

## PIGMENTERING AV LAKSE-OG ØRRETKJØTT

Innledning

Rød kjøttfarge er et av kvalitetskriteriene på norskprodusert laks og regnbueørret. At forbrukerne ønsker laksefisk med rødfarget kjøtt, er ikke av ny dato, og dette kravet synes å deles av andre lands konsumenter. Så tidlige som i 1916 skrev nemlig Prince: "The great markets of the world do not prefer a pale red salmon, but demand the brilliant deep red, almost vermillion, of the sockeye salmon's flesh ---". Det var på denne tid også brakt i erfaring at laksefiskenes farge kunne variere betydelig, og det ble diskutert hva grunnen til denne variasjonen kunne være. Det ble framsatt flere teorier om hvilke faktorer som påvirket den karakteristiske rødfargen hos laks og ørret. En vanlig oppfatning var at fóret var avgjørende for fargen, og det ble funnet at den substansen, som gav rødfarge til reker og andre krepsdyr, var kjemisk identisk med den som farget muskulaturen hos laksefisk. Ifølge Bailey (1937) rapporterte Newbigan i 1898 at substansen var et fettløselig pigment (lipokrom).

Prince (1916) kunne ikke si seg enig i at rødfargingen bare skyltes fóret. Han viste til at fiskearter som t.d. sild, torsk, hyse og makrell forble hvite i kjøttet selv om krepsdyr inngikk som hovedingrediens i fóret. Selv mente han at ulik rødfarge skyltes arvelig variasjon mellom laksefiskene, og han satte fram en hypotese om at fargen på rognen ble overført til yngelens kjøtt. En yngel som på denne måten fikk overført mye fargesubstans, skulle således ha den beste forutsetning for å bli rødfarget i muskulaturen da den ble slaktemoden.

Euler, Hellstrøm & Malmberg (1933) ekstraherte et carotenoid fra kjøttet hos laks som de kalte "laksesyre", og som de mente gav

laksen dens røde farge. Laksesyren ble senere ved klarlegging av absorpsjonspektra og kjemiske egenskaper funnet å være identisk med carotenoidet astacin (Steven, 1948), et pigment som av Sørensen & Stene (1938) ble påvist å være et kunstig oksydasjonsprodukt av carotenoidet astaxanthin. De fant astaxanthin i muskulaturen hos sjø- og ferskvannsrørret, og Steven (1948) som påviste samme pigment i røyekjøtt, uttaler at det tydeligvis er et vanlig trekk, om ikke en karakteristikk, av fiskene tilhørende laksefamilien at de har dette carotenoidet lagret i muskulaturen. Det er senere understreket av bl.a. Lambertsen & Brækkan (1971) at den røde til orange-røde fargen i huden og muskulaturen til mange laksefisker inneholder astaxanthin og dens estere, og Kanemitsu & Aoe (1958) fant astaxanthin å være det eneste forekommende carotenoid i kjøttet til de vanligste artene av stillehavslaks.

#### Faktorer som påvirker pigmenteringen i kjøttet.

Det er mange faktorer som kan påvirke produktenes pigmentering hos de ulike dyre-, fugle- og fiskearter. Dette er grundig undersøkt hos fjørfe, og Brubacher (1971) oppgir at hos disse vil fôrets vit. E innhold og visse antioksydanter samt fôrets fettmengde forbedre eggeplommens pigmentavleiring, mens prooksydanter som enkelte mikro-mineraler, umettede fettsyrer, visse animalske proteinkilder, høyt innhold av vit. A i fôret, stressituasjoner, enkelte sykdommer og høg temperatur er faktorer som hindrer utviklingen av en fullgod plomme-farge. Brubacher (1971) mener det er mye de samme faktorer som innvirker på pigmenteringen i kroppsvevet hos broiler.

Det er også arbeidet en del med å få klarlagt hvilke faktorer som er avgjørende for fargeintensiteten i de ulike kroppsvev hos fisk, og Tunison et al. (1943) deler disse faktorene i to grupper : indre faktorer og ytre faktorer. Til de indre faktorer hører som Prince (1916) var inne på, den arvelige innvirkning på pigmenteringsgraden, og at det er forskjeller både innen og mellom ulike arter av laksefamilien m.h.t. å avleire pigmenter i muskulaturen, er det vel ingen tvil om. Prince (1916) pekte på at en i samme vann, og til og med i samme fiskestim, kunne finne rørret eller laks med varierende pigmentering.

En slik variasjon innen samme art har også vært observert i pigmenteringsforsøk.

Andre indre faktorer som påvirker pigmenteringen, er fiskens størrelse og kjønnsmodning. Ifølge Deufel (1965) fant Keitz (1965) at ørretyngel manglet evnen til å lagre carotenoider i muskelvevet, og pågående undersøkelser ved Vitaminlaboratoriet, Fiskeridirektoratet (1974) indikerer at regnbueørret først ved en størrelse på ca. 100 g mer effektivt kan avleire tilførte pigmenter. Deufel (1965) mener i sine forsøk å ha påvist en positiv korrelasjon mellom fiskevekt og kjøttets fargeintensitet, og at dette ikke bare skyldes at den største fisken hadde spist mer carotenoider. Kanemitsu & Amon (1958) kunne imidlertid ikke påvise noen sammenheng mellom fiskens størrelse og astaxanthininnhold hos de vanligste artene av stillehavslaks. De kunne hos disse artene heller ikke finne noen sammenheng mellom fiskens kjønnsutvikling og astaxanthininnhold i muskulaturen. Men at kjønnsmodningen kan innvirke på fiskekjøttets pigmentinnhold har nok mange oppdrettere av laks og regnbueørret fått erfare. En del av de røde carotenoidene i muskulaturen hos hunnfisk synes å bli overført til ovariene under kjønnsmodningen, mens tilsvarende overføring til skinnet er mulig hos hannfisk. Deufel (1968) mener imidlertid også å ha funnet carotenoider i melken hos regnbueørret.

Grunnen til at det overføres carotenoider fra muskulaturen til ovariene og den eventuelle misjon disse har for befruktning og embryoutvikling er heller uklar. Prince (1916) hevder at "den fargete substansen" i fiskeeggene er uessensiell, da den ikke brukes opp slik som det øvrige egginnholdet. Steven (1949) støtter påstanden om at carotenoidene ikke er nødvendige for normal embryonisk utvikling. Han mener at carotenoidene fra morfiskens muskulatur via egget blir deponert i kromatoforer (fargeceller) i yngelens hud, og som støtte for sin mening kunne han i yngelen finne igjen 90% av carotenoidene som var i egget.

Hartman & Meden (1947) mener imidlertid fra sine studier av regnbueørret at astaxanthin sammenbundet med protein forekommer som et gynogamon - I-kompleks. De hevder at dette komplekset har hormonell

effekt og er viktig ved eggens befruktning, da det har kjemostatisk virkning på spermene og øker deres bevegelighet, samtidig som befruktningshindrende stoffer blir inaktivert. Goodwin (1952) anser det også for sannsynlig at pigmentene i egget er metabolisk aktive, da de forekommer i fri form. Han foreslår dette ut fra det faktum at den funksjonelle form av vitamin A, som er nær beslektet med carotenoidene, sannsynligvis er det frie vitamin, mens det i inaktivert form blir lagret som ester.

At carotenoidene innvirker på befruktningen er funnet av Deufel (1965). Ved å tilføre det syntetiske carotenoid cantaxanthin til regnbueørret, fant han at bare 0,1% av eggene til disse forble ubefruktet, mens resultatet i kontrollgruppene var 4,1%. Erfaring fra praksis tyder på at også klekkeprosenten er høyere for egg med et høyt pigmentinnhold. En skal ikke se bort fra at dette skyldes pigmentenes beskyttelse av embryo mot skadelige lysbølger, et forhold Griffiths et al. (1955) mener å ha demonstrert.

Av ytre faktorer som kan tenkes å påvirke pigmenteringen, er det noe usikkert om temperatur, pH, saltholdighet, vannets  $O_2$  innhold o.l. har noen særlig effekt. Ikke desto mindre er det påvist, og nå alment akseptert, at det er en av de ytre faktorene, nemlig fóret, som er den enkeltfaktoren som spiller størst rolle for laksefiskenes kjøttfarge.

### Pigmenteringskilder

Sjøfanget fisk av laksefamilien er som oftest rød i kjøttet, da de har tilgang på krepsdyr som inneholder astaxanthin. Oppdrettsfisk har svært begrenset tilgang på naturlig føde, og deres pigmenteringsgrad blir derfor avhengig av hvilke fargegivende fórmidler maten inneholder. Da fisken har liten evne til å omdanne de carotenoider den får tildelt, må fóret inneholde et pigment som avleires i muskulaturen og gir en tilfredsstillende farge på det tidspunkt fisken skal slaktes.

Som pigmenteringskilder er det flere som er aktuelle. Rekeavfall har lenge vært mest enerådende som pigmentkilde innen damfisknæringen, og det er fortsatt et meget viktig hjelpemiddel for å gi fisken rødt kjøtt.

Rekefangsten fra år til år er ganske stabil og utgjør fra 10-12 000 tonn (Fiskets Gang, 1973).  $1/3-1/4$  av rekene blir eksportert, og avfallet fra disse går således helt tapt for fiskeoppdretterne, noe som også er tilfelle for de rekene som blir omsatt hele på det innenlandske marked. Av det resterende blir det ved håndpilling 680 kg rekeskall pr. 1 000 kg reker (Braaten, 1974), men en del av dette kan ikke benyttes ut fra kvalitetsmessige grunner. M.h.t. framtiden vil maskinpilling av rekene bli mer og mer aktuelt, noe som bare gir halvparten så mye rekeskall som ved håndpilling (1 000 kg maskinpillet reke gir ifølge Braaten (1974) 350 kg rekeskall), og da en regner med en betydelig økning i damfiskproduksjonen, er det etter dette klart at en må satse på å skaffe andre fórmidler som kan gi oppdrettsfisken den ønskede rødfargen.

Det er derfor en stigende interesse for bruk også av andre krepssdyr i fóringen, særlig av krill og raudåte. Krillen, også kalt lyskreps, er fra 10 - 60 mm lang, mens raudåten bare måler 3-4 mm (Wiborg, 1960, Wiborg & Bjørke, 1968). Krill er det særlig mye av i Antarktis. Ekspertene mener at en kan høste 50 - 60 mill. tonn pr. år uten at det går ut over bestanden (Wiborg, 1971). Også utenfor norskekysten er det mye av dette krepssdyret, og Wiborg (1971) nevner at en i månedene februar-april enkelte steder har kunnet håve opp inntil 1 000 kg eller mer pr. natt ved å sette opp lyskastere i sjøkanten.

Når det gjelder raudåten, kan den om våren og sommeren være så tallrik at den farger sjøen rød over store områder (Wiborg & Bjørke 1968). Det fins døme på at småbåter, ved å slepe et par håver av finmasket duk i overflaten, hver på en meter i diameter, kan få opp til et par hundre kilo pr. natt. Wiborg & Bjørke (1969) nevner også at en bedrift som driver oppdrett av ørret og laks, har gjort vellykkete forsøk på fangst av raudåte ved å forankre håver på strømrrike steder i skjærgården, og at det er mulig en slik fangstmetode i lengden vil være mer økonomisk enn trålfiske.

Det har til denne tid vært små muligheter til å drive noe lønnsomt fiske etter krill og raudåte. Til det har de fangsttekniske problemene

vært for store, samtidig med at forekomsten av krepsdyrene viser en markert årstidsvariasjon. I tillegg til at krepsdyrene er problematiske å høste, representerer de et svært lagringsømfintlig råstoff (Wiborg, 1966). Det er nemlig slik at astaxanthinet i raudåte, krill og andre krepsdyr foreligger som fettsyrediester (Lambertsen & Brækkan, 1971). Etter at dyrene er døde, vil imidlertid aktive fettspaltende enzym hydrolyserer dette komplekset til monoester og videre fritt astaxanthin, en form av carotenoidet som er lett oksyderbart og dermed går tapt som effektiv kilde for rødfarging av fiskekjøttet. Det er derfor svært viktig at krepsdyrene blir raskt nedfrosset etter fangsten, for selv om de blir lagt i is umiddelbart etter de er fanget, angir Wiborg & Bjørke (1969) for raudåtens vedkommende at den kan holde seg frisk i høyden 10-12 timer.

At krill og raudåte er velegnete kilder for astaxanthin, skulle gå fram av vedlegg 1. Her er også tatt med hvor mye av carotenoidet som foreligger som diester, monoester og fritt astaxanthin. Siden pigmentet i et levende krepsdyr forekommer som diester, indikerer et høyt prosentnivå av monoester og fri form en langt framskredet enzymspaltning. Ifølge Steven (1948) vil imidlertid ikke en slik enzympåvirkning føre til at fiskens utnyttelse av pigmentet blir dårligere, da esterformen må spaltes i fritt astaxanthin og fettsyrer for absorpsjon i tarmkanalen, men som nevnt kan carotenoidet i en slik form lett ødelegges ved oksydasjon. Koking av krepsdyrene vil sannsynligvis delvis hindre spaltningen av diesterformen, da enzymene destrueres ved slik påvirkning, og som det framgår av vedlegg 1, vil ikke kokeprosessen ha noen særlig innvirkning på astaxanthininnholdet. Det må imidlertid understrekes at en hurtig nedkjøling etter kokingen er nødvendig for å hindre bederving som følge av bakterievekst.

Ifølge vedlegg 1 skulle hummerskall være en brukbar pigmenteringskilde. Avfall av krabbe derimot, er av Saito & Regier (1971) funnet å ikke gi påviselig rødfarge i kjøttet hos bekkerøye.

En skulle tro at rekemel var en god pigmenteringskilde. Det viser seg imidlertid at astaxanthinet er lite stabilt overfor tørr varme (Lambertsen & Brækkan, 1971), og selv ved en såpass skånsom tørkemethode som vakumtørking, kan over 2/3 av pigmentet gå tapt. At rekemel som under

tørkingen har vært utsatt for høy temperatur, ikke har gitt farge på fiskekjøttet, er vist i flere forsøk, og analyser av astaxanthininnholdet i slikt mel har vist verdier ned mot null (Saito & Regier, 1971, Lambertsen & Brækkan, 1971).

Astaxanthinet hos krepsdyr følger fettfraksjonen, noe det høye carotenoidinnholdet i reke-, krill- og raudåteolje viser. Den forholdsvis høye astaxanthinmengden i loddeolje skriver seg fra mageinnholdet. Lodden lever av plankton som om sommeren hovedsakelig består av småkreps, og det er pigment fra disse som farger loddeoljen rød. Olje fra vinterlodde viser derimot vanligvis ikke rødfarge. Med tanke på matfiskoppdretterne blir det nå tatt spesielt vare på den loddeoljen som er mest rødfarget. Denne blir hurtigst mulig tilsatt antioksydant for å hindre harskning og oksydativ ødeleggelse av astaxanthinet. Den blir så brukt som fettilsetning til tørrfôr, eller til våtfôr som inneholder mye magerfisk.

Brugde (*Cetorhinus maximus*) og grønnalgen *Haematococcus pluvialis* er også blitt nevnt som potensielle astaxanthinkilder for oppdrettsnæringen. Det blir av Aasen (1968) oppgitt at brugdens mageinnhold i gjennomsnitt veier et halvt tonn. Innholdet er en rødfarget masse som hovedsakelig består av raudåte. Om mageinnholdet fra brugden kan pigmenteredamfisk er ikke kjent, men en må være oppmerksom på at krepsdyrene har vært utsatt for brugdemagens enzymer i tillegg til sine egne, og må derfor antas å være svært lett bedervelige. Regnsværsalgen *Haematococcus pluvialis* inneholder opptil 4% av tørrvekten som astaxanthin i form av diester (Brinchmann, 1967), og den skal være lettvinnt å dyrke. Det gjenstår imidlertid å forsøke om fisken kan utnytte astaxanthinet i denne algen.

Paprika, som inneholder carotenoidet capsanthin, er blitt forsøkt som pigmenterinskilde (Tunison et al., 1944, Phillips et al., 1945). Det er funnet stor forskjell mellom ulike arter av laksefamilien m.h.t. evnen til å lagre capsanthin i muskulaturen. Tunison et al. (1944) fant i forsøk med bekkerøye at kjøttet ble farget etter 4 - 6 uker ved bruk av 2% paprika i fóret, og opptil 10% kunne brukes uten at fisken tok skade. Regnbueørret ble derimot ikke påviselig farget av paprika (Phillips et al. 1945). Om atlantehavslaks kan utnytte capsanthin som pigmenterinskilde er ikke kjent.

Det gule carotenoidet  $\beta$ -Karoten (provitamin A) blir påstått å danne utgangsmaterialet for syntese av astaxanthin i bl.a. hummer, krabbe og reker (Katayama et al., 1973 A, Katayama et al. 1973 B.) og andre krepsdyr (Thommen & Wackernagel, 1964, Herring, 1968 ). Siden dyr på et lavere trinn i ernæringskjeden enn fisk kan danne  $\beta$ -Karoten til rødfargete pigmenter, har det vært en del interesse for om også fisk har denne evnen, da dette er et carotenoid som forekommer i store mengder. Hata & Hata (1972) fant at gullfisk (Oranda Shishigashira) kan omdanne  $\beta$ -Karoten til astaxanthin, selv om prosessen går sent, og Hirao, Ozawa & Suematsu (1963) fant  $\beta$ -Karoten til å være mer effektiv som pigmenterinskilde enn astaxanthin til denne fiskearten. Carotenoidmetabolismen hos ørret og laks ser imidlertid ut til å være svært forskjellig fra gullfisk (Hata & Hata, 1972).

Av syntetisk framstilte carotenoider som egner seg til pigmenteringskilde, er det cantaxanthin som har størst interesse. Pigmentet er rødt-orange av farge, og den kjemiske oppbygging vil framgå av vedlegg 2. Cantaxanthin er også et naturlig forekommende carotenoid. I planteriket forekommer pigmentet i den spiselige skivesoppen kantarell, som det også har fått sitt navn fra. I dyreriket er det påvist at cantaxanthin er et mellomprodukt ved omvandlingen av  $\beta$ -Karoten til astaxanthin hos krepsdyr som hummer og krabbe (Katayama et al. 1973 A, Katayama et al. 1973 B ). Også hos villfisk av laksefamilien er det funnet cantaxanthin. Thommen & Gloor (1965) fant hos sjøørret cantaxanthinmengden å være ca. 9% av astaxanthininnholdet. Cantaxanthinet i sjøørretkjøttet var sannsynligvis blitt syntetisert i små krepsdyr som så ørreten hadde spist.

At fiskene tilhørende laksefamilien resorberer cantaxanthin i tarmkanalen for deretter å lagre det i muskelvevet er også blitt vist i flere fôringsforsøk. Deufel (1965) fant i forsøk med regnbueørret at tilsetning av 400 mg "Carophyll red" (40 mg rent cantaxanthin) pr. kg tørrfôr gav kjøtt med tilfredsstillende rødfarge etter 2 mnd. fôring. Fôrmengden er imidlertid ikke oppgitt. Schmidt & Baker (1969) fant at 19 mg rent cantaxanthin pr. kg fôr gav sterkt rødfarget muskelvev hos regnbueørret etter 31 uker når den fikk 3% fôr pr. kg kroppsvekt pr. dag. Samme



resultat fikk de hos cutthraut ørret (*Salmo clarkii clarkii*) ved bruk av 45 mg rent carotenoid/kg etter 11 ukers fôring.

Mange har stilt seg spørsmålet om fisken kan omdanne cantaxanthin til astaxanthin. Det er funnet at en slik omvandling finner sted hos krepsdyr (Katayama et al. 1973 A, Katayama et al. 1973 B), mens en liknende bekreftelse mangler for fiskearter tilhørende laksefamilien. Schmidt (1971) er inne på at dette også forekommer hos disse, noe som imidlertid blir tilbakevist av Hata & Hata (1972).

#### Forsøk med ulike pigmenteringskilder.

Ved tilførsel av carotenoider til damfisk for å få denne tilfredsstillende rødkjøttet før slakting, er det av stor interesse å vite hvor hurtig pigmentene blir avleiret i fiskens muskulatur, og om det er noen særlig forskjell i utnyttingsgraden av de ulike aktuelle pigmenteringskildene. Hata & Hata (1972) mener at tilførsel av hydroksylgrupper (-OH) til carotenoidskjelettet resulterer i bedre absorpsjon, mens carbonylgrupper (=O) fører til at oppsugningsgraden blir dårligere. Hvis så var tilfelle, skulle astaxanthin bli hurtigere resorbert enn cantaxanthin (se vedlegg 2). Steven (1948) antyder at det er mulig syntetiske carotenoider eller naturlige renframstilte carotenoider, blir dårligere utnyttet enn om disse hadde inngått som en naturlig bestanddel av fôret. Dette var ett av de forhold vi var interessert i å undersøke ved i et pigmenteringsforsøk. Videre ville vi se om det var noen forskjell på fiskens evne til å utnytte astaxanthinet i de mest aktuelle kildene for dette pigmentet i norsk matfiskoppdrett. Vi hadde i forsøket også med et syntetisk carotenoid, citranaxanthin, som ikke tidligere har vært prøvet som pigmenteringskilde for fisk. Citranaxanthin forekommer naturlig i bl.a. citrusfrukter, og det har en kakaobrun farge. Pigmentet blir sammen med andre carotenoider brukt i fôret til fjørfe for farging av eggeplommen (Brubacher, 1971). Forsøk med fjørfe har vist at både cantaxanthin og citranaxanthin blir avleiret i eggeplommen, mens bare cantaxanthinet effektivt farger huden hos broilere.

a. Metode og materiale.

Pigmenteringsforsøket ble utført ved forsøksstasjonen "Fisk og Forsøk" i Matredal, og startet 25/9-73 med 8 grupper á 100 fisk. Forsøks-tiden var 11 uker, og som forsøksfisk ble valgt regnbueørret (*Salmo gairdneri*). Fisken ble sortert før forsøket startet slik at en fikk mest mulig lik gjennomsnittsstørrelse og størrelsesvarians innen de enkelte gruppene. Gjennomsnittsvekten ved forsøkstart var ca. 150 g. Fisken gikk i mærer i sjøen som hver hadde et vannvolum på 18 m<sup>3</sup> (3 x 3 x 2 m). Sjøtemperaturen i forsøks-tiden varierte fra 3,0 - 13,6°C og saltholdigheten såvidt ekstremt som fra 0 - 27 ‰ . Temperatur og saltholdighet ble registrert 3 ganger pr. uke såvel i sjøens overflate som på en og to meters dyp (fig. 1 og 2). Som ventet var variasjonene for begge parametre størst i overflaten.

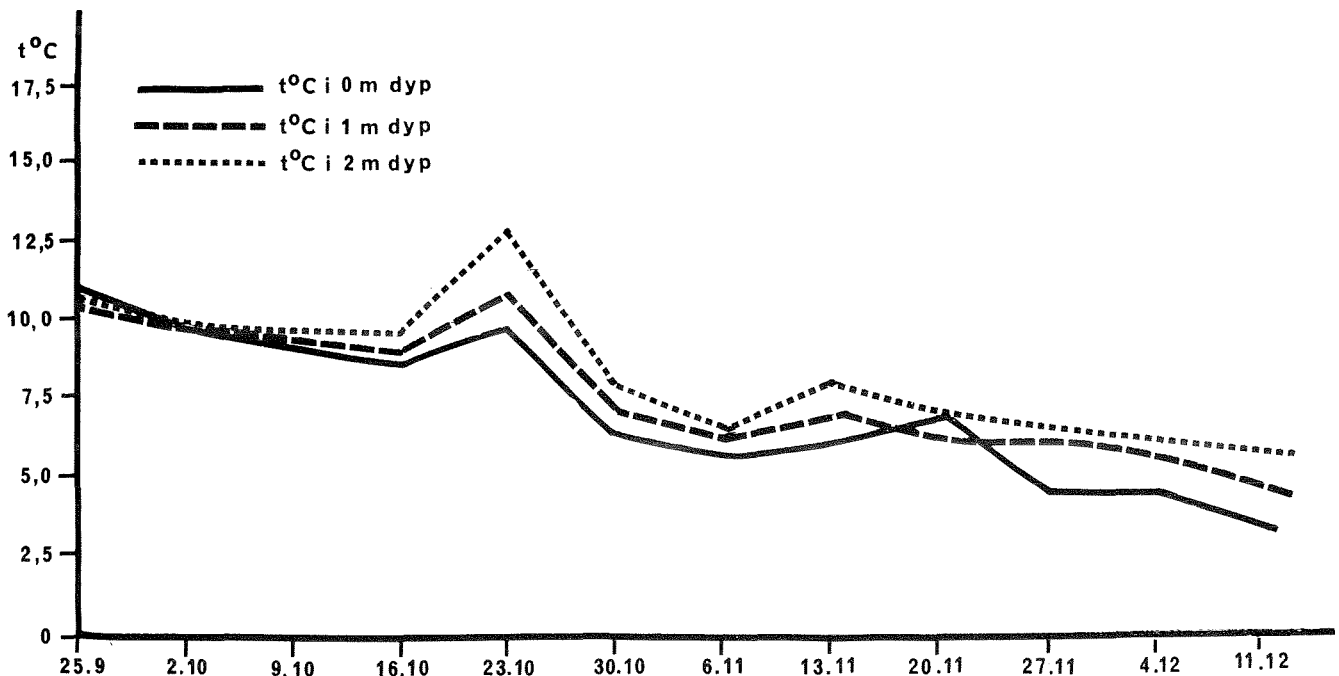


Fig. 1 . Sjøtemperatur i forsøks-tiden målt i overflaten, samt en og to meters dyp (ukentlig gjennomsnitt).

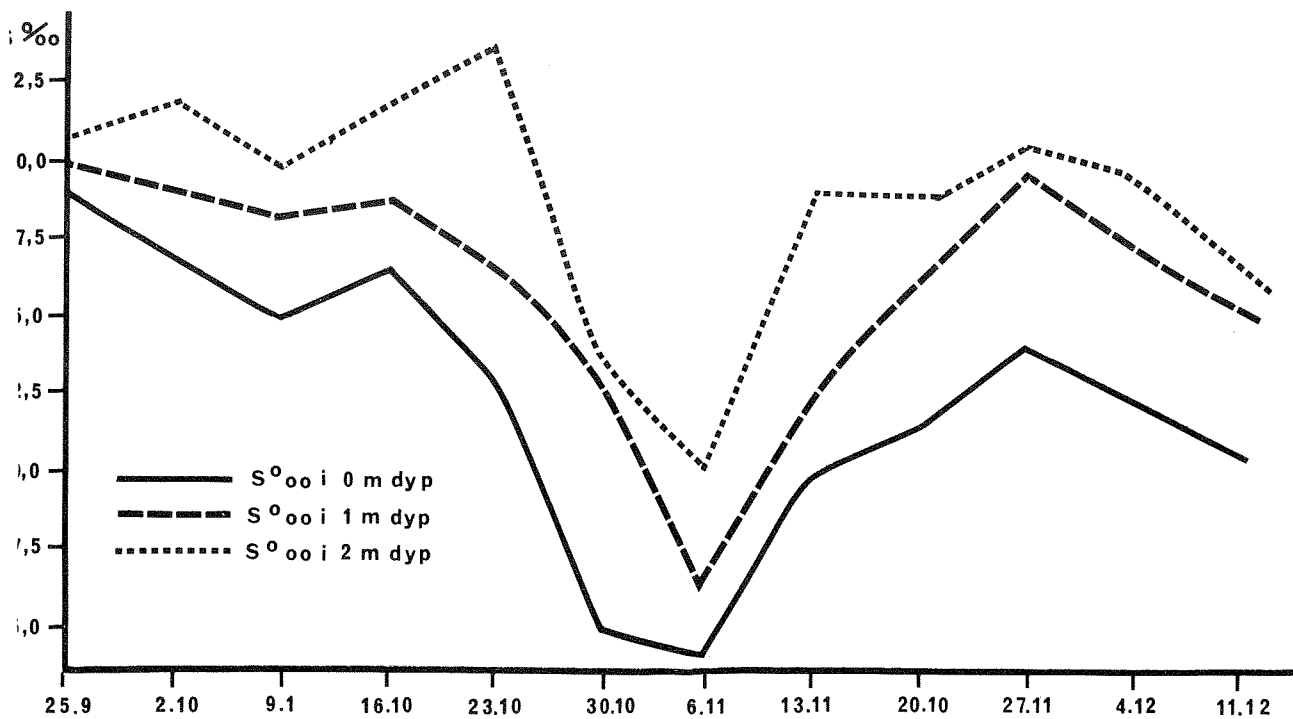


Fig. 2 . Saltholdighet i forsøks tiden målt i overflaten, samt en og to meters dyp (ukentlig gjennomsnitt).

Fórmidlene som inngikk i forsøksfóret, og den kjemiske sammensetningen av disse, er angitt i følgende tabell:

Fórmiddel	Tørrstoff %	Råprotein %	Råfett %	Aske %	Astaxanthin mg/kg
Seiavskjær	23,6	16,8	3,3	3,5	0
Rekeavfall (kokt)	24,3	12,7	2,3	6,8	121,1
Raudåte	18,3	9,7	5,5	2,0	72,6
Krill					77,8
Loddeolje	100		100		71,2
Makrellolje	100		100		0

Tabell 1. Kjemisk sammensetning av fórmidlene som inngikk i pigmenteringsforsøket.

Krillen ble bare analysert for astaxanthininnhold. Den øvrige kjemiske sammensetning ble reknet å være tilnærmet lik raudåten.

Cantaxanthinkilden som ble brukt inneholdt 10% rent carotenoid. Den øvrige sammensetningen var gelatin, sukker og stivelse. Også citranaxanthinkilden inneholdt 10% rent carotenoid.

Som pigmenterinskilder ble foruten citranaxanthin og cantaxanthin, brukt loddeolje, rekeavfall, krill og raudåte. Sammensetningen av forsøkets fôrblandinger vil framgå av tabell 2. Fôrblendingen ble sammensatt slik at de inneholdt like mye omsettelig energi (M.E.) pr. kg fôr utreket etter Phillips (1972) sine faktorer som angir 3,9 kcal. M.E./g protein, 8,0 kcal. M.E./g fett og 1,6 kcal.M.E./g karbohydrater.

	Vekstprosent							
	Pi 1	Pi 2	Pi 3	Pi 4	Pi 5	Pi 6	Pi 7	Pi 8
Seiavskjær	92,18	92,18	92,18	92,18	92,18	87,91	85,65	85,19
Makrellolje	7,02	7,02	7,02	7,02	-	7,16	7,12	7,12
Bindemiddel	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitaminpremix	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Loddeolje	-	-	-	-	7,02	-	-	-
Rekeavfall	-	-	-	-	-	4,13	-	-
Krill	-	-	-	-	-	-	6,43	-
Raudåte	-	-	-	-	-	-	-	6,89
Citranaxanthin (rent)	-	0,0005	0,0010	-	-	-	-	-
Cantaxanthin (rent)	-	-	-	0,0005	-	-	-	-

Tabell 2. Sammensetningen av fôrblendingene (Pi 1-8) som inngikk i pigmenteringsforsøket.

Seiavskjæret og rekeavfallet ble oppmalt før innblanding i fóret. Loddeoljen og makrelloljen var tilsatt antioksydanter (0,02% ethoxyquin) for å hindre harskning. Citranaxanthinet, cantaxanthinet og vitaminene ble oppløst i vann før de ble tilsatt, for på denne måten å sikre en jevn innblanding i foret. Fórblandingene ble tillaget hver dag ved hjelp av hurtigmikser. Det ble foret for hånd 2 ganger pr. dag, 6 ganger pr. uke. Hver gruppe fikk like mye fó, og det ble lagt spesiell vekt på å unngå fóspill. Fisken hadde god appetitt i hele forsøksperioden, og det var minimal dødelighet (ca. 4 ‰).

Tidspunkt for uttak av fisk til analyse og tildelte fórmengder i forsøksperioden var følgende :

Ukenr.	g fó pr. gruppe pr. dag	Antall fisk til analyse pr. gruppe
1	500	
2	600	
3	650	10
4	"	
5	700	10
6	"	
7	750	10
8	"	
9	"	10
10	"	
11	"	10

Tabell 3. Tildelte fórmengder og tidspunkt for uttak av fisk for analyse.

#### b. Forsøksresultater :

Fisk til analyse ble tatt ut tilfeldig etter 3, 5, 7, 9 og 11 uker, veid og lengdemålt og i tillegg ble det ut fra gonadenes utvikling vurdert om fisken kom til å bli kjønnsmoden følgende gytesesong (våren 1974). Resultatene er samlet i fig. 3 og tabell 4-6.

	Dato for uttak.					
	25/9	16/10	29/10	13/11	28/11	11/12
Pi 1		173(24, 8)	218(25, 5)	233(26, 9)	258(26, 0)	192(25, 4)
Pi 2		168(24, 4)	189(25, 6)	246(27, 5)	198(26, 0)	217(26, 4)
Pi 3		158(23, 6)	213(26, 0)	215(25, 8)	203(25, 5)	280(27, 7)
Pi 4	157(23, 7)	173(23, 5)	163(24, 6)	209(25, 8)	212(26, 3)	268(27, 3)
Pi 5		174(24, 5)	201(25, 7)	254(27, 1)	232(26, 7)	235(26, 6)
Pi 6		196(24, 1)	192(25, 5)	210(26, 0)	205(25, 6)	267(26, 9)
Pi 7		171(23, 4)	250(27, 5)	160(24, 8)	203(25, 3)	265(27, 1)
Pi 8		185(25, 2)	181(25, 1)	200(25, 3)	184(25, 0)	250(26, 6)
Gj. snitt	157(23, 7)	174(24, 2)	201(25, 7)	216(26, 2)	212(25, 8)	247(26, 8)

Tabell 4. Tabellen viser analysefiskens vekt og lengde i henholdsvis g og cm. (Lengden i parantes.) Tallene er gjennomsnitt for hver gruppe og uttak.

Etter veiing og lengdemåling ble fisken filéert, og disse filéene ble så analysert for fett og carotenoidinnhold etter at skinnet var fjernet. Analysene ble foretatt ved Vitaminlaboratoriet Fiskeridirektoratet, etter metoden beskrevet av Lambertsen & Brækkan (1971). Analysene viste følgende resultater :

	Pi 1	Pi 2	Pi 3	Pi 4	Pi 5	Pi 6	Pi 7	Pi 8
Uttak e. 3 uker: ug astaxanthin pr. g filét	0,47	0,58	0,37	0,85	0,73	0,60	0,79	0,81
Uttak e. 5 uker: "	0,62	0,74	0,52	0,83	1,20	1,09	1,08	1,27
Uttak e. 7 uker: "	0,75	0,77	0,66	0,87	1,06	0,99	0,72	1,23
" " " ug cantaxanthin pr. g filét				0,74				
" " " ug citranaxanthin pr. g filét		0	0					
Uttak e. 9 uker: ug astaxanthin pr. g filét	0,60	0,82	0,65	0,73	0,97	0,95	1,13	1,24
" " " ug cantaxanthin pr. g filét				0,87				
" " " ug citranaxanthin pr. g filét		0	0					
Uttak e. 11 uker:ug astaxanthin pr. g filét	0,41	0,56	0,66	0,82	0,82	1,24	0,76	1,14
" " " ug cantaxanthin pr. g filét				0,95				
" " " ug citranaxanthin pr. g filét		0	0					

Tabell 5. Analyseresultater over carotenoidinnhold i ug/g filét. Astaxanthininnholdet ved forsøksstart var 0,29 ug/g filét.

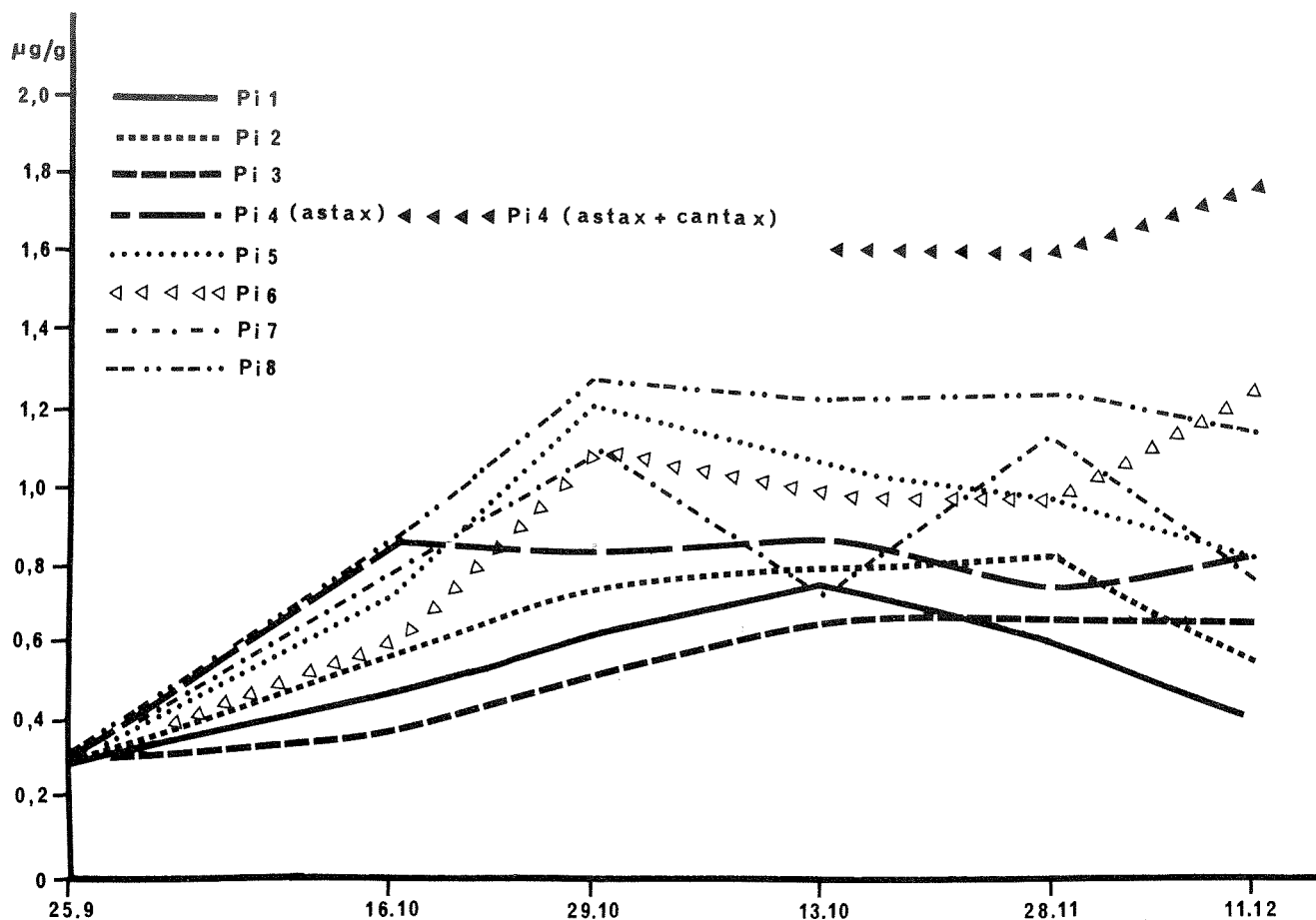


Fig. 3. Kurver som viser carotenoidinnholdet i  $\mu\text{g/g}$  filét.

I Pi 4 kommer verdiene for cantaxanthinet i tillegg til astaxanthininnholdet.

	Dato for uttak					
	25/9	16/10	29/10	13/11	28/11	11/12
Pi 1		2,30	3,82	4,64	6,42	2,96
Pi 2		2,55	3,10	4,63	4,85	4,85
Pi 3		3,44	3,60	4,79	4,92	4,22
Pi 4	2,60	3,74	3,70	5,86	5,36	4,96
Pi 5		2,71	3,28	3,47	4,32	4,99
Pi 6		3,51	3,60	2,74	4,98	5,01
Pi 7		2,43	3,80	4,26	3,76	5,51
Pi 8		2,96	3,80	5,49	3,79	4,72
Gj. snitt	2,60	2,96	3,59	4,49	4,80	3,72

Tabell 6. Tabell som viser fettinnholdet i g/100 g filét.



Ved siste uttak (e. 11 uker) ble det foretatt en visuell bedømmelse av rødfargen. Filéene fra de ulike gruppene ble før vurderingen oppmalt til et farselignende produkt. Gruppen med den mest tilfredsstillende rødfargen fikk tildelt høyest nr.

Resultatet ble følgende :

Gruppe	Rangeringsnr. for rødfarge
Pi 1 (Kontroll)	1
Pi 2 (Citranax., enkel dose)	2
Pi 3 (Citranax., dobbel dose)	3
Pi 4 (Cantax.)	6
Pi 5 (Loddeolje)	5
Pi 6 (Rekeavfall)	7
Pi 7 (Krill)	4
Pi 8 (Raudåte)	8

Tabell 7. Visuell bedømmelse av forsøksgruppene. Høyest nr. har sterkest rødfarge.

En var også interessert i en smakstest for å se om det var noen merkbar forskjell mellom gruppene i så henseende. Testen ble utført av 7 tilfeldig valgte personer som hver ga de enkelte gruppene et poeng fra 1 - 5. Den gruppen som fikk høyeste poengsum ble ansett best akseptert. Fiskene hadde før testen ligget nedfrosset i ca. 3 uker, og de ble kokt uten annen tilsetning til vannet enn alminnelig bordsalt (NaCl). Tabell 8 viser resultatet av smakstesten.

Poengsum	Forsøksgruppe
28,7	Raudåte
23,8	Krill
22,4	Cantaxanthin
21,7	Citranaxanthin (dobbel dose)
19,6	Kontroll, citranaxanthin (enkel dose), loddeolje, rekeavfall.

Tabell 8. Resultater fra smakstest. Høyest poengsum har best smak.

For cantaxanthingruppen og en av astaxanthingruppene ble det også foretatt en kokeprøve for å se om det var noen merkbar forskjell på pigmentens kokefasthet. Fiskene var helt ferske da prøven ble utført. Det kunne ikke påvises noen merkbar forskjell i avblekingsgraden mellom de to grupper i foreliggende forsøk.

### c. Diskusjon og konklusjon av forsøksresultatene.

Som det fremgår av tabell 5 og fig. 3 har astaxanthininnholdet i alle forsøksgruppene steget tilnærmet lineært fram til 5'te uke, og økningen har vært størst for gruppene med raudåte og loddeolje som pigmenteringskilder. Det har imidlertid også vært en stigning i astaxanthininnholdet i kontrollgruppen (Pi 1), og for om mulig å finne grunnen til dette, foretok et av Havforskningsinstituttets forskningsfartøyer den 21/11-73 et tråltrekk etter plankton i området rundt forsøksmærene. Det ble da funnet både krill og raudåte i trålen, og det er meget sannsynlig at astaxanthinøkningen i kontrollgruppen skyldes nattlig oppgang av slike krepssdyr i mærene i den tiden forsøket pågikk, slik at fisken har fått en ukontrollert tilgang på pigment.

Det kunne ikke påvises citranaxanthinavleiring i de gruppene som hadde fått tildelt dette carotenoidet i fóret (Pi 2 og Pi 3). Foreliggende forsøk indikerer således at citranaxanthin synes å være en ubrukbar pigmenteringskilde for regnbueørret.

Cantaxanthinet er i dette forsøket blitt forholdsvis bra resorbert og avleiret hos fisken. Det er også mulig at det i et lite omfang har foregått en omvandling av cantaxanthin til astaxanthin, da astaxanthininnholdet i Pi 4 ligger noe over kontrollgruppen og citranaxanthin-gruppene, særlig ved de første uttakene. En slik mulig omvandling er blitt observert i tidligere, men ennå ikke publiserte, forsøk på Vitaminlaboratoriet (Brækkan, 1974). De resterende forsøksgruppene (Pi 5, Pi 6, Pi 7 og Pi 8), som alle er blitt tildelt naturlige pigmenteringskilder, synes å være noenlunde likeverdige m.h.t. fiskens evne til å utnytte antaxanthinet i disse. En skal imidlertid merke seg at Pi 8 (raudåte) hele tiden har ligget gunstig an. Pi 7 (krill) har sammenliknet med de øvrige gruppene vist noe avvikende resultat mot slutten av forsøksperioden, men en vil se at de store svingningene i astaxanthininnholdet har sammenheng med de uttatte fiskenes variasjon i størrelse og fettinnhold.

Etter femte uke ser det ut som om carotenoidavleiringen har nådd et maksimum. Dette kan synes merkelig, da fiskens appetitt og fôropptak hele tiden var upåklagelig. Det er mulig at miljøforholdene kan forklare en del av stagnasjonen i pigmentavleiringen. Det var nemlig på denne tid en meget stor fluktuasjon i vannets saltinnhold. Den rimeligste forklaringen på avleiringsstagnasjonen er imidlertid tiltakende kjønnsmodning, og det var en tendens til at de gruppene som mot slutten av forsøksperioden hadde flest kjønnsmodne fisk også viste størst nedgang i carotenoidinnhold. Da en ikke kunne finne slik sammenheng mellom pigmenteringsgrad og kjønnsmodning i forsøkets første del, skulle dette tyde på at carotenoidoverføringen fra muskulaturen til kjønnsproduktene er særlig stor mot slutten av modningsperioden.

På grunn av nedgangen i astaxanthininnhold etter femte uke, er det selv sagt meget vanskelig ut fra dette forsøket å fastslå hvor lenge en måtte tilført, og hvor mye en måtte brukt av, de enkelte pigmenteringskildene for å oppnå en tilfredsstillende rødfarge på fiskekjøttet, da det ser ut for at det kreves 2 - 3 ug astaxanthin pr. g filét for å oppnå en slik farge. Hadde en etter femte uke fortsatt fått samme tilnærmet lineære sammenheng mellom carotenoidtilførsel og - avleiring, kunne dette latt seg gjøre. Selv om denne betingelse ikke er oppfylt i foreliggende under-

søkelse som følge av kjønnsmodning, kan det være av interesse å gjøre en enkel beregning. En har valgt å ta rekeavfallsgruppen som utgangspunkt til dette. Stigningen i astaxanthininnhold i denne gruppen i forhold til kontrollgruppen har vært  $1,09 - (0,62 - 0,29) - 0,29 = 0,47$  ug/g filét. Ved bruk av samme førsammensetning og fôrstyrke skulle derfor rekeavfallsgruppen blitt tilfredsstillende pigmentert etter

$$\left( \frac{5 \times 2,5}{0,47} \right) \approx 26 - 27 \text{ uker.}$$

Med hensyn til beregning av astaxanthinutnyttelsen i rekeavfallet bygger dette på et like svakt grunnlag. En vil imidlertid finne at det etter 5 ukers fôring har gått med ca. 90 ug astaxanthin, og dette har gitt en avleiring på 0,47 ug/g filét til ca. 20 kg fisk, dvs. en pigmentøkning på ca. 9 ug astaxanthin eller 10% utnytting. Forutsetter en at fisken kan fortsette å utnytte astaxanthinet i samme grad til 2,5 ug avleiring pr. g muskel er nådd, skulle 200-250 g rekeavfall være nok til å gi fiskekjøttet en gunstig rødfarge. Nå blir det som praktisk norm tilrådd å gi 1 kg rekeavfall/kg fisk, og dette blir ofte brukt over et forholdsvis kort tidsrom rett før slakting. Det er sannsynlig at fisken ikke effektivt kan absorbere og avleire relativt store doser av carotenoider, og det er ikke urealistisk å tro at selv halvparten av den praktiske normen skulle være nok til å gi rødkjøttet fisk dersom rekeavfallet før slakting blir tilført over en forholdsvis lang periode, vel å merke hvis rekeavfallet er av utmerket kvalitet.

Når oppdrettsfisken skal markedsføres, er det ikke de analyserte carotenoidmengdene, men kjøttets synsinntrykk, som er avgjørende. Som det framgår av tabell 7 og fig. 3 rangerer den visuelle bedømmelsen for forsøksgruppene i det vesentligste i den rekkefølge en skulle vente ut fra astaxanthininnholdet. Det ser også ut for at selv om cantaxanthininnholdet i Pi 4 er av samme størrelsesorden som astaxanthinmengden, er cantaxanthinfargen til en viss grad blitt kamuflert av astaxanthinet. Dette indikerer at det må avleires atskillig mer cantaxanthin enn astaxanthin for at kjøttets pigmentering skal

synes like sterk.

Det blir av mange antatt at de krepsdyr som inngår i vill laksefisks ernæring ikke bare er en verdifull pigmenteringskilde, men også bidrar med å bedre fiskekjøttets smak og aroma (Brinchmann, 1967, Saito & Regier, 1971). Prince (1916) er imidlertid av den mening at det er ingen positiv sammenheng mellom smaken og fargen på fiskekjøttet. Vi fant i vår smakstest ingen særlig forskjell mellom de ulike forsøksgruppene m.h.t. smak, unntatt for raudåtegruppen som tenderte å ligge gunstigst an i så henseende.

At pigmentert fiskekjøtt blir avbleket ved koking, er sikkert noe alle som har utført denne prosessen har merket. Flere mener å ha observert at fisk som har fått muskulaturen rødfarget som følge av cantaxanthin i fóret, blir særlig avbleket ved koking (Ghittino, 1972). Schmitt & Baker (1969) hevder imidlertid at pigmentet i kjøttet hos slik fisk er mer stabilt overfor varme enn naturlige pigmenter, og Saito & Regier (1971) rapporterer fra ett av sine forsøk at den cantaxanthinfora fisken etter koking var så sterkt farget, at han utelukket den fra andre organoleptiske forsøk. Vi kunne i vårt forsøk ved subjektiv bedømmelse ikke finne noen forskjell i avblekingsgraden fra de ørretene som hadde fått et naturlig carotenoid (astaxanthin) til de som hadde fått et syntetisk (cantaxanthin). Praktisk erfaring tyder på at pigmenterinstiden spiller en viss rolle for kokefastheten. Det ser ut for at fisk som er blitt tilført store carotenoidmengder rett før slakting, lettere blir avbleket enn fisk som har fått avleiret muskelpigmentene over et lengre tidsrom. Det er også mulig at det er en viss sammenheng mellom kokefasthet og kjønnsmodning, ved at carotenoidene sitter løsere bundet i muskulaturen når de er i ferd med å bli overført til kjønnsproduktene.

Det uventede forløp av pigmentavleiringen etter femte forsøksuke gjør det vanskeligere å dra sikre konklusjoner av forsøksresultatene. En må likevel kunne si at citranaxanthin er en ubrukbar pigmenteringskilde for regnbueørret, da denne fiskearten ser ut for å mangle evnen til å resorbere carotenoidet for deretter å avleire det i muskulaturen.

Forsøket viser også at krill, raudåte, rekeavfall og loddeolje stort sett er likeverdige som pigmenteringskilder når det gjelder fiskens evne til å utnytte astaxanthinet i disse, og at de farger fiskekjøttet i forhold til deres innhold av dette carotenoidet.

En kan til slutt hentyde at regnbueørret ser ut til å kunne resorbere og avleire cantaxanthin i muskulaturen omtrent like hurtig som astaxanthin, men at fiskekjøttet må inneholde langt større mengder cantaxanthin for at pigmenteringen skal synes like sterk.

#### Etterord.

Jeg er stor takk skyldig Vitaminlaboratoriet, Fiskeridirektoratet for at dette arbeidet kunne bli utført, og spesielt vil jeg takke prof.dr. philos. O. Brækkan, siv.ing. G. Lambertsen og vit.kons. F. Utne for faglig hjelp og rettleiding, og laborant M. Sømme for analysearbeide.

Jeg vil også få takke prof.dr.H. Hvidsten ved Norges Landbrukshøgskole for hjelp og støtte.

En takk også til personale ved Havforskningsinstituttets forsøkstasjon "Fisk & Forsøk" i Matredal for arbeidshjelp ved utførelsen av pigmenteringsforsøket, til personale ombord på havforskningsfartøyet "Peder Rønnestad" for trålundersøkelser på forsøksstaden, og til A/S Mowi for hjelp med å skaffe til veie forskjellige fôringredienser.

Jeg vil til slutt få takke Norsk Landbruksvitenskapelige Forskningsråd for uttelling til min arbeidslønn.

## LITTERATUR

- BAILEY, B. E. (1973). The pigments of salmon. J. Biol. Board Can. 3, 469-472.
- BORENSTEIN, B. & BUNNELL, R. H. (1966). Carotenoids: Properties, occurrence, and utilization in foods. Advances in food research. 15, 195-276.
- BRINCHMANN, S. H. J. (1967). Pigmentering av damfisk. Inst. for teknisk biokjemi, NTH, Trondheim.
- BRUBACHER, G. B. (1971). The significance of carotene and carotenoids for animal feeds. F. Hoffmann - La Roche & Co. Ltd., Basle, Switzerland.
- BRAÆKKAN, O. (1974). Personlig meddelelse. Vitaminlaboratoriet, Fiskeridirektoratet, Bergen.
- BRAATEN, B. (1974). Personlig meddelelse. Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, Bergen.
- DEUFEL, J. (1965). Pigmenteringsversuche mit Canthaxanthin bei Regenbogenforellen. Arch. Fisherweiss. 16 (2), 125-132.
- DEUFEL, J. (1968). Probleme der Forellenfütterung - La Roche & Co. Ltd, Basel, Switzerland.
- EULER, H. V., HELLSTRØM, H. & MALMBERG, M. (1933). Salmen-säure, ein Carotinoid des Lachses Svenska Kem. Tids. 45, 151-152.
- FISKETS GANG, (1973). Norges fiskerier 1973. 59, 932-938.

- GHITTINO, P. (1972). The diet and general fish husbandry. In: Fish Nutrition (Ed. J. E. Halver). Academic Press, New York & London, 539-650.
- GOODWIN, T. W. (1952). The comparative biochemistry of the carotenoids. Chap. VII. Chapman & Hall Ltd. London, 201-213.
- GRIFFITHS, M., SISTROM, W. R., COHEN-BAZIRE, G. & STAINER, R. Y. (1955). Nature, 176, 1211.
- HARTMANN, M. & MEDEM, G. F. v. (1947). Über die Gynogamone der Regenbogebforelle. Naturwiss. 34, 25-26.
- HATA, M. & HATA, M. (1971). Carotenoid pigments in goldfish-IV. Carotenoid metabolism. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 38, 331-338.
- HERRING, P. J. (1968). The carotenoid pigments of Daphnia magna Straus-I. The pigments of animal fed Chlorella pyrenoidosa and pure carotenoids. Comp. Biochem. Physiol. 24, 187-203.
- HIRAO, S., OZAWA, S. & SUEMATSU, Y. (1963). Carotenoid pigments in fish-II. Effect of dietary carotenoid on body color of goldfish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 29, 382-386.
- KAEMMERER, K. (1972). Gutachten über die biologische Einordnung, Verwendung und medizinisch-hygiene Unbedenklichkeit des synthetisch gewonnenen Carotenoids Citranaxanthin. Instituts für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie der Tierärztlichen Hochschule, Hannover.



- KANEMITSU, T. & AOE, H. (1958). On the studies of carotenoids of the salmon-II. Determination of muscle pigment. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 24, 555-558.
- KATAYAMA, T., KUNISAKI, Y., SHIMAYA, M., SAMESHIMA, M. & CHICHESTER, C. O. (1973 A). The biosynthesis of astaxanthin-XIII. The carotenoids in the crab, *Portunus trituberculatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 39,(3), 283-287.
- KATAYAMA, T., SHAIMAYA, M., SAMESHIMA, M. & CHICHESTER, C. O. (1973  $\beta$ ). The biosynthesis of astaxanthin-XI. The carotenoids in the lobster, *Panulirus japonicus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 39 (2), 215-220.
- LAMBERTSEN, G. & BRÆKKAN, O. R. (1971). Methods of analysis of astaxanthin and its occurrence in some marine products. J. Sci. Fd. Agric. 22, 99-101.
- PHILLIPS, A. M. (1972). Calorie and energy requirement. In: Fish Nutrition (Ed. J. E. Halver). Academic Press, New York & London. 1-28.
- PHILLIPS, A. M., TUNISON, A. V., SHAFFER, H. B., WHITE, G. K., SULLIVAN, M. W., VINCENT, C., BROCKWAY, D. R. & McCAY, C. M. (1945). The nutrition of trout. Cortland Hatchery Report No. 14. Fish. Res. Bull. No. 7, New York State Conservation Department, Albany, N. Y.
- PRINCE, E. E. (1916). On the red colour of the flesh in the salmons and trouts. Trans. Amer. Fish Soc. 46, 50-61.
- SAITO, A. & REGIER, L. W. (1971). Pigmentation of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean waste. J. Fish. Res. Bd. Canada. 28, 509-512.

- SCHMIDT, P. J. (1971). Direct and indirect pigmentation of canned salmon. Pacific Fisheries Technologists Meeting, Victoria, B.C.
- SCHMIDT, P. J. & BAKER, E. G. (1969). Indirect pigmentation of salmon and trout flesh with canthaxanthin. *J. Fish. Res. Bd. Canad.* 26, 357-360.
- STEVEN, D. M. (1948). Studies on animal carotenoids. I. Carotenoids of the brown trout. *J. Exp. Biol.* 25, 369-387.
- STEVEN, D. M. (1949). Studies on animal carotenoids. II. Carotenoids in the reproductive cycle of the brown trout. *J. Exp. Bio.* 26, 295-303.
- SØRENSEN, N. A. & STENE, J. (1938). Über die Carotenoide der Forelle. *Kgl. norske vidensk. Selsk. Skr.* no. 9.
- THOMMEN, H. & GLOOR, V. (1965). Zum Vorkommen von Keto-Carotenoiden in der Forelle. *Naturwiss.* 52, 161-162.
- THOMMEN, H. & WACKERNAGEL, H. (1964). Zum Vorkommen von Keto-Carotenoiden in Crustaceen. *Naturwiss.* 51, (4), 87-88.
- TUNISON, A. V., BROCKWAY, D. R., MAXWELL, J. M., DORR, A. L., McCAY, C. M. (1943). Coloration in fish. Nutrition of trout. N. Y. Cons. Dept. Fish. Res. Bull. 4.
- TUNISON, A. V., PHILLIPS, A. M., SHAFFER, H. B., MAXWELL, J. M., BROCKWAY, D. R. & McCAY, C. M. (1944). The nutrition of trout. Cortland Hatchery Report No. 13. Fish. Res. Bull. No. 6, New York State Conservation Department, Albany, N. Y.

- VITAMINLABORATORIET, FISKERIDIREKTORATET. (1974). Upublisert materiale. Bergen.
- WIBORG, K. F. (1960). Åta, neste ledd i kjeden. In: Havet og våre fisker. (Ed. G. Rollefsen). J. W. Eides Forlag, Bergen. 115-122.
- WIBORG, K. F. (1966). Undersøkelser av krill (lyskreps) i Hardangerfjorden og tilstøtende områder, samt på stasjon M i Norskehavet. Fiskets gang. 52, 754-761.
- WIBORG, K. F. (1971). Krillen. In: Norges dyr. (Ed. R. Frislid & A. Semb Johansson). J. W. Cappelens forlag A/S. Bind 4. 171-173.
- WIBORG, K. F. & BJØRKE, H. (1968). Utbredelsen av raudåte i kyst og fjordstrøk sør for Bergen i mai-juni 1968 og muligheten for kommersiell utnyttelse av dyreplankton. Fiskets Gang. 54, 727-730.
- WIBORG, K. F. & BJØRKE, H. (1969). Undersøkelser av forekomst og prøvefiske av raudåte i fjorder og kystfarvann mellom Fedje og Boknfjorden i mai-juni 1969. Fiskets Gang, 55, 819-822.
- Aasen, O. (1966). Brugde, *Cetorhinus maximus* (Gunnerus), 1965. Fiskets Gang. 52, 909-920.

Vedlegg 1

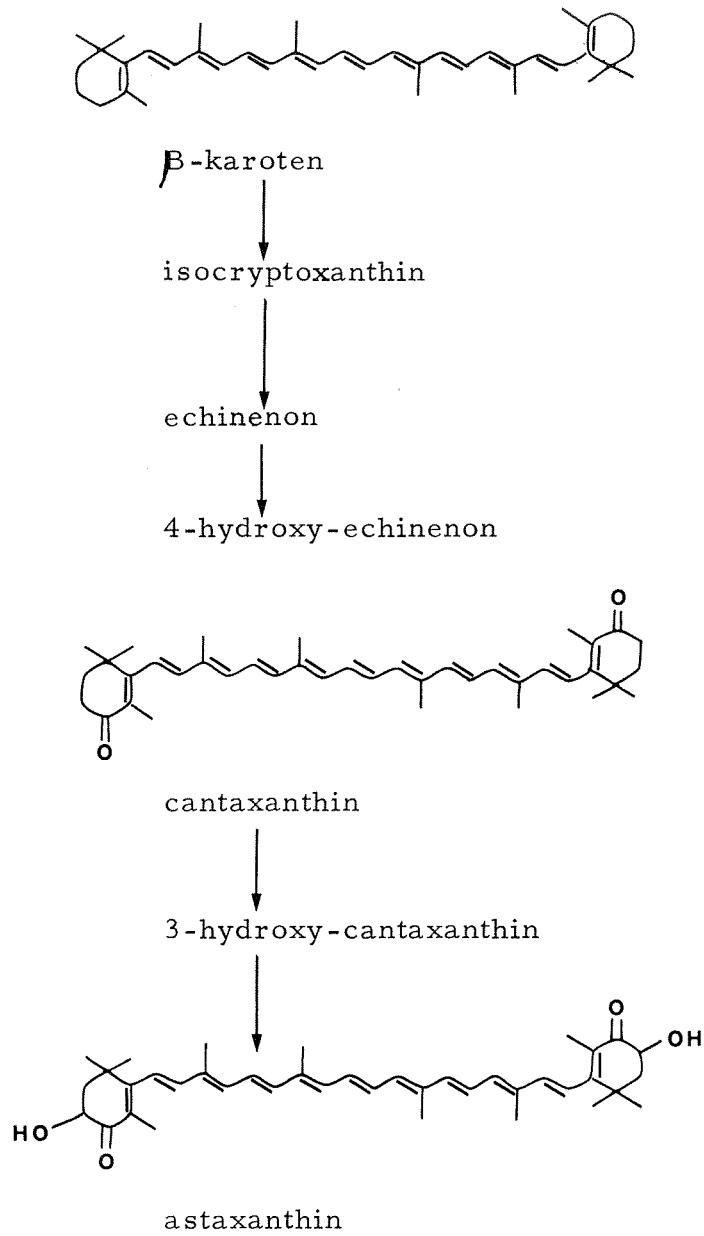
Råstoff	Astaxanthin ug/g=mg/kg	% av astaxanthin som			Kilde
		diester	monoester	fri	
KREPSDYR					
Krill (Euphausiids)	71,5	47	47	6	
" *	93,1				Vitaminlab. Fiskeridir. (1974)
" **	72,8				" " "
Raudåte (Calanus finmarchicus)	15,4	32	43	25	
"	71,0	35	39	26	
" *	38,7				Vitaminlab. Fiskeridir. (1974)
" **	81,0				" " "
Reker (Papisphaea sp.)	14,9	69	17	14	Lambertsen & Brækkan (1971)
Rekeavfall (kokt)	66,0	67	28	5	" " "
"	132,9	51	29	20	
"	109,2	62	32	6	
Hummerskjell (kokt)	35,3	34	26	40	Lambertsen & Brækkan (1971)
FISK					
Villfanget ørret I (muskel, rød)	2,7			100	Vitaminlab. Fiskeridir. (1974)
" I (rogn)	6,8			100	" " "
" II (muskel, blek)	0,3			100	" " "
" II (rogn)	1,5			100	" " "
Torskerogn (umoden)	5,6	56	21	23	Lambertsen & Brækkan (1971)
" (moden)	0,3		45	55	" " "
Sild (mageinnhold) ***	90,8	55	26	19	" " "

\* } samme parti. \* = rå, \*\* = kokt.  
\*\*

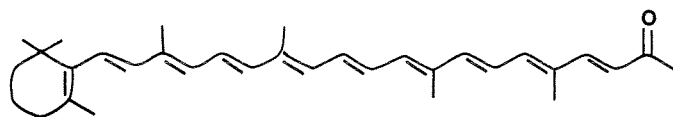
\*\*\* mageinnholdet utgjorde ca 4% av silden og besto hovedsakelig av raudåte.

Vedlegg 1 (forts.)

Råstoff	Astaxanthin ug/g =mg/kg	% av astaxanthinet som			Kilde
		diester	monoester	fri	
OLJER					
Rekeolje ( <i>Pandalus borealis</i> )	1095	79	18	3	Lambertsen & Brækkan (1971)
Krillolje ( <i>Euphausiids</i> )	727	51	43	6	"
Raudåteolje ( <i>C. finmarchicus</i> )	520	27	33	40	"
Sommerloddeolje ( <i>M. villosus</i> )	71,2	46	32	22	
Makrellolje	11,3	36	25	39	Lambertsen & Brækkan (1971)
"	0,0	-	-	-	
Polartorskolje	18,9	52	28	20	Lambertsen & Brækkan (1971)
MEL					
Rekemel (vanlig industrimel)	8,9	82			"
"	3,9	83			"
"	0,0	-			"
" (vakumtørket)	72,6	77			"



Skjematisk framstilling for antatt omvandlingsmåte av  $\beta$ -karoten til astaxanthin hos krepsdyr som hummer og krabbe.(Mod. e. Katayama et. al. 1973 A, B og Borenstein & Burnell (1966).



citranaxanthin

Strukturformel for citranaxthinn (Kaemmerer, 1972).