

# Fordøyelig protein i ulike proteinråvarer hos laks og mink

Harald Mundheim





Nofima er et næringsrettet forskningskonsern som sammen med akvakultur-, fiskeri- og matnæringen bygger kunnskap og løsninger som gir merverdi. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked, og har om lag 470 ansatte. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø  
Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø  
Tlf.: 77 62 90 00  
Faks: 77 62 91 00  
E-post: [nofima@nofima.no](mailto:nofima@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

Forretningsområdet ingrediens leverer forskning, analysetjenester og pilotproduksjoner til ingrediens-, havbruks-, næringsmiddel- og farmasøytisk industri. Kjerneområdene er råstoffkunnskap, biproduktutnyttelse, fôr og ernæring samt prosessering av ingredienser og fôr.

Nofima Marin AS  
Kjerreidviken 16  
NO-5141 Fyllingsdalen  
Tlf.: 55 50 12 00  
Faks: 55 50 12 99  
E-post: [ingrediens@nofima.no](mailto:ingrediens@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

# Rapport

ISBN: 978-82-7251-834-8 (trykt)  
ISBN: 978-82-7251-835-5 (pdf)Rapportnr:  
47/2010Tilgjengelighet:  
**Åpen**

<i>Tittel:</i> <b>Fordøyelig protein i ulike proteinråvarer hos laks og mink</b>	<i>Dato:</i> 20.12.2010
	<i>Antall sider og bilag:</i> 8
<i>Forfatter(e):</i> Harald Mundheim	<i>Prosjektnr.:</i> 20844
<i>Oppdragsgiver:</i>	<i>Oppdragsgivers ref.:</i>
<i>Tre stikkord:</i> Fordøyelig protein, mink, laks	
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> Mink har blitt brukt som modelldyr for laksefisk for å teste proteinkvalitet (fordøyelighet) i fiskemel. I de senere årene har det vært en økende bruk av andre proteinråvarer i fôr til laks og det var derfor nærliggende å undersøke fordøyelig protein i ulike proteinråvarer hos de to artene.  Det ble benyttet ulike metoder for å måle proteinfordøyelighet. I forsøk med mink er dyrene oppstallet enkeltvis og en får direkte måling ved å registrere både spist protein og i oppsamlet naturlig utskilt gjødsel, kvantitativt.  Hos laks er det indirekte måling av fordøyelighet ved at fôret er tilsatt indikator. Fordøyelig protein ble beregnet ut fra forholdet mellom indikator/protein i fôr og gjødsel som ble strøket ut fra bakre tarmavsnitt.  Fordøyelig protein ble målt i 5 ulike proteinråvarer: soyaproteinkonsentrat (SPC), maisgluten (MG), hvetegluten (HG), erteprotein (EP) og hydrolysert fjørmel (HFM)  Laks viste følgende gradering og nivå av apparent fordøyelig protein (g/100g protein): HG 98,4; EP 87,2; SPC 86,4; MG 75,7 og HFM 65,1. Tilsvarende hos mink: HG 97,2; MG 89,8; EP 87,8; SPC 85,6 og HFM 57,6.  Det ble ikke registrert signifikant forskjell i fordøyelig protein mellom laks og mink i hvetegluten, soyaproteinkonsentrat og erteprotein. I maisgluten og fjørmel var det signifikant forskjell i fordøyelighet hos de to artene.	

# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material og metode.....</b>	<b>2</b>
2.1	Forsøksfôr .....	2
2.2	Fordøyelseforsøk. ....	3
2.2.1	Laks .....	3
2.2.2	Mink.....	3
<b>3</b>	<b>Resultat – diskusjon .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Referanser: .....</b>	<b>8</b>

# 1 Bakgrunn

Tradisjonelt har fiskemel vært hovedproteinkilden i fôr til laks. På grunn av knapphet og tidvis høye priser er fôrproducentene interessert i alternative proteinråvarer, både vegetabiliske og animalske.

Det forekommer stor variasjon i kvalitet både med hensyn til kjemisk sammensetning og ikke minst fordøyelighet av næringsstoffer både mellom og innenfor ulike kategorier proteinfôrmidler. Proteinet utgjør over halvparten av de totale fôrkostnadene og det er derfor av stor økonomisk og miljømessig betydning at fisken kan nyttiggjøre mest mulig av proteinet i fôret.

Fordøyelighet av protein står sentralt i kvalitetsvurderingen av fôrmidler. Ulike metoder for å måle fordøyelighet har vært brukt: enzymatiske, fysiske (NIR) og biologiske. De fleste laboratoriemetoder har sine begrensinger i nøyaktighet og krever jevnlig etterkontroll og kalibrering.

Nofima Ingrediens tester fordøyelighet av protein i fôr og proteinråvarer ved hjelp av mink og laks. Bruk av mink er den mest pålitelige og nøyaktige metoden og er enkel å standardisere. Mink er i likhet med laks kjøttetende (karnivore) med kort tarmkanal og relativt liten bakteriell aktivitet i tarmkanalen samt hurtig passasje av fôret. Begge arter er følsomme overfor proteinkvalitet og er tilpasset en diett med høyt nivå av protein og fett og relativt lavt karbohydrat innhold. Siden 1990 har testen med mink blitt utført under standardiserte betingelser som gir god nøyaktighet og reproduserbarhet.

Flere sammenligningsforsøk viser at mink og laksefisk graderer fordøyelighet av protein (aminosyrer) fra fisk, animalske og bakterier (bioprotein) tilnærmet likt, (Skrede 1979, Mundheim et.al. 1989; Miller, 1993; Romero et. al., 1994; og Skrede et.al. 1980 og 1998). Det er mangelfullt datagrunnlag for andre aktuelle proteinfôrmidler som blir brukt i fôr til fisk, eks. planteprotein.

Hensikten med denne undersøkelsen var å teste fordøyelig protein hos mink og laks. Det ble valgt fem ulike proteinråvarer: soyaproteinkonsentrat (SPC), maisgluten (MG), hvetegluten (HG), erteprotein (EP) og hydrolysert fjørmel (HFM).

## 2 Material og metode

### 2.1 Forsøksfôr

Kjemisk sammensetning og kilden til de ulike proteinråvarene som ble brukt i forsøket er vist i tabell 1.

Det ble produsert en basis diett (kontrolldiett) basert på fiskemel, fiskeolje, hvete, mineraler og vitaminer. Yttriumoksid ble tilsatt som indikator for å beregne fordøyelighet hos fisk (tabell 2). Proteinråvarene som ble undersøkt ble enkeltvis tilsatt basisdietten med 30 %, totalt 6 dietter (1 kontroll + 5 testdietter), "heldiett substitusjons" metode (Aksnes et al., 1996).

Forsøksfôret ble framstilt ved Nofima Ingrediens forsøksekstruder, (Wenger TX 52), dyse 4 mm og pellet tørket ned til vanninnhold på ca 8 %.

Tabell 1 Kjemisk sammensetning av proteinråvarer

	Fiskemel	Soya protein konsentrat (SPC)	Mais gluten	Hvetegluten	Erteprotein	Fjørmel hydrolysert
Ref. nr	214/07	15/09	87/09	30/09	228/08	181/08
Protein	73,8	57,9	57,8	81,4	50,1	87,3
Vann	8,1	10,2	12,7	5,7	8,5	5,3
Aske	10,5	5,9	2,7	0,9	5,1	1,6
Fett (soxhlet)	9,0	0,4	2,0	1,8	1,7	4,9

Fiskemel: Norse-LT 94, Norsildmel, Fyllingsdalen, Norge  
Soyaproteinkonsentrat (SPC): EWOS, Florø, Norge  
Maisgluten: AgroKorn, Videbæk, Danmark  
Hvetegluten: Amytex 100, Syral, Aalst, Belgia  
Erteprotein: Agrimarin Nutrition, Stavanger, Norge  
Fjørmel hydrolysert: Sonac, Sumar, Nederland

Tabell 2 Sammensetning av basisdiett, %

<b>Fiskemel</b>	<b>71,30</b>
Fiskeolje	11,00
Hvete	15,50
Vitamin mix. 1)	2,00
Mineral mix. 2)	0,20
Yttriumoksid	0,02
Sum	100,00

- 1) Tilfører pr kg fôr: Vitamin D3, 3000 IE; vitamin E, 160 mg; thiamin, 20 mg; riboflavin, 30 mg; pyridoksin-HCl, 25 mg; vitamin C, 200 mg; calcium pantotenat, 60 mg; biotin, 1 mg; folinsyre, 10 mg; niacin, 200 mg; vitamin B12, 0,05 mg; medadion bisulfitt, 20 mg.
- 2) Tilfører pr kg fôr: Magnesium, 300 mg; kalium, 240 mg; sink, 48 mg; jern, 30 mg; mangan, 6 mg; kopper, 3 mg.

#### Testdietter:

Basisdiett, %	70
Testingrediens, %	30

Med 30 % tilsetning av testingrediensene til basisdietten utgjorde proteinandelen fra proteinråvarene 32 % for SPC og maisgluten, 40 % for hvetegluten, 29 % for erteprotein og 41 % for fjørmel.

## 2.2 Fordøyelseforsøk

### 2.2.1 Laks

De 6 forsøksfôrene ble gitt til triplikate grupper av Atlantisk laks med startvekt 400 g i 18 dager. Fisken ble holdt i 18 kar (1,5x1,5x0,8 m) med sjøvann ved 13,1 °C, 50 fisk pr kar.

Hvert kar var utstyrt med automatisk oppsamling av fôrspill og fisken ble daglig tildelt fôr i overskudd (10-15% overføring).

Fôrspillet ble daglig samlet opp og tørket til tilnærmet samme tørrstoffinnhold som i fôr. Denne verdien ble deretter trukket fra utfôrt mengde for å beregne daglig fôropptak i forsøksperioden.

Ved avslutning av forsøket ble fisken bedøvet, veid og gjødsel fra 50 fisk per kar ble strøket ut fra bakre tarmavsnitt (Austreng, 1978).

Fiskegjødsel ble tilsatt 400 mg ethoxyquin per kg tørrstoff, umiddelbart frosset ned og lagret ved – 20 °C. Gjødselen ble deretter frysetørket og homogenisert før kjemiske analyser ble utført.

Fordøyelighet ble beregnet indirekte ved å bruke yttriumoksid som indikator.

Apparent fordøyelighet (AD) av protein i diettene ble kalkulert fra formelen;

$$AD \text{ (diet)} = 100 - 100 \times \frac{Y_{ed} \times CX_{ef}}{CX_{ed} \times Y_{ef}}$$

hvor **Y** er yttrium og **CX** er protein innhold. *ed* er diett og *ef* er gjødsel,

### 2.2.2 Mink

Fordøyelig protein ble gjennomført med fire hannmink (1-2 år) av genotype pastell pr. fôrtype. Dyrene ble oppstallet i enkelt bur i rom ved ca 15 °C. Fôrpellet ble nedmalt og tilsatt vann til deig konsistens (ca 33 % ts) og utfôrt med ca 50 g ts pr dag i 7 dager, hvorav 3 dager forperiode og 4 dager forsøksperiode med kvantitativ oppsamling av gjødsel. I forsøksperioden ble gjødsel samlet opp to ganger pr dag, umiddelbart nedfrosset (-20 °C) deretter frysetørket, homogenisert og renset for hår før analyse.

Fordøyelighet ble beregnet direkte ved å måle inntak og utskillelse av protein i gjødsel i forsøksperioden. Apparent fordøyelig protein, AD (Nx6,25) av proteinet i diettene ble kalkulert fra formelen:

$$AD \text{ (diett)} = \frac{Ni - Nf}{Ni}$$

hvor Ni er nitrogen inntak, Nf er nitrogen i gjødsel.

Den videre beregning av Apparent fordøyelighet av protein i råvarene (partiell) ble hos begge artene beregnet ut fra formelen;

$$AD \text{ råvare} = AD \text{ testdiett} + \frac{[(AD \text{ testdiett} - AD \text{ basisdiett}) \times 0,7 \times P \text{ basisdiett}]}{0,3 \times P \text{ råvare}}$$

hvor P er % protein.



### 3 Resultat – diskusjon

Forsøkene med mink og laks ble gjennomført uten noen tilsynelatende ytre driftsforstyrrelser som kan ha innvirkning på forsøksresultatene. I forsøket med mink spiste dyrene den fôrmengden som daglig ble tildelt og det var ingen fôrrester verken i for- eller oppsamlingsperioden.

I forsøket med laks var akseptabelt fôropptak og vekstutvikling på de ulike diettene. Størst fôropptak og tilvekstfaktor (VF3) ble registrert på diett 1 (basis, kontroll) med hhv 121g og 3,69 og lavest på diett 6 med fjørmel med hhv 92 g og 2,90. (tabell 3)

Tabell 3 Fôropptak og tilvekst i forsøk med laks

Diett	1	2	3	4	5	6
Testingrediens	Basis (kontroll)	SPC	Maisgluten	Hvetegluten	Erteprotein	Fjørmel
Antall fisk, start	150	150	150	150	150	150
Antall fisk, slutt	150	150	150	150	149	149
Vekt, start (g/fisk)	404	404	404	406	402	406
Vekt, slutt, (g/fisk)	564	549	532	548	544	529
SGR %	1,86	1,70	1,52	1,67	1,68	1,48
<b>Tilvekst (g/fisk)</b>	<b>161 ± 9,0</b>	<b>145 ± 6,5</b>	<b>128 ± 2,0</b>	<b>142 ± 11,3</b>	<b>142 ± 6,8</b>	<b>124 ± 1,6</b>
<b>VF3</b>	<b>3,69 ± 0,16</b>	<b>3,37 ± 0,12</b>	<b>2,99 ± 0,08</b>	<b>3,30 ± 0,26</b>	<b>3,31 ± 0,17</b>	<b>2,90 ± 0,07</b>
<b>Fôr spist, g</b>	<b>121 ± 8,5</b>	<b>109 ± 2,6</b>	<b>98 ± 9,7</b>	<b>103 ± 5,9</b>	<b>114 ± 8,7</b>	<b>92 ± 5,7</b>

±: Standardavvik (n=3)

SGR: % daglig tilvekst

VF3: vekstfaktor

Tabell 4 Apparent fordøyelig protein i basisdiett og basisdiett tilsatt 30 % av ulike proteinråvarer hos mink og laks (g/100 g protein)

Diett	1	2	3	4	5	6
Proteinråvare	Basisdiett (kontroll)	SPC	Maisgluten	Hvetegluten	Erteprotein	Fjørmel
<b>Mink</b>	88,6 ± 0,4	87,6 ± 0,6	88,9 ± 0,4	92,0 ± 0,2	88,4 ± 0,8	75,8 ± 1,1
<b>Laks</b>	87,3 ± 0,7	87,0 ± 2,3	83,6 ± 1,5	91,7 ± 0,3	87,3 ± 0,5	78,2 ± 0,1

± Standardavvik, (mink n=4, laks n=3)

I basisdietten (diett1) som i hovedsak består av fiskeprotein er gradering og nivået av fordøyelig protein tilnærmet lik hos mink og laks som er på linje med det som er funnet i tidligere undersøkelser (Skrede1979, Mundheim et.al.1989; Miller1993).

Godt samsvar i fordøyelighet mellom mink og laks er det også i dietter med SPC, hvetegluten og erteprotein. Hos laks fôret med SPC dietten, ble det registrert relativt stort avvik mellom parallellene og resultatet er derfor usikkert.

Mink har en signifikant høyere proteinfordøyelighet av fôr med maisgluten (diett 3) enn laks, mens dietten med fjørmel (diett 6) som hos begge arter viser den laveste fordøyeligheten, kommer laks best ut.

På grunnlag av proteinandel og fordøyelighet i basisdiett og test dietter, er fordøyelig protein i den enkelte råvare beregnet, (partiell) (tabell 5).

*Tabell 5 Beregnet innhold av apparent fordøyelig protein (partiell) i ulike proteinråvarer hos mink og laks, g/100g protein*

Proteinråvare	SPC	Maisgluten	Hvetegluten	Erteprotein	Fjørmel
Mink	85,6 ±1,8	89,8 ±1,3	97,2 ±0,6	87,8 ±2,9	57,6 ±2,7
Laks	86,4 ±7,2	75,7 ±4,8	98,4 ±0,7	87,2 ±1,7	65,1 ±0,1

±: Standardavvik (mink n=4, laks n=3)

Som tabell 5 viser, øker variasjonen både innen og mellom dietter når vi går fra å beregne diett- til partiell fordøyelighet.

Hos laks er det registrert høyest fordøyelighet av protein på hvetegluten med 98,4 %, SPC 86,4 %, erteprotein 87,2 %, maisgluten 75,7 % og lavest på fjørmel med 65,1 %.

Hos mink er rangeringen: hvetegluten 97,2 %, maisgluten 89,8 %, erteprotein 87,8 %, SPC 85,6 % og lavest fjørmel med 57,6 %. Laks og mink viser tilnærmet samme nivå fordøyelig protein i SPC, hvetegluten og erteprotein. For mink ble det registrert en signifikant høyere (14 % -enheter) fordøyelig protein i maisgluten enn hos laks som også tidligere vist av Mundheim, 1999.

Fjørmel har lavest fordøyelighet hos begge arter og hvor laks ligger 7,5 % -enheter høyere enn mink. Erfaringer med mink er at variasjonen mellom gjentakene øker når fordøyeligheten av protein er lav. Fjørmel kan bli en relevant proteinkilde i fôr til laks her i landet (inngår i fôr til laks i andre land), men proteinfordøyeligheten i produktet bør økes betraktelig dersom fjørmel skal bli en attraktiv råvare. Fjør har i utgangspunktet et høyere potensial med hensyn på fordøyelig protein enn det som ble funnet i dette partiet og gjennom optimal prosessering skulle det være mulighet å øke fordøyeligheten av denne råvaren.

Resultatene er i store trekk sammenfallende med tidligere undersøkelser og viser at mink kan brukes som modelldyr til laks for å gradere proteinfordøyelighet i ulike proteinråvarer. Det bør imidlertid gjøres en nærmere undersøkelse av maisgluten, gjerne flere partier for å se om nivåforskjellene som er registrert mellom laks og mink er råvareavhengig (relatert til proteinstruktur) eller om det kan ha sammenheng med prosessering. Også det usikre

resultatet (stort avvik mellom gjentakene) som ble funnet hos laks på SPC bør undersøkes nærmere.

I tillegg kan det i en videreføring være aktuelt å undersøke andre proteinfôrmidler samt benytte flere ulike innblandingsnivå av testråvaren dersom innholdet av antinæringsstoffer i testdietten blir så høyt at det påvirker fordøyeligheten av proteinet i fôrrasjonen.

I likhet med Mink har laks en lav bakteriell aktivitet i tarmkanalen og aminosyrene som blir utskilt i gjødsel er i hovedsak aminosyrer som ikke er fordøyd og derfor i liten grad påvirket av bakterier i tarmkanalen som både bryter ned og bygger opp aminosyrer. Dette gjør at en kan måle fordøyelighet av aminosyrer direkte. I tidligere undersøkelser er det funnet høy korrelasjon av fordøyelig aminosyrer mellom mink og regnbueørret på fiskeprotein og kjøttbeinmel (Skrede et al. 1980) og mellom mink og laks på bioprotein, (Skrede et al.1998).

Bruk av mink som modelldyr for å måle proteinfordøyelighet i råvarer og ferdig fôr har sine klare fordeler gjennom at metoden er lett å standardisere, krever lite bruk av forsøksdyr, er basert på naturlig utskillelse av gjødsel (fordøyelsesprosessen er ferdig), krever lite prøvemengde (720 g protein), er hurtig og billigere enn en tilsvarende test med fisk. Med mink kan en dessuten enkelt måle potensialet som et råstoff har i utgangspunktet samt teste mellomproduktene fra ulike prosesstrinn for å optimalisere prosess og produktkvalitet med hensyn på fordøyelig protein uten at en trenger å bearbeide prøven (eks tørking) før fôrproduksjon.

## 4 Referanser:

- Aksnes, A., Hjertnes, T., & Opstvedt, J., (1996). Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. *Aquaculture* 140, 343-359
- Animal Feed Science and Technology* 73, 103-116.
- Austreng, E., (1978). Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture* 13, 265-272.
- Miller, E., (1993). Tests to predict the quality of fish meals for special uses. IFOMA report nr. 1993-1
- Mundheim, H. and Opstvedt, O., (1989). Effect of dietary level of protein and fiber on apparent protein digestibility in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and salmon (*Salmo salar*) and comparison of protein digestibility in mink (*Mustela vison*), rainbow trout and salmon. In: M. Takeda and T. Watanabe (Editors). *The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture*, Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo, pp. 195-200.
- Mundheim, H., (1999). Effekt av fiskemelskvalitet og maisgluten i fôr til laks. SSF Intern-rapport C- 312.
- Romero, J.J., Castro, E., Diaz, A.M., Reveco, M. and Zaldivar, J., (1994). Evaluation of methods to certify the 'premium' quality of Chilean fish meals. *Aquaculture*, 124: 351-358.
- Skrede, A., (1979). Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition: IV. Fecal excretion and digestibility of nitrogen and amino acids in mink fed cod fillet or meat- and bone-meal. *Acta. Agric. Scand.* 29, 241-257.
- Skrede, A., Berge, G.M., Storebakken, T., Herstad, O., Aarstad, K.G. & Sundstøl, F. (1998) Digestibility of bacterial protein on natural gas in mink, pigs, chicken and Atlantic salmon.
- Skrede, A., Krogdahl, Å., Austreng, E., (1980). Digestibility of amino acids in raw fish flesh and meat and bone meal for the chicken, fox, mink and rainbow trout. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.* 43, 92-101.

