltiin voidaanko juhannuksen ja vuodenvaihteen välissä suoritetuilla eri kestoisilla valokäsittelyillä viivästyttää kirjolohien mädin kypsymistä, ja kuinka kehittyvä kutukypsyys vaikuttaa kalan laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin (Forsman ym., 2005; Riista- ja kalaraportteja nro. 344). Tutkimustuloksien täydentämiseksi tutkittiin tässä toisessa osakokeessa vuodenvaihteen yli jatkuvan valokäsittelyn vaikutusta sukukypsytymisen hidastumiseen. Toukokuun näytteenotto antoi myös lisätietoa valokäsittelyn vaikutuksesta kirjolohien lopulliseen kutuajankohtaan. Koska sukukypsytävän kalan hinta muodostuu yhteisesti sekä mädistä että lihasta, tutkittiin nyt myös mädin laatua. Lisäksi kalan liha sekä mäti arvioitiin aistinvaraisesti.

4.1 Valokäsittelyn vaikutus sukukypsyyden kehittymiseen sekä kutuajankohtaan

Valokäsittelyissä kasvaneilla kaloilla (98 vrk, 192 vrk) GSI:n kasvu oli joulukuussa viivästynyt verrattuna luonnonvalossa kasvaneisiin kaloihin (0 vrk) ensimmäisen osakokeen tapaan. Valokäsittelyn jatkaminen vuodenvaihteen yli (282 vrk, 337 vrk) ei enää merkittävästi viivästyttänyt GSI:n kehittymistä, vaan GSI nousi kaikilla valokäsittelyä saaneilla kaloilla joulukuusta maaliskuuhun n. 5 %-yksikköä. Täten GSI:n maksimi-arvot havaittiin luonnonvaloryhmässä joulukuussa, 98 vrk valokäsittelyä saaneilla kaloilla maaliskuussa ja 192 vrk tai pidempään valokäsittelyä saaneilla kaloilla toukokuussa. Valokäsittelyllä saavutettiin paras teho vuodenvaihteen aikoihin, jolloin GSI oli jatkuvassa valossa kasvaneilla kaloilla jopa 8 %-yksikköä luonnonvalokaloja alhaisempi.

Mätimunien kasvuvaiheessa, vitellogeneesissä, maksan tuottamaa vitellogeniiniä varastoidaan mätimuniin. Vitellogeneesiä edeltää maksan koon suureneminen, mikä havaitaan kypsyvien kalojen HSI-arvojen kohoamisena. Lasketuista HSI-arvoista ei kuitenkaan pystytty havaitsemaan valokäsittelyn vaikutusta kutukypsyyden kehittymiseen. HSI nousi kaikilla valokäsittelyryhmillä joulukuussa 2,5 – 3,0 %:iin pysyen lähes vakiona aina maaliskuuhun saakka. Ainoastaan luonnonvalossa kasvaneilla kaloilla HSI-arvot alkoivat merkittävästi laskea joulukuusta maaliskuuhun mentäessä, mitä voidaan pitää merkinä mädin varhaisemmasta kypsymisestä. Vitellogeneesivaiheen päättymisen ja kutuun valmistautuminen näkyi toukokuussa kaikilla valokäsittelyryhmillä sekä luonnonvalossa kasvaneilla kaloilla alhaisena HSI-arvona.

Vuodenvaihteen yli jatkettu valokäsittely vaikutti kalojen kutuajankohtaan. Luonnonvalossa kasvaneet kalat sekä 98 vrk valokäsittelyä saaneet kalat olivat toukokuussa kaikki valuvia. Vastaavasti valuvien kalojen osuus oli suurempi 192 vrk kuin 282 vrk valokäsittelyryhmässä. Mielenkiintoista oli suuri valuvien kalojen osuus 337 vrk valokäsittelyä saaneilla kutukypsillä kaloilla. Toukokuuhun jatkuvassa valokäsittelyssä pitkä päivä sekä samanaikaisesti lämpenevät vedet näyttivät ohjaavan valokäsittelyllä aiemmin viivästetyt kalat valmistautumaan kutuun muita nopeammin.

4.2 Valokäsittelyn vaikutus sukukypsien kalojen laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin

Vuodenvaihteen yli jatketuilla näytteenotoilla selvitettiin, kuinka valokäsittelyt vaikuttavat kalan lihan ja mädin laatu- ja tuotanto-ominaisuuksiin kutuajan lähestyessä. Tulosten mukaan valokäsittelyllä pystyttiin vaikuttamaan vuodenvaihteen jälkeen kutukypsyvien kalojen lihaksen väriominaisuuksiin ja kiinteyteen sekä mätimunän väriominaisuuksiin, koostumukseen ja rakenteeseen. Myös vaikutuksia fileesaantoon ja kyljen paksuuteen havaittiin.

4.2.1 Lihaksen laatu- ja tuotanto-ominaisuudet

Fileesaantoa ja kylkilihaksen paksuutta käytettiin mittareina, joiden avulla valokäsittelyn ja sukukypsyuden vaikutusta myytävän kalaraaka-aineen määrään voitiin arvioida. Molemmilla tavoilla mitattuna marrot kalat säilyttivät ja jopa lisäsivät lihasmassaa sukukypsiä kaloja paremmin talvikauden aikana. Kypsyvien kalojen pitkällä valokäsittelyllä pystyttiin tätä eroa kevättalvella kaventamaan.

Valokäsittelyn vaikutus näkyi sukukypsien kalojen lihaksen tummuutena jo joulukuussa. 282 vrk valokäsittelyssä kalan lihasta pystyi tummana edelleen lyhyempiin valokäsittelyihin verrattuna. Nämä erot kuitenkin tasaantuivat, eikä 337 vrk valokäsittelyllä saavutettu enää muutoksia edellä mainittuihin väriominaisuuksiin. Lihaksen punaisuuteen valokäsittelyt vaikuttivat sitä lisäävästi. Jo joulukuussa jatkuvassa valossa (192 vrk) olleiden kalojen lihas oli punaisempaa kuin 98 vrk valokäsittelyssä tai luonnonvalossa kasvaneiden kalojen. Tämä vaikutus kesti maaliskuulle ja vielä toukokuussa jatkuvassa valossa (337 vrk) kasvaneiden kalojen liha oli punaisempaa kuin luonnonvalossa kasvaneiden kalojen. Värikylläisyydessä havaittiin kutukypsyillä kaloilla eroja vain toukokuussa, jolloin 192 vrk ja 282 vrk valokäsittelyssä olleilla kutukypsillä kaloilla värikylläisyys säilyi aikaisemmalla tasolla, kun se muissa valokäsittelyissä sekä luonnonvalossa kasvaneilla kaloilla laski. Kutukypsien kalojen värikylläisyys näytti toukokuussa mukailevan kalojen kutukypsyuden kehittymisen muutoksia.

Lihaksen poikkileikkauksen kovuus vaihteli luonnonvalossa kasvaneilla kaloilla joulukuulta toukokuulle enemmän kuin valokäsittelyillä kaloilla. Veitsitestillä mitatussa kiinteydessä ei vastaavaa vaikutusta havaittu. Kalan lihaksen rakenteellisen kiinteyden mittaaminen ja saatujen tulosten tulkitseminen on haasteellista. Kiinteyden mittaamisessa tuloksiin saattavat vaikuttaa eri mittausten menetelmien lisäksi lihasten kollageenipitoisuus (Botta 1991), sukukypsyys (Johnston ym. 2004) sekä mahdollisesti lihaksen rasvapitoisuus (Mørkøre ym. 2002). On huomioitava, että tässä kokeessa käytetyillä mittausten menetelmillä ei välttämättä mitata sitä lihaksen kiinteyttä, jota laatututkimuksissa pidetään hyvänä kalan laatuominaisuutena. Oleellista oli pienemmät muutokset lihan kiinteydessä valokäsittelyssä olleilla kaloilla, mikä osoittaa näiden kalojen lihasten laatuominaisuuksien tasaisuutta pidemmällä ajanjaksolla.

Mitatut vedensidontakykyprosentit vaihtelivat kokeessa 88-91 %:n välillä. Valokäsittelyillä ei tulosten mukaan ollut selkeää vaikutusta vedensidontakykyyn muutoksiin. Kalojen säilytys jäissä neljän päivän ajan ennen mittauksia vaikuttaa lihaksen vedensidontakykyyn ja saattaa siten hävittää muiden tekijöiden mahdollisesti pienemmät vaikutukset. Säilytysajan vaikutuksista vedensidontakykyyn sekä veitsellä mitattuun kiinteyteen on raportoitu aiemmin Kala- ja riistaraportissa nro 356 (Airaksinen ym., 2005).

4.2.2 Mädin laatu- ja tuotanto-ominaisuudet

Valokäsittelyryhmien mädin rasvapitoisuus oli luonnonvalokalojen mädin rasvapitoisuutta korkeampi joului- ja maaliskuussa. Vasta toukokuussa, jolloin luonnonvalossa ja 98 vrk valokäsittelyssä kasvanneet kalat olivat jo kutuneet, mitattiin 192 vrk tai pidempään valokäsittelyssä olleiden kalojen mädistä yhtä alhaisia rasvapitoisuuksia kuin luonnonvalokaloilla mitattiin jo joulukuussa. Mädin kehittymisen viivästyminen valokäsittelyjen seurauksena oli havaittavissa myös luonnonvalokalojen mädin korkeampana vesipitoisuutena maaliskuussa ja suurempana mätimunien halkaisijana joului- ja maaliskuussa.

98 vrk ja 192 vrk valokäsittelyt hidastivat mätimunien kasvua joulukuuhun saakka. Valokäsittelyn jatkaminen vuodenvaihteen yli (282 vrk) hidasti mätimunien kasvua edelleen. Sen sijaan 98 vrk ja 192 vrk valokäsittelyjen aikaansaamat erot suhteessa luonnonvalossa kasvanneiden kalojen mätimunien halkaisijoihin hävisivät maaliskuuhun mennessä. Toukokuussa kutemattomien kalojen mätimunat olivat jo kaikissa valokäsittelyryhmissä halkaisijaltaan n. 4 mm. Saadut tulokset vastasivat hyvin GSI:stä saatuja tuloksia.

Valokäsittelyt vaikuttivat mädin värin tummenemiseen talven aikana. 192 vrk ja 282 vrk valokäsittelyt hidastivat mädin valomäärän vuodenaikaan sidottua normaalia laskua (NL, 0 vrk) joulukuulta maaliskuulle. Nämä muutokset olivat todennäköisesti yhteydessä mädin kehityksen viivästyneeseen. Vastaava suunta havaittiin värikylläisyydessä sekä värisävyssä. Ja siinä missä luonnonvalokalojen mäti oli punaisinta (värisävyarvo alhaisempi) joulukuussa oli 192 vrk valokäsittelykalojen mäti punaisinta maaliskuussa ääripäitä verrattaessa.

Rakenneominaisuudet tutkittiin mädeistä vain maaliskuussa. Valokäsittelyt vaikuttivat tuolloin mädin kovuuteen, kimmoisuuteen ja pureskeltavuuteen. 98 ja 192 vrk valokäsittelyssä olleiden kalojen mätimunat olivat pehmeämpiä kuin luonnonvalossa kasvanneiden kalojen mätimunat. Lisäksi 192 vrk valokäsittelyssä olleiden kalojen mätimunat poikkesivat pureskeltavuutensa ja kimmoisuutensa suhteen luonnonvalossa kasvanneiden kalojen mätimunista. Yllättävää oli että vuodenvaihteen yli jatkettua valokäsittelyssä ei havaittu tätä vaikutusta vaan 282 vrk valokäsittelyssä olleiden kalojen mätimunat eivät poikenneet merkittävästi minkään rakenneominaisuuden suhteen luonnonvalokalojen mädistä.

Mädin loppusyksyyn ajoittuvaa tuotantokautta ajatellen on merkillepantavaa, että lyhyellä valokäsittelyllä (98 vrk) mädin useita ominaisuuksia pystyttiin parantamaan tai ylläpitämään syksyllä (kasvu ja väriominaisuudet) ja/tai joulukuun lopussa (kasvu ja värisävy) tai jopa maaliskuussa (mätimunien rasvapitoisuus, kovuus) luonnonvalokalojen mätiin verrattuna.

4.3 Sukukypsien kalojen laatu- ja tuotanto-ominaisuuksien muutos martoihin kaloihin verrattuna

Sukukypsyys on merkittävä syy kalojen tuotelaadun heikkenemisessä kutuajan läheisyydessä. Kokeessa sukukypsyvien kalojen laatu- ja tuotanto-ominaisuuksia voitiin verrata martojen kalojen vastaaviin ominaisuuksiin, mikä mahdollisti juuri sukukypsyymiseen liittyvien ominaisuuksien muutoksien tarkastelun. Kokeen kaloista martoja oli lähes 40% ja niissä havaittiin vähäisiä valokäsittelyn aiheuttamia muutoksia lihaksen proteiinipitoisuudessa, Distellin rasvamittarilla mitatuissa rasvapitoisuuksissa ja lihaksen väriominaisuuksissa.

Sukukypsyymiseen liittyvä lihaksen värin vaaleneminen havaittiin luonnonvalokaloilla jo joulukuussa. Valokäsittelyllä tätä värimuutosta pystyttiin viivästyttämään maaliskuulle, jolloin kypsyyden, mutta valolla viivästettyjen kalojen lihas oli yhä yhtä tum-

maa kuin marroilla kaloilla. Myös lihan punaisuuden suhteen valokäsittelyllä voitiin hidastaa martojen ja sukukypsien kalojen välille maaliskuussa syntyviä eroja. Kutukypsyillä kaloilla tapahtuvat lihaksen värin muutokset voimistuivat toukokuulle mentäessä, eikä tuolloin enää edes valokäsittelyillä voitu vaikuttaa kutukypsien ja martojen kalojen välille syntyviin eroihin.

Sukukypsymiseen liitetään värimuutosten lisäksi lihaksen koostumuksen muutokset. Mädin tuottaminen alentaa lihaksen rasvapitoisuutta joulukuussa, mutta talven edetessä rasvapitoisuus laskee myös marroilla kaloilla siten ettei maaliskuussa eroja kalojen välillä enää ole. Lihaksen proteiinipitoisuus sen sijaan nousee marroilla kaloilla maaliskuussa ja tämä ero säilyi toukokuulle saakka. Pitkä valokäsittely nosti myös sukukypsien kalojen proteiinipitoisuutta siten, että eroa martoihin kaloihin ei ollut maaliskuussa havaittavissa.

Sukukypsyyden kehittymiseen liittyvä varasto- ja rakenneravinteiden siirtäminen kehittyvään mätin vaikuttaa kalojen kyljen paksuuteen. Marroilla kaloilla kyljen paksuus säilyy ja kasvaa kalan kasvaessa, mutta sukukypsillä kaloilla ravinto käytetään mädin kehittymiseen. Pitkällä valokäsittelyllä tätä kehitystä pystyttiin hidastamaan maaliskuussa. Sama havaittiin fileesaantoja tarkasteltaessa.

Kokeessa käytetyillä fileen kiinteyden mittareilla eroa martojen ja sukukypsien kalojen välille syntyi vain toukokuussa. Tällöin 6 kk valokäsittelyssä (192 vrk) kalat eivät poikenneet merkittävästi marroista kaloista, muutoin fileet olivat martoja kaloja kiinteämmät kutukypsillä kaloilla. Marroilla kaloilla veitsitestillä mitattu kiinteyden laski joulukuusta kevääseen.

4.4 Ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot

Mitatut lihaksen ominaisuudet kuvaavat kalan lihalaatua monipuolisesti ja kattavasti. Ominaisuudet riippuvat kuitenkin monin tavoin toisistaan ja sen vuoksi riippuvuussuhteiden yksinkertainen kuvaaminen ja tulkinta on haasteellista. Koska samoja kalayksilöitä ei voitu käyttää näytekaloina sekä aistinvaraisissa että instrumentaalisissa mittauksissa, tehtiin tarkastelut eri lihasominaisuuksien korrelaatioista erikseen. Rakenne sekä maun ja hajun tuoreus arvioitiin aistinvaraisesti hyväksi näytteissä, joissa virhemakuja havaittiin vähän eikä näillä ominaisuuksilla ollut selkeää yhteyttä GSI:hin. Toisaalta kaloilla, joiden GSI oli korkea ulkonäkö arvioitiin todennäköisesti huonoksi ja nesteen erottuminen vähäiseksi. GSI ei täten välttämättä suoraan vaikuta syötävän kalan laatuun, jos kala pääsee ruokapöytään saakka, mutta huono ulkonäkö karsinee kuitenkin tuotteen jo varhaisemmassa vaiheessa.

Väri vaikuttaa keskeisesti ulkonäön aistinvaraiseen arvioon. Samoin kuin ulkonäköarvio myös instrumentaalisesti mitatut väriominaisuudet korreloivat positiivisesti GSI:n kanssa. Jo tutkimuksen ensimmäisessä osakokeessa (Forsman ym., 2005) fileen värin havaittiin vaalenevan, värisävyn hieman kellertyvän ja värikylläisyyden lisääntyvän sukukypsymisen edetessä. Näiden värimuutosten voidaan tämän osakokeen perusteella arvioida osaltaan heikentävän aistittavaa laatua tuotteen ulkonäköön heijastuvien vaikutuksiensa vuoksi. Toisaalta GSI yksin ei selitä lihaksen rakenteen, kylkien paksuuden eikä fileen rasvapitoisuuden muutoksia, joskin GSI:n kasvaessa kyljen paksuus ja fileen rasvapitoisuus todennäköisesti alenevat. Vedensidontakyky korreloi heikosti toisten mitattujen ominaisuuksien kanssa, mikä tukee ajatusta vedensidontakyvystä käyttökelpoisena laatumittarina nimenomaan tuoreella, vastateurastetulla kalalla.

Mädin kohdalla instrumentaalisten mittausten tuloksia tarkasteltiin korrelaatioon perustuvien menetelmien yhdessä aistinvaraisen arvioinnin tuloksien kanssa. Siinä missä molemmilla menetelmillä havaittiin luonnonvalokalojen poikkeavan valokäsittelyryhmien kaloista, pystyttiin yhdistettyä aineistoa käyttämällä erottelemaan myös eri valokäsittelyryhmät selkeästi toisistaan. Kaksi lähestymistapaa (aistinvarainen ja instrumentaalinen) mittasivat toisiinsa korreloituneita ominaisuuksia pääasiassa omilla

akseleillaan. Kun esimerkiksi maun tuoreutta arvioidaan aistinvaraisesti, on tuloksella yhteys muun muassa rakenne-, virhemaku- ja ulkonäköarvioihin. Samoin mädin ja lihasen väri- ja koostumusominaisuuksien havaitaan korreloivan keskenään. Poikkeuksen tästä kuviosta muodostavat mädin valomäärä ja hajun tuoreus. Mädin valomäärään vaikuttaakin todennäköisesti muita instrumentaalisesti mitattuja ominaisuuksia enemmän mätimunän halkaisija. Vastaavasti hajun tuoreus lienee yhteydessä vaikkapa koostumukseen, koska korrelaatio muihin aistinvaraisesti mitattuihin ominaisuuksiin on heikohko. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että rakenneominaisuuksien suora rinnastaminen aistinvaraisesti ja instrumentaalisesti mitattuna ei ole järkevää.

5. Yhteenveto

Valo on lämpötilan ohella yksi keskeisistä lisääntymiskierron säätelijöistä kirjolohella. Siten sukukypsymisen ajoittumiseen ja nopeuteen voidaan vaikuttaa valo-olosuhteita manipuloimalla. Kaloilla, jotka ovat vitellogeneesivaiheessa ja siis tehneet kutukypsymispäätöksensä tulevan talven osalta voidaan kehitystä viivästyttää tehokkaasti jatkuvan valon avulla. Valokäsittelyn vaikutus on Suomen olosuhteissa suurimmillaan syksyllä ja alkutalvesta ja kalojen joulukuiset GSI-arvot ovat kääntäen verrannolliset kesäpäivän seisauksesta aloitettujen valokäsittelyiden pituuteen. Vuodenvaihteen yli jatketuissa valokäsittelyissä sen sijaan valon kutukypsymistä hidastava vaikutus heikkenee kalojen pyrkiessä kutukypsyyteen aiemmin tekemänsä päätöksen mukaisesti. Pitkät valokäsittelyt viivästyttävät kuitenkin lopullista kutuajankohtaa.

Kutukypsyyss, mutta myös valokäsittely sinänsä, vaikuttavat lihaksen ja mädin tuotanto- ja laatuominaisuuksiin (ks. myös Forsman ym., 2005 ja Airaksinen ym., 2005). Valokäsittelyillä sukukypsien kalojen ominaisuuksista fileesaantoa, kyljen paksuutta, lihaksen kiinteyttä, rasvapitoisuutta ja väriarvoja voidaan ohjata martojen kalojen suuntaan. Tuotelaatuominaisuudet säilyivät lähes martoja kaloja vastaavina valokäsittelyssä kasvaneilla sukukypsyillä kaloilla maaliskuulle saakka, kun luonnonvalossa kalojen välille syntyi havaittavia eroja jo joulukuussa. Valokäsittelyn jatkaminen vuodenvaihteen yli tehosti valokäsittelyvaikutusta edelleen vain lihaksen väriominaisuuksien osalta. Muuten joulukuuhun valokäsittelyä saaneet kalat säilyttivät kevättalvella tuottajalle edullisia lihaksen väri- sekä rakenneominaisuuksia kutukypsyyden lähestyessä samoin kuin pidemmän valokäsittelyn kalat. Tarkasteltaessa mädin tuotanto- ja laatuominaisuuksia vuodenvaihteen yli jatkettulla valokäsittelyllä voitiin viivästyttää mädin kehittymistä edelleen aina maaliskuulle saakka. Valon vaikutus mädin kehitykseen oli selkeästi tehokkainta syksyllä, jolloin jo syykuussa lopetettu valokäsittely sai aikaan jopa maaliskuulle ulottuvia vaikutuksia esimerkiksi mädin kovuudessa ja rasvapitoisuudessa.

Valokäsittelyt ehkäisivät kutukypsyyden mukanaan tuomaa lihaksen tuotelaadun heikkenemistä myös aistinvaraisesti mitattuna. Valokäsittelykalojen liha ja mäti arvioitiin vielä huhtikuun alussa luonnonvalossa kasvaneiden kalojen lihaa ja mätiä paremmaksi. Tulosten perusteella voidaan todeta kesäpäivän seisauksesta alkavan ja joulukuuhun päättyvän valokäsittelyn olevan tehokas tapa viivästyttää kalan sukukypsyyden kehittymistä ja siihen liittyvää kalan tuotanto- ja laatuominaisuuksien heikkenemistä. Edellä kuvatut valokäsittelyt vaikuttavat sukukypsyvällä kalalla aikavälillä, jolloin käytännön kalankasvatuksessa kalat todennäköisimmin teurastetaan.

Lähteet

Airaksinen, S., Aro, T., Norrdahl, O., Riihimäki, J., Ruohonen, K., Vaajala, M. (2005). Kalojen elävänä jäädyttäminen ja sen vaikutukset teuraslaatuun, Kala- ja riistaraportteja, nro 356.

Airaksinen, S., Forsman, A., Norrdahl, O., Riihimäki, J., Vaajala, M., Ruohonen, K. (2005). Styrning av regnbågslaxens könslekmognad genom ljus vid livsmedelsproduktionen. Fiskarposten 9-10: 5.

Alzola, C.F., Harrell, F.E. 2004. An introduction to S and the Hmisc and Design libraries (<http://biostat.mc.vanderbilt.edu/twiki/pub/Main/RS/sintro.pdf>).

Botta, J.R. (1991). Instrument for nondestructive texture measurement of raw Atlantic cod (*Gadus morhua*) filets. J. Food Sci. 56, 962-964.

Forsman, A., Airaksinen, S., Aro, T., Norrdahl, O., Riihimäki, J., Vaajala, M., Ruohonen, K. (2005). Kirjolohen kutukypsyiden säätö ruokakalatuotannossa (KutuSää), Kala- ja riistaraportteja, nro 344.

Johnston, I. A., Manthri, S., Bickerdike, R., Dingwall, A., Luijckx, R., Campbell, P., Nickell, D., Alderson, R. (2004). Growth performance, muscle structure and flesh quality in out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts reared under two different photoperiod regimes. Aquaculture 237, 281-300.

Morkore, T., Hansen, A. Å., Unander, E., Einen, O. (2002). Composition, liquid leakage, and mechanical properties of farmed Rainbow trout: Variation between fillet sections and the impact of ice and frozen storage. J. Food Sci. 67, 1933-1938.

Pinheiro, J.C., Bates, D.M. 2000. Mixed-effects models in S and S-plus. Springer, New York.

R Development Core Team 2005. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (<http://www.r-project.org>)

Liitteet

Liite 1. Rehuraision ruokintataulukko

Liite 2. Tutkimusselostus VTT – Kirjolohen aistinvarainen laatu raakana ja kypsennettynä

Liite 3. Tutkimusselostus VTT – Kirjolohen mädin aistittava laatu



Ruokintataulukko/syksy Utfodringstabell/höst

% painosta vrk¹

Etelä- ja Keski-Suomi 15.7. alkaen,
Pohjois-Suomi 1.8. alkaen,
Södra- och mellersta Finland f.o.m 15.7.,
norra Finland f.o.m 1.8.

Kalan paino g Fiskens storlek g	Lämpötila/Temperatur °C						
	8	10	12	14	16	18	20
20	2,4	2,9	3,4	3,8	3,8	2,0	1,3
30	2,2	2,6	3,1	3,6	3,6	2,0	1,3
40	1,9	2,4	2,7	3,2	3,2	1,9	1,3
50	1,7	2,1	2,4	2,7	2,7	1,9	1,3
60	1,4	1,7	2,2	2,6	2,6	1,5	1,2
80	1,3	1,5	2,0	2,2	2,2	1,5	1,2
100	1,2	1,4	2,0	2,2	2,2	1,5	1,2
120	1,2	1,4	2,0	2,2	2,2	1,5	1,2
150	1,1	1,4	1,9	2,2	2,1	1,5	1,2
180	1,0	1,4	1,9	2,2	2,1	1,5	1,2
210	1,0	1,4	1,9	2,1	2,1	1,5	1,2
250	0,9	1,3	1,9	2,0	2,1	1,5	1,1
300	0,9	1,4	1,8	2,1	2,0	1,5	0,9
350	0,8	1,4	1,7	2,1	2,0	1,5	0,9
400	0,9	1,4	1,6	2,0	2,0	1,5	0,8
450	0,9	1,2	1,6	1,9	1,9	1,4	0,8
500	0,9	1,2	1,6	1,9	1,8	1,3	0,8
550	0,8	1,2	1,5	1,9	1,8	1,2	0,8
600	0,8	1,3	1,5	1,8	1,7	1,0	0,8
650	0,8	1,2	1,5	1,8	1,7	1,0	0,8
700	0,8	1,2	1,3	1,6	1,5	0,9	0,8
750	0,8	1,2	1,2	1,5	1,4	0,9	0,7
800	0,8	1,2	1,2	1,4	1,3	0,9	0,7
850	0,8	1,2	1,2	1,4	1,3	0,9	0,7
900	0,7	0,9	1,2	1,3	1,2	0,8	0,7
1000	0,7	0,9	1,2	1,2	1,1	0,8	0,5
1200	0,7	0,9	1,2	1,2	1,1	0,8	0,5
1400	0,7	0,8	1,1	1,1	1,0	0,8	0,5
1600	0,6	0,7	1,0	1,1	1,0	0,6	0,4
2000	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,5	0,3
2500	0,5	0,6	0,8	0,8	0,7	0,5	0,2

Rehuraasio

Tiedustelut ja tilaukset: Rehuraasio Oy,
PL 101, 21201 Raisio,
puh. (02) 443 2111, telefax (02) 443 2360
www.rehuraasio.com

Tilaaaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Turun riistan- ja kalantutkimus
Itäinen Pitkäkatu 3
20520 TURKU

LIITE 2

Tilaus

Sähköposti 7.3.2005 / Susanna Airaksinen.

Näyte

Kolmen erilaisen valokäsittelyn saaneita kirjolohia (6 kpl/eri valokäsittely)
(taulukko 1). Tilaaja toimitti kirjolohet perattuina ja jätettynä tutkimus-
yksikköön 8.4.2005. Näytteiden joukkoon lisättiin jäitä ja ne säilytettiin
+2 °C:ssa tutkimushetkeen asti.

Taulukko 1. Valokäsittelyt ja kirjolohinäytteiden jako eri arviointikerroille.

Käsittely	1. arviointi (11.4.2005)	2. arviointi (12.4.2005)	3. arviointi (12.4.2005)
Luonnonvalo	kalat nro 1 ja 2	kalat nro 7 ja 8	kalat nro 9 ja 10
6 kk 24 h valoa	kalat nro 3 ja 4	kalat nro 11 ja 12	kalat nro 13 ja 14
9 kk 24 h valoa	kalat nro 5 ja 6	kalat nro 15 ja 16	kalat nro 17 ja 18

Tehtävä

Tutkia kalanäytteiden aistittava laatu raakana ja kypsennettynä.

Tutkimuksen suoritus

Aistinvaraista arviointia varten kirjolohet fileoitiin juuri ennen arviointihetkeä. Kaloja arvioitiin kolmella eri arviointikerralla siten, että jokaisella arviointikerralla mukana oli kaksi kalaa kustakin kolmesta käsittelystä.

Kalafileet arvioitiin ensin aistinvaraisesti raakana (ulkonäkö ja haju) (arviointiohje liitteenä 1A). Aistittava laatu tutkittiin soveltaen menetelmää VTT-4492-94 ja käyttäen laatuasteikkoa 0–5, missä 5 = erinomainen, 4 = hyvä, 3 = melko hyvä, 2 = melko huono, 1 = huono ja 0 = kelpaamaton. Arvioinnissa oli myös pisteiden ¼-osien käyttö sallittua. Raakojen kalafileiden värin määrittämisessä käytettiin Rochen väriasteikkoa.

Tämän jälkeen kalafileistä leikattiin mahdollisimman keskeltä viisi yhtä suurta palaa ja nämä (reilun 4 cm levyiset) fileepalat kypsennettiin alumiinifolioon käärittynä 7 minuuttia Metos-uunin vesihöyrytoiminnolla ilman suola- ja maustelisäyksiä. Uunin lämpötila on noin 99 °C. Näytteet esitettiin arvioijille folionyyteissä paperilautasilta, koodattuina ja satunnaistetussa esitys järjestyksessä. Kypsennetyistä kalapaloista arvioitiin ulkonäkö, haju, maku ja rakenne (arviointiohje liitteenä 1B) menetelmää VTT-4492-94 soveltaen asteikolla 0–5, missä 5 = erinomainen, 4 = hyvä, 3 = melko hyvä, 2 = melko huono, 1 = huono ja 0 = kelpaamaton. Arvioinnissa oli nyt myös pisteiden 1/10-osien käyttö sallittua. Mikäli kaksi tai useampi arvioijista antaa mausta pisteitä 1,5 tai sitä vähemmän, pidetään

VTT BIOTEKNIikka

Tietotie 2, Espoo
PL 1500, 02044 VTT

Puh. 020 722 111
Faksi 020 722 7071

etunimi.sukunimi@vtt.fi
www.vtt.fi
Y-tunnus 0244679-4

kyseistä näytettä ihmisravinnoksi kelpaamattomana. Arvioijilla oli lisäksi mahdollisuus sanallisesti kommentoida sekä raakojen että kypsennettyjen kalanäytteiden aistittavaa laatua.

Raakojen kalafileiden arviointeihin osallistui neljä ja kypsennettyjen kalapalojen arviointeihin osallistui kymmenen aisteiltaan testattua, harjaantunutta arvioijaa. Arvioinnit tehtiin erillisissä arviointitiloissa.

Tulokset käsiteltiin laskemalla raadin antamista pisteistä keskiarvot ja hajonnat eri arviointikertoina sekä keskiarvot ja keskihajonnat kaikista kolmesta arviointikerrasta. Valokäsittelyjen väliset erot aistittavissa ominaisuuksissa testattiin tilastollisesti SPSS-tilasto-ohjelmalla (versio 12.0, 2003) varianssianalyysillä.

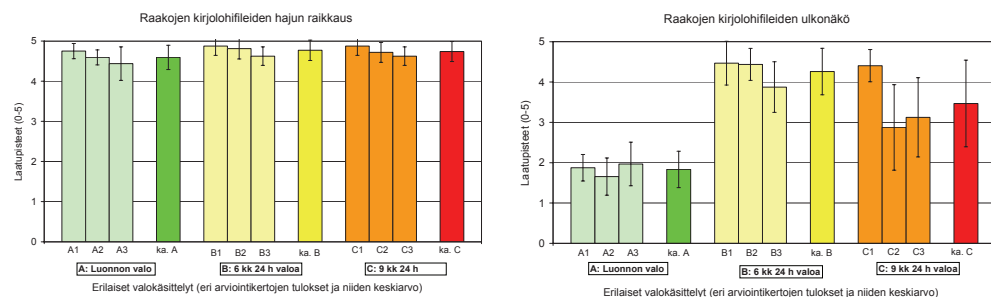
Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin 11.4. (1 arviointi) ja 12.4.2005 (2. ja 3. arviointi).

Tulokset

Raa'at kirjolohifileet

Raakojen kalafileiden hajun tuoreus- ja ulkonäköpisteet on esitetty kuvassa 1 ja liitteen 2 taulukoissa 3a–3c. Raakojen kirjolohifileiden väripisteet Rochen asteikolla mitattuna on esitetty taulukossa 2.

Kaikki raa'at kirjolohinäytteet arvioitiin hajultaan raikkaiksi ja hyväiksi. Luonnonvalossa pidettyjen kirjolohien fileet arvioitiin ulkonäöltään melko huonoiksi ja väritään Rochen asteikolla erittäin vaaleiksi (nro n. 22–23). Sen sijaan 6 kk 24 h:n valokäsittelyä saaneiden kirjolohien fileiden ulkonäköä pidettiin hyvänä ja väri arvioitiin punaisimmaksi (Rochen asteikolla nro 30). 9 kk 24 h:n valokäsittelyä saaneiden kirjolohien fileiden ulkonäkö arvioitiin melko hyväksi ja väri punertavaksi (Rochen asteikolla nro 26–27).



Kuva 1. Raakojen kirjolohifileiden hajun tuoreus ja ulkonäkö. Neljän arvioijan antamien pisteiden keskiarvot ja keskihajonnat käsittelyn mukaan eri arviointikerroilla sekä arviointikertojen keskiarvot.

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Taulukko 2. Raakojen kirjolohifileiden värien pisteet Rochen asteikolla mitattuna.

Käsittely:	Arviointikerta:			Keskiarvot eri arviointikertojen väripisteistä
	1. arviointi	2. arviointi	3. arviointi	
Luonnonvalo	21–23	20–23	22–25	22–23
6 kk 24 h valo	29–30	29–30	30–31	30
9 kk 24 h valo	26–27	26–27	26–28 ja 32–33*	26–27*

* Huom! Yhden kalan väri ollut huomattavasti tummempi punainen kuin viiden muun kalan.

Kypsennetyt kirjolohien fileepalat

Kypsennettyjen kirjolohien fileepalojen laatuominaisuuksien pisteiden keskiarvot on esitetty kuvassa 2 ja liitteen 2 taulukoissa 3a–3c.

Erityisen valokäsittelyn saaneiden kirjolohien kypsennettyjen fileepalojen hajun tuoreus ja ulkonäkö arvioitiin keskimäärin hyväksi, kun taas luonnonvalossa pidettyjen kirjolohien fileepalat arvioitiin laadultaan hieman huonommiksi hajun ja ulkonäön suhteen.

Kypsennetyistä kirjolohien fileepaloista erottui nesteitä melko runsaasti, mutta erot näytteiden välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Näytteiden rakenne arvioitiin hyväksi tai melko hyväksi. Erot valokäsittelyjen välillä olivat pieniä, mutta parhaimmat rakennepisteet sai 6 kk 24 h valoa saaneiden kirjolohien fileepalat ja vastaavasti heikoimmat pisteet luonnonvaloa saaneiden kirjolohien fileepalat.

6 kk 24 h valoa saaneiden kirjolohien fileepalojen maku arvioitiin tuoreeksi, 9 kk 24 h valoa saaneiden hieman edellistä näytettä huonommaksi, mutta kuitenkin lähes tuoreeksi. Huonoimmat pisteet maun tuoreudesta sai luonnonvalossa kasvatettu näyte, joka arvioitiin vähintään melko tuoreeksi.

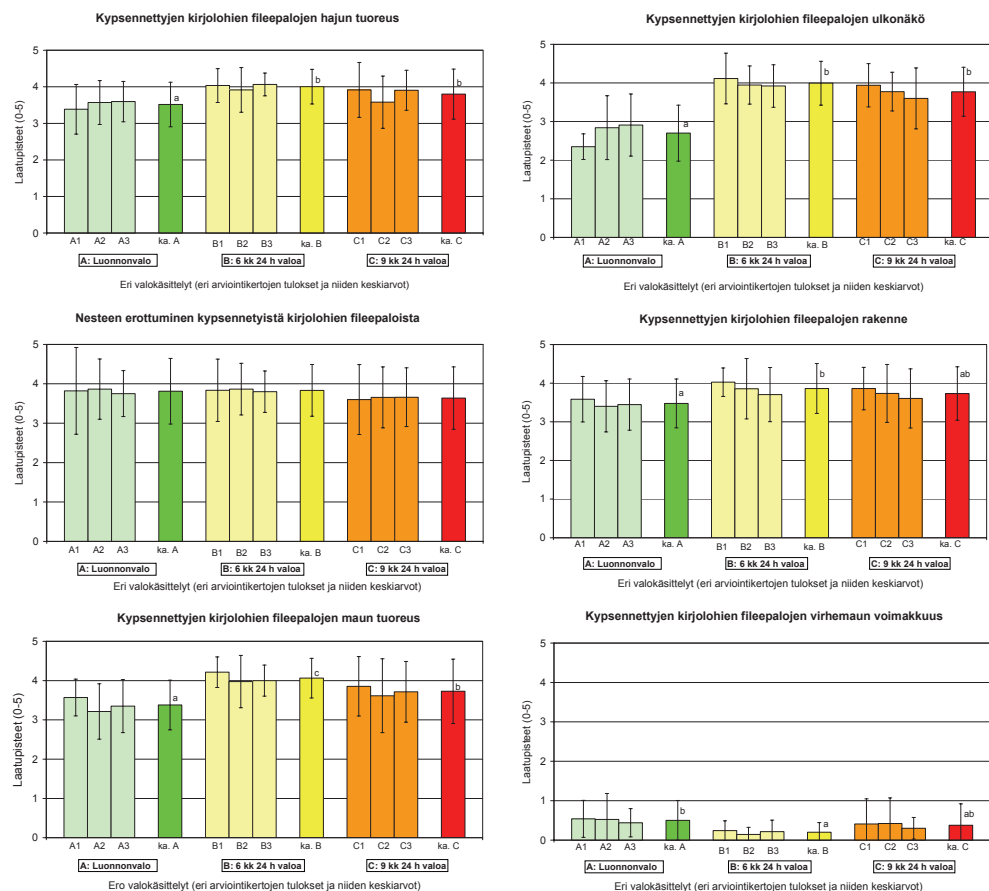
Luonnonvalossa kasvatettujen kirjolohien kypsennetyissä fileepaloissa havaittiin vain aavistuksen verran virhemakua, muissa näytteissä virhemakua havaittiin vielä vähemmän. Ero oli tilastollisesti merkitsevä suhteessa 6kk valoa saaneeseen näytteeseen.

Luonnonvalossa kasvatetut kirjolohet olivat laadultaan hieman huonompia kuin erityistä valokäsittelyä saaneet kalat.

Yhteenveto

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.



Kuva 2. Kypsennettyjen kirjolohien fileepalojen aistinvaraisesti arvioitujen laatuominaisuuksien keskiarvot eri arviointikerroilla sekä keskiarvot kolmesta eri arviointikerrasta. Kuvissa käytetyt lyhenteet: A, B ja C = eri valokäsittelyt, A1=1. arviointi, A2= 2. arviointi, A3= 3. arviointi, ka. A = kolmen eri arviointikerran tulosten keskiarvo, a, b, c,... = erilaiset pienet kirjaimet näytteiden keskiarvotulospylväiden kohdalla merkitsevät, että ko. laatuominaisuuden kohdalla näytteiden tulokset eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey:n testi, $p < 0,05$).

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Espoo, 14.6.2005

Ryhmäpäällikkö

Liisa Lähteenmäki

Tutkija

Anne Arvola

59/05

LIITTEET

Liite 1. Arviointiasteikot:

Liite 1A. Raakojen kirjolohifileiden arviointiasteikko

Liite 1B. Kypsennettyjen kirjolohien fileepalojen arviointiasteikko

Liite 2. Eri tavalla valokäsitteltyjen kirjolohien aistinvaraisten arviointien tulostaulukot

Liite 3. Tutkimusaineisto (toimitetaan erikseen sähköpostitse)

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Arvioitavat ominaisuudet - fileet raakoina (4 hengen raati)

HAJUN TUOREUS

- 5 **Erinomainen**, täysin virheetön, tuotteelle tyypillinen, tuore, raikas
- 4 Hyvä, tuore, raikas. Hajussa hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta laatuun.
- 3 Melko tuore haju tai heikko virrehaju. Tuotteessa on puutteita ja/tai pieniä virheitä.
- 2 Melko vanha, esim. eltaantunut haju tai selvä virrehaju. Tuotteessa on selvästi havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi)
- 1 Huono haju. Tuotteessa niin vakavia puutteita tai virheitä, että se ei ole käyttökelpoinen. Ei kuitenkaan pilaantunut
- 0 **Täysin kelpaamaton.** Tuote on täysin pilaantunut, ei kelpaa ihmisravinnoksi.

ULKONÄKÖ

- 5 **Erinomainen**, täysin virheetön, tuotteelle tyypillinen.
- 4 Hyvä. Tuotteessa hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta laatuun.
- 3 Melko hyvä. Tuotteessa on puutteita ja/tai pieniä virheitä.
- 2 Melko huono. Tuotteessa on selvästi havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi)
- 1 Huono. Tuotteessa niin vakavia puutteita tai virheitä, että se ei ole käyttökelpoinen.
- 0 **Täysin kelpaamaton.** Tuote ei kelpaa ihmisravinnoksi.

Arvioitavat ominaisuudet - palat kypsennettyinä (10 hengen raati)

HAJUN TUOREUS (0 - 5)

- 5 **Erinomainen**, täysin virheetön, tuotteelle tyypillinen, tuore, raikas
- 4 Hyvä, tuore, raikas. Hajussa hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta laatuun.
- 3 Melko tuore haju tai heikko virrehaju. Tuotteessa on puutteita ja/tai pieniä virheitä.
- 2 Melko vanha, esim. eltaantunut haju tai selvä virrehaju. Tuotteessa on selvästi havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi)
- 1 Huono. Tuotteessa niin vakavia puutteita tai virheitä, että se ei ole käyttökelpoinen. Ei kuitenkaan pilaantunut
- 0 **Täysin kelpaamaton.** Tuote on täysin pilaantunut, ei kelpaa ihmisravinnoksi.

ULKONÄKÖ (0 - 5)

- 5 **Erinomainen**, täysin virheetön, tuotteelle tyypillinen.
- 4 Hyvä. Tuotteessa hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta laatuun.
- 3 Melko hyvä. Tuotteessa on puutteita ja/tai pieniä virheitä.
- 2 Melko huono. Tuotteessa on selvästi havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi)
- 1 Huono. Tuotteessa niin vakavia puutteita tai virheitä, että se ei ole käyttökelpoinen.
- 0 **Täysin kelpaamaton.** Tuote ei kelpaa ihmisravinnoksi.

RAKENNE, NESTEN EROTTUMINEN (0 - 5)

- 5 Runsaasti erottunutta nestettä
- 0 Ei lainkaan

RAKENNE kokonaisarvio (0 - 5)

- 5 Erinomainen, mehukas, tuotteelle tyypillinen
- 4 Hyvä
- 3 Melko hyvä
- 2 Melko huono, sitkeä, kuiva, vetinen tai hajoava
- 1 Huono, kuiva, puumainen, vetinen tai liian pehmeä
- 0 Täysin kelpaamaton

MAUN TUOREUS (0 - 5)

- 5 **Erinomainen**, tuore, raikas. Täysin virheetön, tuotteelle tyypilliset positiiviset piirteet ilmenevät parhaalla mahdollisella tavalla. Puutteita tai virheitä ei havaittavissa.
- 4 Tuore, raikas. Tuotteessa on hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta ulkonäköön ja väriin.
- 3 Melko tuore, raikas. Maussa on puutteita ja/tai pientä virhemakua.
- 2 Melko huono. Melko vanha tai melko selvä virhemaku. Tuotteessa on selvästi havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi).
- 1 Huono. Tuotteessa on niin vakavia puutteita ja virheitä, että se ei ole käyttökelpoinen. Tuote ei kuitenkaan ole pilaantunut.
- 0 **Täysin kelpaamaton.** Tuote on täysin pilaantunut eikä kelpaa ihmisravinnoksi.

MAHDOLLISEN VIRHEMAUN VOIMAKKUUS (0 - 5)

- 5 Voimakas virhemaku
- 0 Ei lainkaan virhemakua

Taulukko 3a. Käsittely A:n eli luonnonvaloa saaneiden kirjolohien aistinvaraisen tutkimuksen tulokset. Keskiarvot ja keskihajonnat (suluissa).
Raadissa 4* tai 10** henkilöä. Asteikko 0–5, jossa raa’alle näytteelle sallittu käyttää 0,25-asteikkovälejä ja kypsennykselle näytteelle sallittu käyttää 0,1-asteikkovälejä. Kuvailut kahden tai useamman henkilön esittämiä.

Näytteet toimitettu tutkimusyksikköön 8.4.2005. Aistinvarainen arviointi 11–12.4.2005.										
Näytteet:	Raakana*		Kypsennettynä**					Kuvailut		
	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Nesteen erottuminen 0–5	Rakenne 0–5	Maun tuoreus 0–5	Mahd. virhemaun voimakkuus 0–5		
Käsittely A 1. arviointikerta	4,8 (±0,2)	1,9 (±0,3)	3,4 (±0,7)	2,4 (±0,3)	3,8 (±1,1)	3,6 (±0,6)	3,6 (±0,5)	0,5 (±0,5)	Raakana: haju mieto ja raikas, väri erittäin vaalea ja ulkonäkö pehmeän näköinen Kypsänä: väri erittäin vaalea ja rakenne kuivahko	
Käsittely A 2. arviointikerta	4,6 (±0,2)	1,7 (±0,5)	3,6 (±0,6)	2,8 (±0,8)	3,9 (±0,8)	3,4 (±0,7)	3,2 (±0,7)	0,5 (±0,7)	Raakana: hajuton, raikas haju, väri vaalea ja harmahtava Kypsänä: väri erittäin vaalea	
Käsittely A 3. arviointikerta	4,4 (±0,4)	2,0 (±0,5)	3,6 (±0,6)	2,9 (±0,8)	3,8 (±0,6)	3,5 (±0,7)	3,4 (±0,7)	0,4 (±0,4)	Raakana: haju mieto ja raikas, väri vaalea ja harmahtava Kypsänä: väri erittäin vaalea ja hajoava rakenne	
Keskiarvo käsittely A:n kirjolohien eri arviointikertojen tuloksista	4,6 (±0,3)	1,8 (±0,5)	3,5 (±0,6)	2,7 (±0,7)	3,8 (±0,8)	3,5 (±0,6)	3,4 (±0,6)	0,5 (±0,5)		

Taulukko 3b. Käsittely B:n eli 6 kk 24 h valoa saaneiden kirjolohien aistinvaraisen tutkimuksen tulokset. Keskiarvot ja

keskihajonnat (suluissa).

Raadissa 4* tai 10** henkilöä. Asteikko 0–5, jossa raak'alle näytteelle sallittu käyttää 0,25-asteikkovälejä ja kypsenntelylle näytteelle sallittu käyttää 0,1-asteikkovälejä.

Kuvailut kahden tai useamman henkilön esittämiä.

Näytteet toimitettu tutkimusyksikköön 8.4.2005. Aistinvarainen arviointi 11–12.4.2005.									
Näytteet: Käsittely B / arviointi	Raakana*		Kypsenntettynä**					Kuvailut	
	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Nesteen erottuminen 0–5	Rakenne 0–5	Maun tuoreus 0–5	Mahd. virhemaun voimakkuus 0–5	
Käsittely B 1. arviointikerta	4,9 (±0,2)	4,5 (±0,5)	4,0 (±0,5)	4,1 (±0,7)	3,8 (±0,8)	4,0 (±0,4)	4,2 (±0,4)	0,2 (±0,2)	<u>Raakana</u> : haju mieto ja raikas, väri hyvä punertava <u>Kypsenä</u> : väri ja maku hyvä, nestettä irronnut paljon
Käsittely B 2. arviointikerta	4,8 (±0,3)	4,4 (±0,4)	3,9 (±0,6)	3,9 (±0,5)	3,9 (±0,7)	3,9 (±0,8)	4,0 (±0,7)	0,1 (±0,2)	<u>Raakana</u> : hajuton, raikas haju, väri hyvä oranssi <u>Kypsenä</u> : väri hyvä ja rakenne lohkeava
Käsittely B 3. arviointikerta	4,6 (±0,2)	3,9 (±0,6)	4,1 (±0,3)	3,9 (±0,6)	3,8 (±0,5)	3,7 (±0,7)	4,0 (±0,4)	0,2 (±0,3)	<u>Raakana</u> : hajuton, väri hyvä <u>Kypsenä</u> : väri hyvä
Keskiarvo käsittely B:n kirjolohien eri arviointi- kertojen tuloksista	4,8 (±0,3)	4,3 (±0,6)	4,0 (±0,5)	4,0 (±0,6)	3,8 (±0,7)	3,9 (±0,7)	4,1 (±0,5)	0,2 (±0,2)	

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Taulukko 3c. Käsittely C:n eli 9 kk 24 h valoa saaneiden kirjolohien aistinvaraisen tutkimuksen tulokset. Keskiarvot ja

keskihajonnat (suluissa).

Raadissa 4* tai 10** henkilöä. Asteikko 0–5, jossa raa'alle näytteelle sallittu käyttää 0,25-asteikkovälejä ja kypsenmetylle näytteelle sallittu käyttää 0,1-asteikkovälejä.

Kuvailut kahden tai useamman henkilön esittämiä.

Näytteet toimitettu tutkimusyksikköön 8.4.2005. Aistinvarainen arviointi 11–12.4.2005.									
Näytteet: Käsittely C / arviointi	Raakana*		Kypsenmetynä**					Kuvailut	
	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Nesteen erottuminen 0–5	Rakenne 0–5	Maun tuoreus 0–5	Mahd. virhemaun voimakkuus 0–5	
Käsittely C 1. arviointikerta	4,9 (±0,2)	4,4 (±0,4)	3,9 (±0,8)	3,9 (±0,6)	3,6 (±0,9)	3,9 (±0,6)	3,9 (±0,8)	0,4 (±0,6)	<u>Raakana:</u> haju mieto ja raikas, väri hyvä <u>Kypsenä:</u> väri hyvä
Käsittely C 2. arviointikerta	4,7 (±0,3)	2,9 (±1,1)	3,6 (±0,7)	3,8 (±0,5)	3,7 (±0,8)	3,7 (±0,8)	3,6 (±0,9)	0,4 (±0,7)	<u>Raakana:</u> hajuton, raikas haju, väri samea oranssi <u>Kypsenä:</u> väri hyvä ja rakenne lohkeava
Käsittely C 3. arviointikerta	4,6 (±0,2)	3,1 (±1,0)	3,9 (±0,6)	3,6 (±0,8)	3,7 (±0,8)	3,6 (±0,8)	3,7 (±0,8)	0,3 (±0,3)	<u>Raakana:</u> hajuton, raikas haju, väri hyvä (kala nro 17), väri vaalea ja ulkonäkö pehmeä (kala nro 18) <u>Kypsenä:</u> väri hyvä (kala nro 17), väri vaalea (kala nro 18)
Keskiarvo käsittely C:n kirjolohien eri arviointi- kertojen tuloksista	4,7 (±0,3)	3,5 (±1,1)	3,8 (±0,7)	3,8 (±0,6)	3,6 (±0,8)	3,7 (±0,7)	3,7 (±0,8)	0,4 (±0,5)	

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

LIITE 3

Tilaaaja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Turun riistan- ja kalantutkimus
Itäinen Pitkätatu 3
20520 TURKU

Tilaus Sähköposti 7.3.2005 / Susanna Airaksinen.

Näyte Kolmen erilaisen valokäsittelyn saaneiden kirjolohien mädit (3 kalan mäti/valokäsittely) (taulukko 1). Tilaaaja toimitti mädit pakastettuina ja muovipurkkeihin pakattuna tutkimusyksikköön 8.4.2005. Näytteet säilytettiin pakastimessa arviointihetkeä edeltävään päivään n. klo 12 asti, jonka jälkeen mätinäytteet säilytettiin kylmiössä (6 °C) arviointihetkeen asti.

Taulukko 1. Kirjolohien erilaiset valokäsittelyt, numeroitujen mätinäytteiden jaottelu ja mätien arviointiajankohdat.

Käsittely	Arvioinnit:		
	1. arviointi (13.4.2005)	2. arviointi (13.4.2005)	3. arviointi (14.4.2005)
A: Luonnonvalo	mäti 2 (pienikokoisinta)	mäti 1 (keskikokoista)	mäti 3 (suurikokoisinta)
B: 6 kk 24 h valoa	mäti 8 (pienikokoisinta)	mäti 7 (keskikokoista)	mäti 9 (suurikokoisinta)
C: 9 kk 24 h valoa	mäti 4 (pienikokoisinta)	mäti 5 (keskikokoista)	mäti 6 (suurikokoisinta)

Tehtävä Tutkia erilaisen valokäsittelyn saaneiden kirjolohien mätien aistittava laatu.

Tutkimuksen suoritus

Mädeistä arvioitiin aistinvaraisesti hajun tuoreus, ulkonäkö, mätipallojen kimmoisuus, nesteen erottuminen, rakenne, maun tuoreus ja mahdollisen virhemaun voimakkuus (arviointiohje liitteessä 1). Aistittava laatu tutkittiin menetelmän VTT-4492-94 mukaan käyttäen laatuasteikkoa 0–5, missä 5 = erinomainen, 4 = hyvä, 3 = melko hyvä, 2 = melko huono, 1 = huono ja 0 = kelpaamaton. Arvioinneissa oli pisteiden 1/10-osien käyttö sallittua. Arviointeihin osallistui kymmenen aisteiltaan testattua, harjaantunutta arvioijaa. Mikäli kaksi tai useampi arvioijista antaa mausta pisteitä 1,5 tai sitä vähemmän, pidetään kyseistä näytettä ihmisravinnoksi kelpaamattomana. Arvioijilla oli lisäksi mahdollisuus sanallisesti kommentoida näytteiden aistittavaa laatua.

Mätinäytteet tarjottiin arvioijille kannellisista 50 ml muovipurkeista koodattuina ja satunnaistetussa esitysjärjestyksessä. Arvioijilla oli suunhuuhtelua varten lämmintä vettä, tuoreita kurkkuviipaleita ja vaalea paahtoleipää. Arvioinnit tehtiin erillisissä arviointitiloissa.

Tulosten käsittelyssä arviointiraadin antamista pisteistä laskettiin keskiarvot ja hajonnat eri arviointikertoina sekä keskiarvot ja keskihajonnat kaikista kolmesta arviointikerrasta. Erilaisen valokäsittelyn

saaneiden kirjolohien mätien väliset erot testattiin tilastollisesti SPSS-tilasto-ohjelmalla (versio 12.0, 2003) varianssianalyysillä.

Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin 13.4. (2 arviointia) ja 14.4.2005 (1 arviointi).

Tulokset

Aistittavien ominaisuuksien keskiarvot ja -hajonnat on esitetty kuvassa 1 ja liitteen 2 taulukoissa 2a–2c.

Kaikkien mätinäytteiden ulkonäkö todettiin hyväksi, haju tuoreeksi ja maku melko tuoreeksi. Virhemakuja havaittiin erittäin vähän. Hajun ja maun tuoreudessa, tai virhemaussa ei ollut merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä.

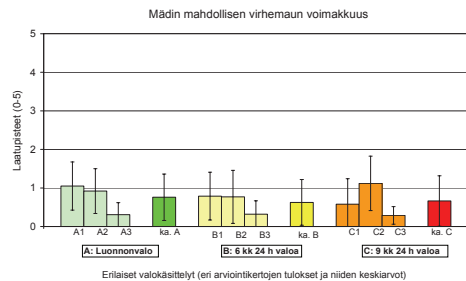
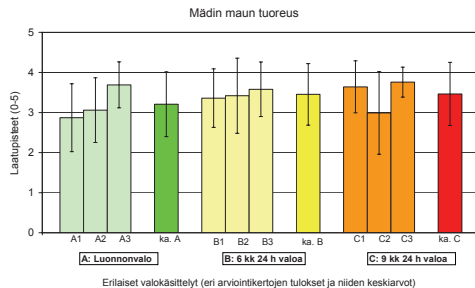
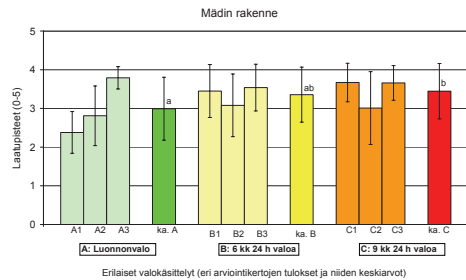
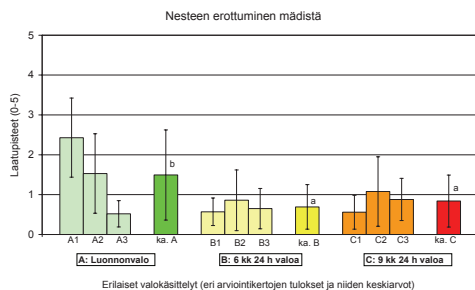
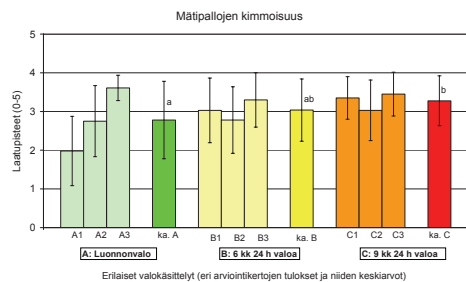
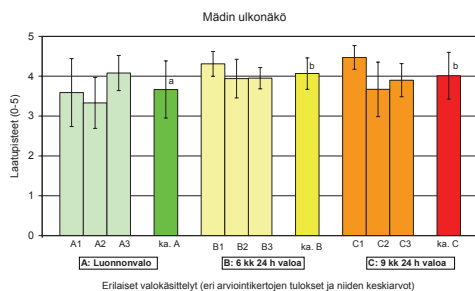
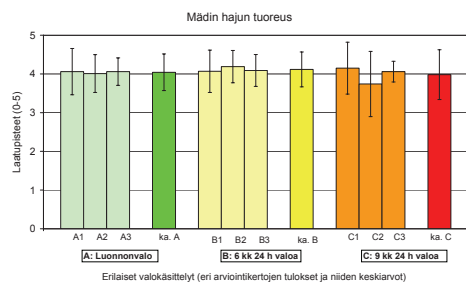
Sen sijaan ulkonäkö, mätipallosten kimmoisuus, erottuneen nesteen määrä sekä mädin rakenteen kokonaisarviot erosivat käsittelyjen välillä, mutta erot riippuivat arviointikerrasta (tai mätipallosten koosta).

Tarkasteltaessa kaikkien arviointikertojen keskiarvojen eroja eri näytteiden välillä valokäsittelyjen (6 kk 24 h ja 9 kk 24 h) kirjolohien mätien ulkonäkö oli tilastollisesti merkitsevästi hieman parempi kuin luonnonvaloa saaneiden kirjolohien mäti. Erityisesti 9 kk valoa saaneiden kirjolohien mäti arvioitiin kaikilta rakenneominaisuuksiltaan merkitsevästi paremmaksi kuin luonnonvalossa kasvaneiden kirjolohien mädit.

On kuitenkin huomioitava, että tarkasteltaessa eroja erikseen kullakin arviointikerralla, erot olivat merkitseviä vain ensimmäisellä arviointikerralla, eli arvioitaessa kaikkein pienikokoisinta mätia. Keskikokoisen tai suuren mädin arvioinneissa käsittelyjen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Yhteenveto

Luonnonvalossa kasvatettujen kirjolohien pieni (ensimmäisellä arviointikerralla arvioitu) mäti oli rakenteeltaan vähän huonompaa kuin valokäsittelyjen kirjolohien mädit, mutta suurikokoisen eikä keskikokoisen mädin kohdalla eroa ei havaittu



Kuvissa käytetyt lyhenteet:

A, B ja C = eri valokäsittelyt

A1=1. arviointi, A2= 2. arviointi, A3= 3. arviointi, ..

ka. = kolmen eri arviointikerran tulosten keskiarvo

a, b, c,... =erilaiset pienet kirjaimet keskiarvotulos-pylväiden kohdalla merkitsevät, että ko. laatuominaisuuden kohdalla näytteiden tulokset eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

Kuva 1. Eri valokäsittelyjen kirjolohien mätien aistinvaraisesti arvioitujen laatuominaisuuksien keskiarvot eri arviointikerroilla sekä keskiarvotulokset kolmesta arviointikerrasta.

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Espoo, 14.6.2005

Ryhmäpäällikkö

Liisa Lähteenmäki

Tutkija

Anne Arvola

60/05

LIITTEET

Liite 1. Mätien arviointiasteikko

Liite 2. Eri tavalla valokäsittelyjen kirjolohien mätien aistinvaraisten arviointien tulostaulukot

Liite 3. Tutkimusaineisto (toimitetaan erikseen sähköpostitse)

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Arvioitavat ominaisuudet (10 hengen raati)

HAJUN TUOREUS

5	Erinomainen , täysin virheetön, tuotteelle tyypillinen, tuore, raikas
4	Hyvä, tuore, raikas. Hajussa hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta laatuun.
3	Melko tuore haju tai heikko virrehaju. Tuotteessa on puutteita ja/tai pieniä virheitä.
2	Melko vanha, esim. eltaantunut haju tai selvä virrehaju. Tuotteessa on <u>selvästi</u> havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi).
1	Huono. Tuotteessa niin vakavia puutteita tai virheitä, että se <u>ei ole käyttökelpoinen</u> . Ei kuitenkaan pilaantunut.
0	Täysin kelpaamaton . Tuote on täysin pilaantunut, ei kelpaa ihmisravinnoksi.

ULKONÄKÖ

5	Erinomainen , täysin virheetön, tuotteelle tyypillinen. (Mätipalloset ehjiä ja kirkkaita)
4	Hyvä. Tuotteessa hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta laatuun.
3	Melko hyvä. Tuotteessa on puutteita ja/tai pieniä virheitä.
2	Melko huono. Tuotteessa on <u>selvästi</u> havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi).
1	Huono. Tuotteessa niin vakavia puutteita tai virheitä, että se ei ole käyttökelpoinen.
0	Täysin kelpaamaton . Tuote ei kelpaa ihmisravinnoksi.

RAKENNE, MÄTIPALLOSTEN KIMMOISUUS (0 - 5)

5	Erittäin kimmoisia
4	
3	
2	
1	
0	Ei lainkaan kimmoisia (helposti suussa hajoavia)

RAKENNE, NESTEN EROTTUMINEN (0 - 5)

5	Runsasti erottunutta nestettä
4	
3	
2	
1	
0	Ei lainkaan

RAKENNE kokonaisarvio

5	Erinomainen, tuotteelle tyypillinen. Mätipalloset ehjiä ja kimmoisia
4	Hyvä
3	Melko hyvä
2	Melko huono
1	Huono
0	Täysin kelpaamaton

Jatkuu...

Jatkuu...

Arvioitavat ominaisuudet (10 hengen raati)

MAUN TUOREUS

5	Erinomainen , tuore, raikas. Täysin virheetön, tuotteelle tyypilliset positiiviset piirteet ilmenevät parhaalla mahdollisella tavalla. Puutteita tai virheitä ei havaittavissa.
4	Tuore, raikas. Tuotteessa on hyvin pieniä puutteita, mutta ne eivät sanottavasti vaikuta ulkonäköön ja väriin.
3	Melko tuore, raikas. Maussa on puutteita ja/tai pientä virhemakua.
2	Melko huono. Melko vanha tai melko selvä virhemaku. Tuotteessa on <u>selvästi</u> havaittavia puutteita ja/tai selvästi havaittavia virheitä (se on kuitenkin kelvollinen syötäväksi).
1	Huono. Tuotteessa on niin vakavia puutteita ja virheitä, että se <u>ei ole käyttökelpoinen</u> . Tuote ei kuitenkaan ole pilaantunut.
0	Täysin kelpaamaton . Tuote on täysin pilaantunut eikä kelpaa ihmisravinnoksi.

MAHDOLLISEN VIRHEMAUN VOIMAKKUUS (0 - 5)

5	Voimakas virhemaku
4	
3	
2	
1	
0	Ei lainkaan virhemakua

Taulukko 2a. Eri valokäsiteltyjen kirjolohien mätien aistinvaraisen tutkimuksen tulokset. Keskiarvot ja keskihajonnat (suluissa). Raadissa 10 henkilöä. Asteikko 0–5, jossa sallittu käyttää 0,1-asteikkovälejä. Kuvailut kahden tai useamman henkilön esittämiä.

Näytteet toimitettu tutkimusyksikköön 8.4.2005. Aistinvaraiset arvioinnit 13–14.4.2005.									
Näytteet:	Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Mätipallojen kimmoisuus 0–5	Nesteen erottuminen 0–5	Rakenne 0–5	Maun tuoreus 0–5	Mahdollisen virhemaun voimakkuus 0–5	Kuvailut	
Käsittely A 1. arviointikerta	4,1 (0,6)	3,6 (0,9)	2,0 (0,9)	2,4 (1,0)	2,4 (0,5)	2,9 (0,9)	1,1 (0,6)	Hajuton, nestettä erottunut, rakenne pehmeä ja helposti hajoava	
Käsittely A 2. arviointikerta	4,0 (0,5)	3,3 (0,6)	2,8 (0,9)	1,5 (1,0)	2,8 (0,8)	3,1 (0,8)	0,9 (0,6)	Nestettä erottunut	
Käsittely A 3. arviointikerta	4,1 (0,4)	4,1 (0,4)	3,6 (0,3)	0,5 (0,3)	3,8 (0,3)	3,7 (0,6)	0,3 (0,3)	Mätipallot ehjiä	
Käsittely A Keskiarvo arviointikerroista	4,0 (0,5)	3,7 (0,7)	2,8 (1,0)	1,5 (1,1)	3,0 (0,8)	3,2 (0,8)	0,8 (0,6)		

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Taulukko 2b. Eri valokäsiteltyjen kirjolohien mätien aistinvaraisen tutkimuksen tulokset. Keskiarvot ja keskihajonnat (suluissa). Raadissa 10 henkilöä. Asteikko 0–5, jossa sallittu käyttää 0,1-asteikkovälejä. Kuvailut kahden tai useamman henkilön esittämiä.

Näytteet toimitettu tutkimusyksikköön 8.4.2005. Aistinvaraiset arvioinnit 13–14.4.2005.									
Näytteet:									
Käsittely / arviointikerta		Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Mätipallojen kimmoisuus 0–5	Nesteen erottuminen 0–5	Rakenne 0–5	Maun tuoreus 0–5	Mahdollisen virhemaun voimakkuus 0–5	Kuvailut
Käsittely B 1. arviointikerta		4,1 (0,6)	4,3 (0,3)	3,0 (0,8)	0,6 (0,4)	3,5 (0,7)	3,4 (0,7)	0,8 (0,6)	Mätipallot ehjiä
Käsittely B 2. arviointikerta		4,2 (0,4)	3,9 (0,5)	2,8 (0,9)	0,9 (0,8)	3,1 (0,8)	3,4 (0,9)	0,8 (0,7)	Irronnut nestettä
Käsittely B 3. arviointikerta		4,1 (0,4)	4,0 (0,3)	3,3 (0,7)	0,7 (0,5)	3,5 (0,6)	3,6 (0,7)	0,3 (0,4)	Väri kirkas
Käsittely B Keskiarvo arviointikerroista		4,1 (0,5)	4,1 (0,4)	3,0 (0,8)	0,7 (0,6)	3,4 (0,7)	3,5 (0,8)	0,6 (0,6)	

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Taulukko 2c. Eri valokäsittelyjen kirjolojen mätien aistinvaraisen tutkimuksen tulokset. Keskiarvot ja keskihajonnat (suluissa). Raadissa 10 henkilöä. Asteikko 0–5, jossa sallittu käyttöä 0,1-asteikkovälejä. Kuvailut kahden tai useamman henkilön esittämiä.

Näytteet toimitettu tutkimusyksikköön 8.4.2005. Aistinvaraiset arvioinnit 13–14.4.2005.									
Näytteet:		Hajun tuoreus 0–5	Ulkonäkö 0–5	Mätipallojen kimmoisuus 0–5	Nesteen erottuminen 0–5	Rakenne 0–5	Maun tuoreus 0–5	Mahdollisen virhemaun voimakkuus 0–5	Kuvailut
Käsittely C 1. arviointikerta		4,2 (0,7)	4,5 (0,3)	3,4 (0,6)	0,6 (0,4)	3,7 (0,5)	3,6 (0,7)	0,6 (0,7)	Mätipallot ehjiä
Käsittely C 2. arviointikerta		3,7 (0,8)	3,7 (0,7)	3,0 (0,8)	1,1 (0,9)	3,0 (0,9)	3,0 (1,0)	1,1 (0,7)	Haju vanha ja erottunut ruskeaa nestettä
Käsittely C 3. arviointikerta		4,1 (0,3)	3,9 (0,4)	3,5 (0,6)	0,9 (0,5)	3,7 (0,5)	3,8 (0,4)	0,3 (0,2)	Ulkonäkö hyvä
Käsittely C Keskiarvo arviointikerroista		4,0 (0,6)	4,0 (0,6)	3,3 (0,7)	0,8 (0,7)	3,4 (0,7)	3,5 (0,8)	0,7 (0,7)	

Tulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.