

MEDDELELSE FRA FORSØGSDAMBRUGET NR. 80
NOVEMBER 1990

ØRREDVÆKST I RELATION
TIL FORHOLDET MELLEM PROTEIN
OG FEDT I FODERET

AF
ALFRED JOKUMSEN
OG
NIELS ALSTED

Ørredvækst i relation
til forholdet mellem protein
og fedt i foderet

Alfred Jokumsen, Dambrugslaboratoriet, DF&H*
Niels Alsted, Dansk Ørredfoder A/S

*) Efter 1. oktober 1989: Foreningen for Danmarks Fiske-
mel- og Fiskeolieindustri.

Indledning

De seneste års udvikling inden for fiskefoder er gået i retning af mindre protein og mere fedt i foderet. Den tredje energikilde kulhydrater omsættes relativt dårligt af ørreder, omend udnyttelsen er blevet forbedret ved ekstrudering.

Ved hjælp af ekstrudering er det muligt at fremstille foder med mere end 20% fedt. Formålet hermed er, at foderprotein primært skal omdannes til kød, mens den nødvendige energi til bevægelse mv. tilvejebringes fra fordøjeligt fedt og kulhydrat. Det vil være hensigtsmæssigt at dække fiskenes energibehov med fiskeolie, som er en naturlig og koncentreret energikilde, der indeholder næsten dobbelt så meget energi som protein (ca. 9.4 kcal/g fedt). Det tilstræbes herved at opnå en bedre udnyttelse af foderet og dermed begrænse påvirkningen af miljøet.

Der er udført adskillige forsøg med henblik på at undersøge den proteinbesparende effekt af fedt og/eller kulhydrater (Atherton & Aitken, 1970; Lee & Putnam, 1973; Takeuchi et al., 1978; Watanabe et al., 1979; Kaushik & Teles, 1985; Tabachek, 1986; Beamish & Medland, 1986; Walton 1986; Watanabe et al., 1987; Pieper & Pfeffer, 1980).

De fleste undersøgelser har drejet sig om den proteinbesparende effekt af fedt på grund af laksefisk's ringe evne til at udnytte kulhydrater. I en del undersøgelser er påvist en proteinbesparende effekt ved at øge indholdet af fedt i foderet i forhold til protein.

Den proteinbesparende effekt er den effekt, der kan opnås ved, at andre energikilder (fedt og kulhydrater) anvendes til energiproduktion, mens proteinet spares til vævsopbygning. Ved at anvende protein som energikilde udskilles ammoniak (NH_3) og ammonium (NH_4^+), som belaster miljøet med kvælstof (N) og BI_5 .

Formålet med vore forsøg var at undersøge muligheden for at nedbringe miljøpåvirkningen fra dambrugene ved at ændre sammensætningen af foderet.

Materialer og metoder

Der blev fremstillet 3 fodertyper (I, II og III) ved ekstrudering, hvorefter foderpillerne blev coatet med olie. Foderets sammensætning er angivet i tabel 1.

Fodertype	I	II	III
Protein	49.8	44.3	43.0
Fedt	19.7	24.9	29.4
Fosfor	1.3	1.2	1.1
Tørstof	96.7	97.6	97.8

Tabel 1: Fodersammensætning (g/100 g foder)

Med udgangspunkt i disse tre fodertyper, der adskilte sig ved forskelligt forhold mellem protein og fedt, blev tildelingen af foder til hvert par akvarier (dobbeltsforsøg) beregnet såle-

des at der blev fodret på 3 forskellige proteinniveauer (A, B og C) som vist i tabel 2.

Således viser tabellen, at ved en fodertildeling på f.eks. 0,99% (af fiskenes vægt) pr. dag af type I fik de to akvarier hver tilført 250 g protein og 104 g fedt (niveau A). To akvarier fik dagligt tildelt 1,27% af fiskevægten af type II svarende til 300 g protein og 185 g fedt (niveau B) osv. Ved således at beregne tildelingen af de 3 fodertyper blev det muligt at undersøge vækst og foderomsætning ved 3x3 = 9 fedttildelinger på 3 proteinniveauer.

Fodertype \ Niveau	I	II	III
A	$\frac{250}{104}$ 0.99%	$\frac{250}{154}$ 1.10%	$\frac{250}{208}$ 1.18%
B	$\frac{300}{125}$ 1.14%	$\frac{300}{185}$ 1.27%	$\frac{300}{250}$ 1.36%
C	$\frac{350}{145}$ 1.29%	$\frac{350}{216}$ 1.42%	$\frac{350}{291}$ 1.52%

Tabel 2. Fodringsstrategi. Brøkerne angiver den tildelte mængde af protein/fedt (i gram) under forsøgene. Tallet i nederste højre hjørne angiver den daglige fodermængde (i procent af fiskenes vægt).

Forsøgene blev udført på Forsøgdambruget med 20 regnbueørreder (ca. 45-55 g/stk.) i hvert akvarium (140 l).

Akvarierne blev forsynet med filtreret og iltet borevand opvarmet til 12 °C. De skrånende sider i bunden gjorde det mu-

ligt at opsamle fiskenes fækalier i rørglas under hvert akvarium (fig. 1). Fækalierne blev dagligt opsamlet og nedfrosset (-18 °C).

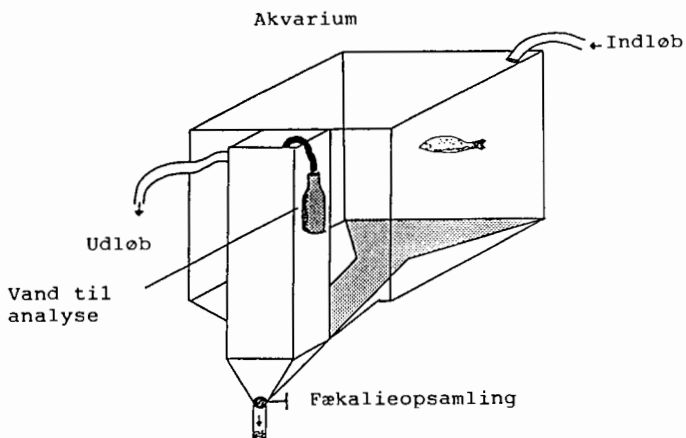


Fig. 1. Skitse af forsøgsopstillingen.

Iltmætningen i indløbsvandet til akvarierne var ca. 100%, mens iltmætningen i udløbet var mindst 70%. Akvarierummet havde en 12 timer lys- og 12 timer mørk fotoperiode.

Før forsøgenes start blev ørrederne tilvænnet forsøgstemperaturen (12 °C) og forsøgsfoderet i mindst en uge. Før ind-, mellem- og udvejning blev fiskene sultet i 72 timer ("tom mave"). Fiskene blev vejet enkeltvis. Før vejningerne blev fiskene bedøvet med klorbutol og tørret let med en fugtig klud. Forsøgsperioden var 6 uger.

Analyser af foder, fisk og fækalier med hensyn til protein, fedt, tørstof, aske, træstof, kvælstoffrie ekstrakter, fosfor og energi blev udført efter angivne forskrifter (From og Rasmussen, 1984).

Der er udført regressions analyser og Tukey HSD test på data-sættene ved brug af STATGRAPHICS program.

Resultaterne fra ét akvarium (B-II-2) er udeladt af beregningerne på grund af analysefejl.

Resultater og diskussion

I tabel 2 blev angivet den forventede (beregnete) tildeling af protein og fedt til hvert akvarium.

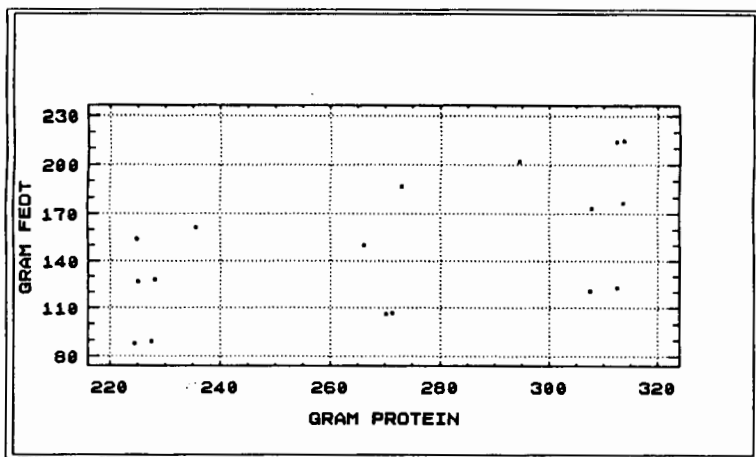


Fig. 2. Tildelt mængde protein og fedt til hvert akvarium.

I figur 2 er vist den faktiske fodertildeling. Hvert punkt-par i figuren (2 akvarier) svarer til én af de 9 rubrikker i tabel 2. Således svarer f.eks. rubrik AI i tabel 2 til de 2 punkter i nederste venstre hjørne i fig. 2. De 2 akvarier skulle have haft tildelt 250 g protein og 104 g fedt (tabel 2), men af figur 2 ses, at den faktiske tildeling var ca. 225 g protein og ca. 89 g fedt.

Årsagen til at de tildelte fodermængder var mindre end de beregnede skyldtes, at fiskene blev sultet før vejningerne.

Foderudnyttelsen blev angivet ved foderkvotienten (FK),

$$FK = \text{Foder indtag (g)}/\text{tilvækst (g)}.$$

Foderkvotienterne (tabel 3) var omkring 0,85. Der var ingen signifikante forskelle mellem foderkvotienterne.

Fodertype	AI	BI	CI	AII	BII	CII	AIII	BIII	CIII
FK	0.86a	0.84a	0.84a	0.81a	0.84a	0.86a	0.82a	0.82a	0.85a

Tabel 3: Foderkvotienter. Ens notation (a) angiver, at der ikke var signifikant forskel mellem foderkvotienterne (Tukey test, $P < 0.05$)

Det viste sig imidlertid, at fiskenes sammensætning (protein, fedt og indvoldsprocent) ændredes med indholdet af protein og fedt i foderet.

Således viser fig. 3 sammenhængen mellem indholdet af protein og fedt i foderet og proteinindholdet i hel fisk. Det fremgår heraf, at ørreder fodret med fodertype I (tabel 1) indeholdt ca. 16,3% protein, mens ørreder fodret med type III indeholdt ca. 15,7% protein. Det vil sige, at fiskenes proteinindhold faldt med faldende proteinindhold og stigende fedtindhold i de anvendte fodertyper (I, II, III).

Endvidere viste det sig, at ørredernes fedtindhold (fig. 4) samt indvoldsprocenten (fig. 5) steg i takt med faldende protein/fedt forhold i foderet, (dvs. øget fedtindhold).

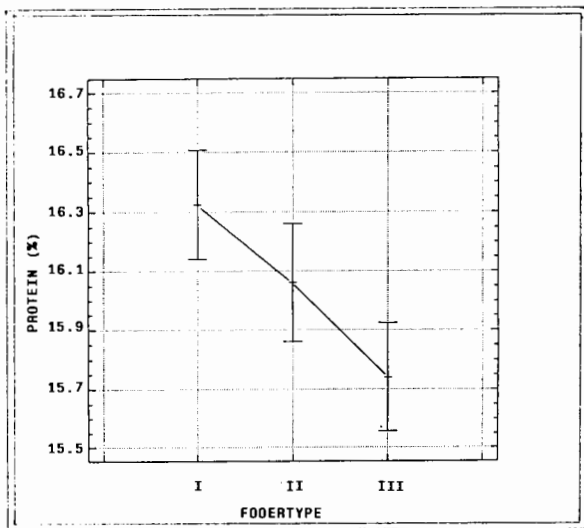


Fig. 3. Procent protein i hel fisk som funktion af fodertype.

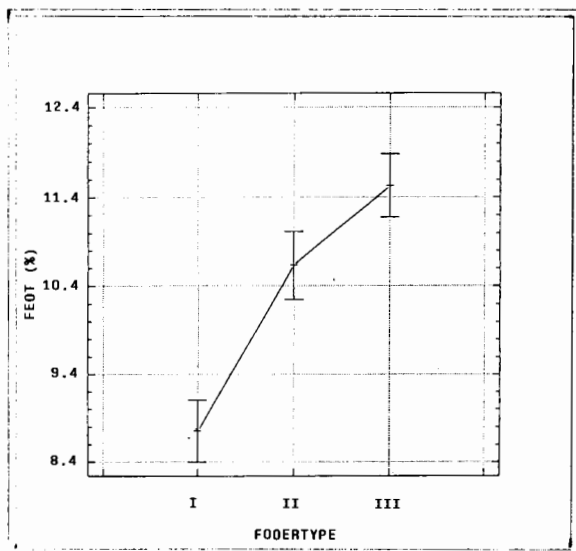


Fig. 4. Procent fedt i hel fisk som funktion af fodertype.

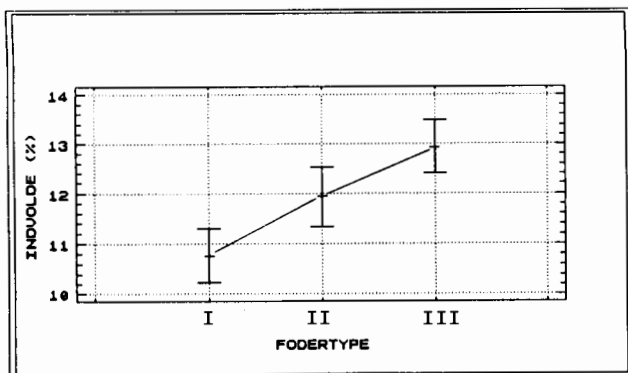


Fig. 5. Procent indvolde som funktion af fodertype.

Fiskenes sammensætning blev således tilsyneladende væsentligst bestemt af forholdet mellem protein og fedt i foderblandingen, mens den tildelte fødemængde havde mindre betydning.

Der blev påvist en direkte sammenhæng mellem væksten af hel fisk og øget indtagelse af protein og fedt. Fig. 6 viser ørrederens vækst i procent pr. dag i relation til tildelt mængde protein og fedt. Ved hjælp af en statistisk analyse kunne væksten af hel fisk (procent tilvækst pr. dag) udtrykkes ved følgende ligning:

$$H_v = 0,33 + 0,0017 * P + 0.0022 * F \quad R^2 = 0,94$$

hvor

H_v = vækst af hel fisk (%/dag)

P = tildelt protein (g)

F = tildelt fedt (g)

R = korrelationskoefficient

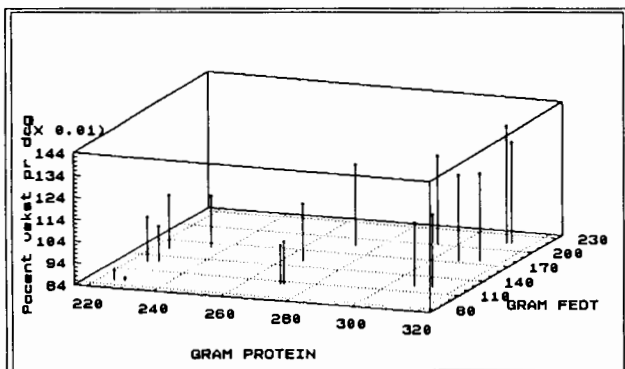


Fig. 6. Væksten af hel fisk i % pr. dag som funktion af protein- og fedttildeling i gram.

Figuren skal opfattes som en kasse, hvor "længden" og "bredden" angiver henholdsvis tildelt mængde protein og fedt, mens "højden" angiver den hertil svarende tilvækst. Hver "stolpe" svarer til et punkt i figur 2.

Analysen viste, at både protein og fedt var begrænsede for fiskenes vækst. Det optimale protein/fedt forhold vil være opnået, når koefficienten til F er nul. Væksten vil da være uafhængig af yderligere tilsætning af fedt og proteinet vil være udnyttet mest effektivt til vækst (våd vægt). Yderligere fedtindtagelse ville sandsynligvis afspejles i øget indvoldsfedt (jf. fig. 5), som vil nedsætte forarbejdningsevnen af fisken på grund af slagtesvindet.

Derfor undersøgte væksten af renset fisk i relation til protein og fedttildelingen.

Denne analyse viste, at både tildelingen af protein og fedt havde indflydelse på væksten af rensede fisk.

Der kunne således opnås en øget vægtmængde fisk i rensset tilstand ved at tilsætte mere fedt i foderet. Fiskeindustrien ville således, trods en højere indvoldsprocent i fiskene, have en større fiskemasse til forarbejdning.

Produktion af fisk drejer sig væsentligst om proteintilvækst. Der blev derfor lavet en undersøgelse af betydningen af foder-sammensætning og fodringsstrategi på tilvæksten af protein og fedt i fiskene.

Undersøgelsen viste:

1. Proteintilvæksten i renset (og hel) fisk var stort set kun afhængig af den tildelte proteinmængde.

Ligeledes var proteintilvæksten kun afhængig af den tildelte energi i form af protein.

Dermed havde energien fra fedt altså ingen indflydelse på proteintilvæksten.

2. Fedttilvæksten i både hel og renset fisk var kun afhængig af den tildelte fedtmængde. Foderets proteinindhold havde således ingen indflydelse på fedttilvæksten i fiskene.

Behandlingen af de indsamlede data fra akvarieforsøgene viste således, at ørredernes sammensætning primært blev bestemt af forholdet mellem protein og fedt i foderet. Ved tilsætning af mere fedt til foderet kunne der produceres flere kg fisk, men uden en proteinbesparende effekt.

Resultaterne af disse forsøg tyder på, at ørreder (som katte og mink - Rumsey, 1981) ikke er i stand til at spare på protein/aminosyrer, når den tilførte proteinmængde begrænses. Mens denne egenskab er fundet hos rotter (Eggum, 1973), antydede vore forsøg, at en vis del af proteinet blev forbrændt hos ørrederne uanset om tildelingen af protein blev reduceret.

Det betyder, at udledningen af kvælstof afhænger direkte af den tildelte proteinmængde uden hensyn til energibidragene fra kulhydrat og fedt. Det tyder således på, at uanset proteintil-delingsniveau vil en given del af proteinet blive forbrændt.

Udledning af kvælstof og fosfor

Et væsentligt sigte med at ændre sammensætningen af foderet var bl.a. at undersøge muligheden for at nedbringe miljøpå-virkningen fra dambrugene. I forsøgene er udledningen beregnet som udledningsrisikoen, dvs. forskellen mellem mængden af til-delt kvælstof (protein) og fosfor og de målte mængder af hen-holdsvis kvælstof og fosfor i fisk og fækalier.

Forsøgene viste, at kvælstofudledningen øgedes kraftigt med stigende tildeling af protein, mens fedt kun havde begrænset effekt.

Der var meget stor variation i fosforanalyserne, hvilket gjorde beregningerne usikre. Der var dog en tendens til mindre ud-ledning af fosfor ved nedsat tildeling af protein, idet fos-forindholdet i foderet er bestemt af proteinkilden, som pri-mært er fiskemel.

Fiskemel udgør 50-60% af ørredfoder. Der findes andre protein-kilder med et lavere fosforindhold end i fiskemel, men pro-teinkvaliteten (aminosyreprofilen) opfylder ikke fiskenes be-hov, hvilket medfører en dårligere udnyttelse af foderet. Re-sultatet af at anvende en anden proteinkilde (end fiskemel) med et lavere fosforindhold kan således blive højere udledning af kvælstof pr. kg produceret fisk.

Man kan følgelig ikke bedømme et foders udledningsrisiko udfra den angivne proteinprocent i foderblandingen, idet udlednings-
risikoen afhænger direkte af kvaliteten af foderproteinet i forhold til fiskenes ernæringsbehov.

Konklusion

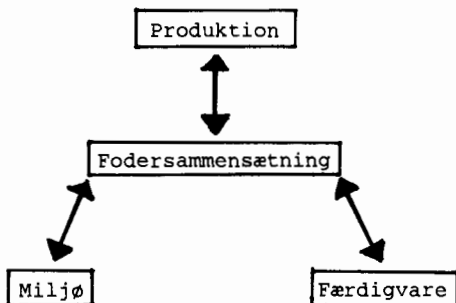
Sammenfattende viste forsøgene:

1. Det var muligt at reducere udledningen af kvælstof (og fosfor) ved at øge indholdet af fedt i foderet i forhold til protein.
2. Et øget fedt/protein forhold i foderet øgede fedtindholdet og reducerede proteinindholdet i fiskene.

Det blev påvist, at det var muligt at producere flere kg fisk pr. kg udledt kvælstof (og fosfor) ved at øge indholdet af fedt i foderet i forhold til protein.

Men der blev ikke alene opnået en produktions- og miljømæssig gevinst; fiskenes sammensætning ændredes i retning af federe fisk med et lavere proteinindhold. Dermed afhang fiskenes sammensætning (kvalitet) af foderrecepten.

Der er således en nøje sammenhæng mellem fodersammensætning og fiskeproduktion, miljø, og fiskenes sammensætning:



Variation i protein/fedt forholdet i foderet giver således mulighed for produktdifferentiering, det vil sige mulighed for at producere fisk med specifik sammensætning (kvalitet) på baggrund af produktions- og miljøhensyn.

Vi takker Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV) samt Dansk Ørredfond for økonomisk støtte. Forsøgsdambruget og de involverede medarbejdere takkes for forsøgsfaciliteter og værdifuld teknisk hjælp.

Referencer

Atherton, W.D. & A. Aitken (1970): Growth, nitrogen metabolism and fat metabolism in *Salmo gairdneri*, Rich. Comp. Biochem. Physiol., 36: 719-747.

Beamish, F.W.H. & T.E. Medland (1986): Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Aquaculture, 55: 35-42.

Eggum, B.E. (1973): A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. Beretning fra forsøgslaboratoriet, nr. 406. Statens Husdyrbrugsforsøg.

From, J. & G. Rasmussen (1984): A growth model, gastric evacuation, and body composition in rainbow trout *Salmo gairdneri*, Richardson 1836. Dana, 3: 63-139.

Kauschik, S.J. & A. de Oliva Teles (1985): Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. Aquaculture, 50: 90-101.

Lee D.J. & G.B. Putnam (1973): The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutr., 103: 916-922.

Pieper, A. & E. Pfeffer (1980): Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R). Aquaculture, 20: 323-332.

Rumsey, G.L. (1981): Significance of nitrogen metabolism: Why does the salmonid require a high protein diet? Salmonid, 20-24.

Tabachek, J.L. (1986): Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.J. Fish biol., 139-151.

Takeuchi, T., T. Watanabe & C. Ogino (1978): Supplementary effect of lipids in a high protein diet of rainbow trout. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 44: (6), 677-681.

Walton, M.J. (1986): Metabolic effects of feeding a high protein/low carbohydrate diet as compared to a low protein/high carbohydrate diet to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Fish Physiology and Biochemistry, 1: (1), 7-15.

Watanabe, T., T. Takeuchi & C. Ogino (1979): Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). "Finfish Nutrition and Fishfeed Technology". World symp. 1, 113-125. Hamborg.

Watanabe, T., T. Takeuchi, S. Satoh, T. Ida & M. Yaguchi (1987): Development of low proteinhigh energy diets for practical carp culture with special reference to reducing of total nitrogen excretion. Nippon Suisan Gakkaishi. 53: (8), 1413-1423.