

Rapport nr. 302/74
RUBIN-FÔRET
Karbohydratkilder og bindere



RAPPORT-TITTEL

RUBIN-FÔRET. Karbohydratkilder og bindere

RAPPORTNUMMER	302/74	PROSJEKTNUMMER	302
UTGIVER	RUBIN	DATO	Desember 1997

UTFØRENDE INSTITUSJONER

AKVAFORSK

6600 Sunndalsøra

Tlf.: 71 69 98 00

Kontaktperson: Trond Storebakken

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

RUBIN-fôret, som er et ferskfôr med 70-80% fiskeavskjær, inneholder noe stivelse i form av ekstrudert hvete som virker vannabsorberende og bindende, samtidig som den er en kilde til energi i fôret. Alginatet (Algibind) i fôret sørger for, gjennom bl.a. geling med kalsium, at pelletten får god mekanisk styrke, også etter at den kommer i kontakt med vann.

Som et delprosjekt under prosjektet "Optimalisering av RUBIN-fôret", har Akvaforsk har foretatt en gjennomgang av de aktuelle kildene til opptørring/binding i RUBIN-fôret. En har vurdert følgende bindere:

- Stivelse (rå, forklistret, modifisert)
- Protein (fiskeprotein, gelatin fra fiskeskinn/bein, gluten, soyaprotein og bakterieprotein)
- Ufordøyelige bindere (alginater, modifisert cellulose, guar gum, syntetiske polymere)

Noen av de ufordøyelige binderne er uheldige brukt i fiskefôr, ikke bare fordi de ikke har noen næringsverdi, men også fordi de kan virke som bindere i tarmen til laksen og dermed nedsette fordøyeligheten, spesielt av fett og fettløselige forbindelser. Et eksempel er guar gum. (Når det gjelder alginatet Algibind, har den i forsøk vist seg å ikke nedsette fordøyeligheten av fett og protein med inntil 9% innblanding).

Av stivelsesprodukter er rå stivelse også uheldig i fiskefôr, pga. lav fordøyelighet og fordi den kan hindre fordøyelse av andre næringsstoffer. Også forklistret stivelse, som f.eks. ekstrudert hvete, har uheldige effekter hvis mengden er for stor. Laks har meget lav aktivitet av enzymet α -amylase, som spalter stivelsen i mindre biter. Forsøk tyder på at mer enn 10% stivelse (på tørrstoffbasis) i fôr til laks fører til nedsatt opptak av både stivelsen og av fett. Stivelse bør derfor begrenses til hva som er nødvendig for god binding.

Aktuelle bindere som kan erstatte stivelse er proteiner, f.eks. soyamel med redusert innhold av oligosakkarider og antinæringsstoffer, og bakterieprotein. Disse bør prøves ut i kombinasjon med råalginat.

Delvis erstatning av ekstrudert hvete med modifiserte stivelser kan også vurderes. Havre som bindemiddel er lite utprøvd, men kan være interessant pga. at stivelse i havre har vist seg å være mer tilgjengelig enn andre stivelser i forsøk.

Stiftelsen RUBIN
Pirsenteret, Brattøra
7005 Trondheim

Telefon 73 51 82 15
Telefax 73 51 70 84

Karbohydratkilder og bindere i våtfôr til laks.

Trond Storebakken
AKVAFORSK
6600 Sunndalsøra

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	2
1. Binding og vannabsorpsjon i våtfôr	3
2. Utnyttelse av stivelse i laksefôr	3
3. Ulike typer stivelse	3
4. Uheldige sider ved stivelsesrike fôrmidler.....	4
5. Ufordøyerlige bindemidler i laksefôr.....	5
6. Fordøyerlige bindere i fôr til laksefisk.....	6
7. Hvor godt utnyttes ulike stivelser i fôr til laks?.....	8
8. Sammensetning av kornsorter som er aktuelle som for å binde våtfôr	11
9. Litteraturhenvisninger	14

Sammendrag

Stivelse kan ha minst tre ulike virkninger i våtfôr til laks, binding, opptørring, og kilde til glukose og energi i fôret. Ufordøyelige bindere virker bare inn på opptørring og binding, men kan også ha negativ effekt på opptak og utnyttelse av andre næringsstoffer i fôret.

Gelatiniserte eller modifiserte stivelser er anvendelige i våtfôr til laks, fordi de absorberer vann og er tilgjengelige for hydrolyse i tarmen. Stivelse fra de ulike kornsortene og ulike knollvekster har ulike egenskaper, som gjennomgås i artikkelen.

En rekke ufordøyelige bindere benyttes i fiskefôr. Eksempler er alginater og halvforedledede tangprodukter, ulike gummier, modifisert cellulose og syntetiske polymere. Slike forbindelser fordøyes ikke av laks, og virker i varierende grad som bindere også i tarmen. Dette kan nedsette fordøyelighet, spesielt av fett og fettløselige forbindelser. En del av disse stoffene hemmer også fordøyelsesenzymer spesifikt.

Et alternativ til bruk av ufordøyelige bindere, er å utnytte ulike proteins bindeegenskaper, både som "lim" og ved koagulasjon. Et mulig potensiale her ligger i utnyttelse av proteiner fra skinn og bein hos fisk.

Flere tiltak bør utprøves med tanke på redusert innblanding av stivelse i Rubin-fôr. Mest aktuelt er det å utprøve fordøyelige bindere med gode vannabsorberende egenskaper. Et eksempel er soyamel med redusert innhold av oligosakkarider og antinæringsstoffer. Disse bør prøves ut i kombinasjon med råalginat. Delvis utbytting av ekstrudert hvete med modifiserte stivelser kan også vurderes. Havre som bindemiddel er lite utprøvd, men kan være interessant på grunn av at stivelse i havre har vist seg mer tilgjengelig enn andre stivelser i forsøk.

1. Binding og vannabsorpsjon i våtfôr

Binding og vannabsorpsjon er to ulike sider av samme sak. I et våtfôr tar ofte forklistret hvete og fiskemel seg av vannabsorpsjonen, slik at pelleten tørker, får god konsistens, og er enkel å føre ut. En pellet kan ha en tilsynelatende god struktur i luft, men løse seg opp når den kommer i vannet. Her kommer behovet for bindere inn. Binderne skal ved siden av opptørking av pelleten bidra til å "lime" ingrediensene sammen slik at det ikke løses ut i vannet.

Et laksefôr har behov for middels sterk binding, i og med at oppholdstiden i vannet er av kort varighet. Videre kan det være variasjon i behovet for binding alt etter om føringen foregår med vann i rør, med automat, eller håndføring. Andre akvakulturproduksjoner, som oppdrett av reker eller ål, stiller vesentlig større krav til binding av fôret. I disse produksjonene spiser dyrene deigfôr i vannet. Deigen må derfor både tåle å ligge i vann over lang tid og bli rotet i uten å løse seg opp i for stor grad. Av den grunn er det mye nyttig informasjon å hente fra litteraturen angående fôr til slike arter.

2. Utnyttelse av stivelse i laksefôr

Laks og andre én-magede rovdyr fordøyer rå stivelse dårlig. Grunnen er at rå stivelse er "pakket" på en måte slik at fordøyelsesenzymerne ikke kommer til. Våt varmebehandling (forklistring) av stivelsen fører til gelatinisering, det vil si at stivelsen "åpner seg" og sveller. Forklistret stivelse lar seg hydrolysere av enzymer i tarmen. Koking eller ekstuderer fører til forklistring, som også fører til at stivelsens bindeegenskaper bedres.

Laks har også begrenset evne til å fordøye gelatinisert stivelse. Dette synes i vesentlig grad å være på grunn av lav aktivitet av enzymet α -amylase i tarmen. Dette enzymet bryter opp stivelsen i mindre komponenter, som igjen spaltes til glukose av andre enzymer (disakkaridaser) i tarmen. Forsøk med laks har vist at fordøyelighet av rå stivelse ikke er over 30%. Ved lav innblanding kan forklistret stivelse fordøyas 80% eller mer. Hvis mengden økes utover ca. 10% av tørrstoffet i fôret, reduseres fordøyeligheten.

3. Ulike typer stivelse

Ulike stivelser klassifiseres etter hvorvidt de har rette eller forgrenede glukose-kjeder, og etter kjedelengden. Stivelse med lite forgrenede kjeder, for eksempel hvetemel, har dårlig vannløselighet, mens

stivelse med forgrenede kjeder, for eksempel mais- og potetmel, er mer vannløselige. Ulike stivelseskilder kan inneholde en blanding av forgrenede og uforgrenede stivelser, av ulike kjedelengder. Det er mulig å fraksjonere disse med tanke på fysiske egenskaper, men det er tvilsomt at slike produkter er aktuelle som bindemiddel i våtfôr til fisk.

Vannløselighet og fordøyelighet kan økes ved delvis hydrolyse (stivelseskjeden "kappes" opp i mindre biter) i kombinasjon med oppvarming. Produktet av slike prosesser kalles dekstriner, og har ofte gode vannabsorpsjonsegenskaper.

I næringsmiddelindustrien er det vanlig å benytte modifiserte stivelser for binding og vannabsorpsjon. Slike forbindelser lages ved at det innføres andre kjemiske grupper i stivelsesmolekylet, som påvirker stivelsens kjemiske egenskaper. Vanlig brukte modifiserte stivelser i næringsmiddelindustrien er voksestre, det vil si at stivelsen er kombinert med fettsyreestre, eventuelt med kortere organiske syrer.

4. Uheldige sider ved stivelsesrike fôrmidler

Rå stivelse i seg selv kan være uheldig i fôr til laksefisk. Den fordøyes dårlig, og kan også hindre fordøyelse av andre næringsstoffer i fôret, spesielt fett. Bruk av vannløselig, rå stivelse i fôret bør derfor begrenses til et minimum. Binding av amylase i tarminnholdet og tap av dette enzymet i gjødsel virker ikke å være forskjellig i ubehandlet og varmebehandlet korn (bygg, havre, hvete og mais), mens tapet av proteaser øker ved varmebehandling (koking eller ekstrudering) (Wathne og Lunde, 1986).

Også forklistret stivelse har uheldige effekter hvis mengden blir for stor. Laks har meget lav aktivitet av enzymet α -amylase, som spalter stivelsen opp i mindre biter. En del forsøk tyder på at mer enn 10% stivelse i fôr til laks fører til nedsatt opptak ikke bare av stivelse, men også fett. Regnbueørret har noe høyere aktivitet av α -amylase, men også hos denne arten fører mye stivelse i fôret til nedsatt fordøyelighet av stivelse og fett. Nyere forsøk ved AKVAFORSK viser at reduksjonen i fettfordøyelighet er nøye forbundet med den mengden ufordøyd karbohydrat som finnes i tarmen, selv hos regnbueørret som har fått fôr med dekstrin (Storebakken m. fl., manuskript). For å tilfredsstille kravet om effektiv fôrutnyttelse, bør derfor innhold av stivelse i fôr til laks begrenses til hva som er nødvendig for god binding.

Laksefisk er utpreget rovfisk, og har manglende evne til å regulere blodsukkerkonsentrasjonen hvis den får mye fordøyelig karbohydrat i fôret. Det er vanlig å finne forstørret lever, med mye glykogen, hos slik fisk. Forsøk har også vist at leverens evne til å skille ut giftstoffer er nedsatt når regnbueørret har fått fôr med mye tilgjengelig karbohydrat.

Mengden av forklistret stivelse i fôret bør derfor holdes på lavt nivå, anslagsvis under 10% på tørrstoffbasis, for at fôrutnyttelsen skal være god.

Karbohydratkildene som brukes i fôret inneholder ikke bare stivelse. I ulike kornsorter er det ulike typer løselig fiber ("non-starch polysaccharides"). Det finnes enda mer av slike forbindelser i vegetabiliske proteinfôrmidler, som soya og raps. Disse har de samme uheldige effektene som ufordøyerlige bindere, som blir omtalt senere. I fjørfeernæringen forskes det mye på bruk av enzymtilsetninger og fôrteknologiske metoder for å eliminere disse, og nye resultater fra AKVAFORSK viser at det er grunn til å være på vakt mot slike forbindelser også i laksefôr.

5. Ufordøyerlige bindemidler i laksefôr

En rekke ufordøyerlige forbindelser benyttes som bindemidler i fiskefôr:

Pelletbindere. For å få god konsistens på damp-pelletert fôr benyttes ofte ligno-sulfonat, et biprodukt fra treforedling, sammen med stivelse. Ligno-sulfonat er ufullstendig undersøkt som tilsetningsstoff i fôr til laks, men det faktum at det er et ufordøyerlig karbohydrat gir grunn til å anta at det i alle fall påvirker fettfordøyelighet. Ved AKVAFORSK har vi nylig gjort forsøk med en syntetisk binder, PVP, som ser ut til å ha gode bindeegenskaper uten at det påvirket vekst eller fordøyelighet i negativ retning.

Bindere for våtfôr. I våtfôr har særlig alginater og gummier, særlig guar gum, og kombinasjoner av disse, blitt benyttet.

Alginater er løselige, men ufordøyelige karbohydrater fra tang og tare. De gir både seighet (viskositet) og "tørker opp" fôret (danner geler). Geldannelsen skyldes at mannuronsyre og guluronsyre danner uløselige komplekser med kalsium eller andre toverdige ioner. Til tross for den sterke bindingen som forårsakes av disse binderne, har vi bare funnet moderat reduksjon i vekst og fordøyelighet når de brukes i våtfôr til laksefisk. På den andre siden er de ufordøyelige fiberforbindelser, og bør doseres til et minimum for god binding.

Guar gum er et populært bindemiddel fordi det er billig og sterktvirkende. Det virker bare som fortykningsmiddel, og har heldige fysiske egenskaper når det kombineres med for eksempel alginat. Guar gum er imidlertid beheftet med en rekke uheldige egenskaper. Det både hindrer fôropptak og fordøyelse, og har blitt benyttet i slankepreparater til mennesker. Det bør unngås i fôrblandinger til laksefisk.

Andre benyttede fortykningsmidler som benyttes i fiskefôr er CMS (carboxy-metyl-cellulose), carragenan (et alginat, bør unngås for det inneholder svovelgruppe som hemmer pepsin) og xanthan-gum. Virkningen av disse i tarmen hos laksefisk er ufullstendig dokumentert.

6. Fordøyelige bindere i fôr til laksefisk

De fordøyelige binderne som benyttes i fôr til laksefisk er først og fremst stivelse og proteiner.

Stivelse. Ved fremstilling av pelletert tørrfôr er stivelsens bindeegenskaper viktig. Stivelse er også av avgjørende betydning for ekspansjon og struktur i ekstruderte fôr. Ofte benyttes en kombinasjon av kornstivelse og spesielle kvaliteter av potetstivelse for å få de rette fysiske egenskaper på fôret. Forklistret stivelse er også av stor betydning for vannabsorpsjon og binding i de fleste våtfôr og våtfôr som ikke blir varmebehandlet.

Protein. Bindeegenskapene hos ulike proteiner kan utnyttes både ved at de suger opp vann og danner lim uten oppvarming, og at de koagulerer ved oppvarming. En rekke proteiner benyttes til lim i ulike industrielle prosesser, og anvendeligheten av dette har i for liten grad blitt undersøkt i fiskefôr.

Som eksempler på proteiner som utnyttes for å få binding på fôret, benytter jeg her fiskeprotein, gelatin, gluten og soyaprotein.

Varmekoagulert fiskeprotein benyttes i dag i flere konsept for å lage våtfôr til fisk. Varmebehandlingen kan variere fra overflatekoagulering (frityrsteking) til gjennomvarming (mikrobølgeteknikk), og fôret kan gis til fisken både som våtfôr eller i tørket form. Slike prosesser bør kunne bringe innholdet av stivelse ned på et minimum (det er ønskelig med litt stivelse i fôret for at proteinutnyttelsen skal være mest mulig effektiv), og gjøre bruken av ufordøyelige bindere overflødig. Våt varmebehandling er skånsom mot protein, og alvorlige varmeskader, som nedsetter fordøyelighet av protein, inntreffer i størst grad ved overtørking.

Gelatin har blitt benyttet til å binde flere typer forsøksfôr gjennom tidene. Fordelen med gelatin er at forholdsvis små mengder vann må varmes opp for å få det tilsatt. En av ulempene er at det bare danner gel, men ikke fortykker. Det vil si at pelleten ikke kan formes i noen grad etter at gelatinet har stivnet. Bruk av gelatin som produseres av slakteavfall fra varmblodige dyr i fiskefôr kan være uheldig i lys av debatten om "Mad Cow Disease" og lignende sykdommer ved overføring av prioner. Vi vet per dags dato ikke nok om spredning av slike smittestoffer til å kunne si at fisk er en sikker kilde for bruk av denne typen gelatin. En mulig kilde til gelatin som kan være interessant, både til fiskefôr og til andre produksjoner som nå får omstillingsproblemer på grunn av begrenset bruk av gelatin som stammer fra slakteriene, er skinn- og beinrikt filètavfall fra fiskeforedling.

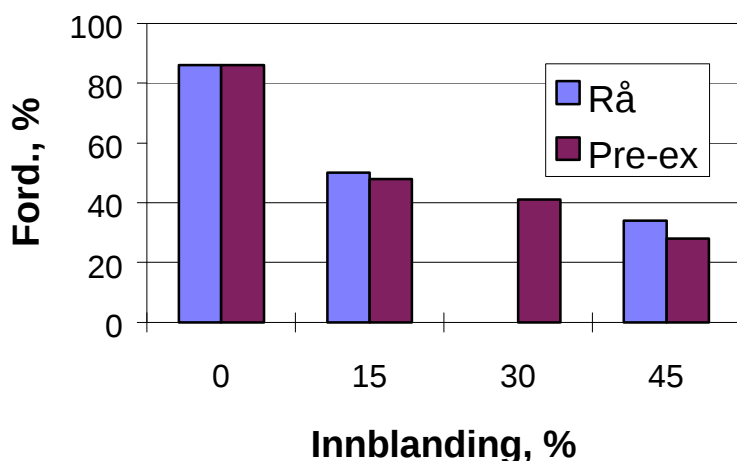
Gluten (maisgluten og hvetegluten) benyttes allerede i dag både i pelletert og ekstrudert fiskefôr. Ved siden av å være en meget fordøyelig kilde for protein, virker gluten som binder. Gluten er fattig på lysin, og denne aminosyren må derfor suppleres hvis det benyttes store mengder i fôret. De mengdene med gluten som er naturlig å bruke for å gi god konsistens, tilsier ikke at det er behov for slikt supplement, hvis fôret forøvrig er basert på fiskeprotein. Gluten er mest effektivt som bindemiddel ved oppvarming, men har også bindende og absorberende virkning når det benyttes i farseprodukter uten oppvarming.

I arbeidet med å vurdere vegetabiliske proteinkilder i fôr til laks har vi blitt kjent med en del produkter som har interessante vannabsorpsjonsegenskaper (både soyamel med redusert innhold av oligosakkarider og antinæringstoffer og bakterieprotein), samtidig som de aksepteres godt av laks og regnbueørret. Disse har enda ikke blitt utprøvd i våtfôr til laks.

7. Hvor godt utnyttes ulike stivelser i fôr til laks?

Det benyttes i dagens tørrfôr en god del stivelse som har blitt ekstrudert før innblanding i fôret. I ekstrudert fôr blir dermed denne stivelsen dobbelt ekstrudert. Som det framgår av figur 1 og tabell 1, har ikke denne behandlingen noen stor effekt på fordøyelighet av stivelse.

Som tidligere nevnt, avtar fordøyelighet av stivelse med økende innblanding i fôr til laks, og påvirker utnyttelsen av andre næringsstoffer. Fordøyelighet av stivelse er også forskjellig i fôr med ulik sammensetning. Grisdale-Helland og Helland (1997) viste for eksempel at fordøyelighet av stivelse avtok raskere ved økende innblanding i et fôr med høyt fettinnhold enn lavt fettinnhold. Effekten av økende innblanding av hvete i fôr til regnbueørret har vist seg å være mindre enn det man vanligvis finner med hvete i laksefôr (Arnesen og Krogdahl, 1995). Når man leser tabell 1, vil det også gå fram at fordøyelighet av like stivelseskilder varierer fra et forsøk til et annet. Tallene i tabellen må derfor benyttes med aktsomhet.



Figur 1. Stivelsesfordøyelighet (%) i ekstrudert laksefôr hvor hvetekli har blitt delvis byttet ut med rå eller pre-ekstrudert hvete (modifisert etter Arnesen og Krogdahl, 1993).

I våtfôr til laks er spørsmålet hvorvidt det skal benyttes rå eller varmebehandlede stivelseskilder som tidligere nevnt lite relevant. Rå stivelse bør unngås fordi den fordøyes dårlig og hindrer fordøyelse av andre næringsstoffer.

Havre ser ut til å havne i en særstilling med tanke på de stivelseskindene som er undersøkt i fôr til laksefisk så langt. I et forsøk med ulike havreprodukter i fôr til regnbueørret, fant Arnesen og Krogdahl (1995) at fordøyelighet av stivelse i ulike formalte havrekilder (og utmalingsfraksjoner av havre) var høy (tabell 2). Havren var ikke varmebehandlet forut for innblanding. Videre ble den brukt i pelletert fôr, og var derfor ikke nevneverdig forklistret i fôrproduksjonen. Disse resultatene tyder på at havre kan være en meget aktuell karbohydratkilde å studere i videre forsøk for å optimalisere binding av våtfôr til laks med færrest mulig uheldige effekter. Også virkningen av potetstivelse, stivelse fra andre knoller, og modifiserte stivelser på utnyttelsen av andre næringsstoffer hos laks er mangelfullt undersøkt, og bør følges opp i forsøk. Modifiserte stivelser bør prøves ut i nær kommunikasjon med produsentene.

Tabell 1. Fordøyelighet av ulike karbohydratkilder som har blitt benyttet i forsøk med laks

Karbohydratkilde	Behandling	Innblanding, %		Fordøyelighet av stivelse, %	REFERANSE
Hvete	Pre-ekstrudert	10-15	Laks i sjøen, ekstrudert fôr	53	Thodesen & Storebakken, 1998
	Pre-ekstrudert	11-21	Laks under smoltifisering, ekstrudert fôr, lavt fett	84-91	Grisdale-Helland & Helland, 1997
	Pre-ekstrudert	9-22	Laks under smoltifisering, ekstrudert fôr, høyt fett	76-88	Grisdale-Helland & Helland, 1997
	Rå	45	Laks i sjøen, ekstrudert fôr, lavt fett (17%)	34	Arnesen & Krogdahl, 1993
	Pre-ekstrudert	45?	Laks i sjøen, ekstrudert fôr, lavt fett (17%)	28	Arnesen & Krogdahl, 1993
Hvetekli		45	Laks i sjøen, ekstrudert fôr, lavt fett (24%)	86	Arnesen & Krogdahl, 1993
Maisstivelse (M) +hvete (H)	Rå	fra 0,5% M+ 0,5% H til 13% M + 16% H	Laks i sjøen, ekstrudert fôr, middels fett (28%)	81-43	Aksnes (1995)
Rug	Ekstrudert	10-15		52%	Thodesen & Storebakken, 1998

Tabell 2. Fordøyelighet av stivelse hos regnbueørret som har fått pelletert fôr med ulike havrekilder (Arnesen og Krogdahl, 1995)

Behandling	Innblanding, %	Fordøyelighet av stivelse, %
Hel havre	40-10	68-79
Havregryn	23-5	71-80
Valset havre	23-5	91-88
Havremel	23-6	94-88
Havrekli	17-4	73-86

8. Sammensetning av kornsorter som er aktuelle som for å binde våtfôr

Resultatene som tidligere er gjennomgått viser at ulike kornsorter både har ulike bindeegenskaper, og påvirker fisken i ulik grad. I følgende sammenstilling summeres derfor en del karakteristika ved ulike kornsorter, for å gi en pekepinn om hvilke bindeegenskaper som kan forventes. Videre gis det en summarisk oversikt over fiberfraksjonene i de enkelte kornsortene. En kornsorts bindeegenskaper kan sannsynligvis forutsies ut fra informasjon om innhold og sammensetning av stivelse, protein, og løselig fiber (NSP), i tillegg til teknologisk behandling av kornet. Slike modeller finnes for å kunne forutsi blant annet kvaliteten av bakevarer og pastaprodukter. Per dags dato er det ikke publisert resultater som kan anvendes til å utvikle slike modeller for våtfôr til laks. Dette, sammen med en mer generell vurdering av bindere, kan være et fremtidig satsingsområde for å forbedre våtfôr til laks, og dermed utnyttelse av biprodukter fra fiskeriene.

Ved siden av et høyt stivelsesinnhold, finnes det protein, fiber, varierende mengder av fett, og en rekke mikronæringsstoffer i korn. Proteinet (gluten) er fattig på lysin, og inneholder mye glutamin. Fiberinnhold- og sammensetning varierer både fra en kornsort til en annen, og med utmalingsgrad. Oljeinnholdet varierer også med fra en kornsort til en annen, og med utmalingsgrad (kimen inneholder mye olje).

Omtrent 2/3 av fosfor i korn er bundet til fytinsyre, og dermed ikke tilgjengelig for fisk. Fytinsyre hindrer også opptak av andre mineraler fra tarmen. Ved bruk av store mengder vegetabiliske protein-

fôrmidler (som soya) til laks, må man ta hensyn til dette, og bryte ned fytinsyren med fytase. Dette er ikke nødvendig med de forholdsvis lave innblandingsnivåene som benyttes av kornprodukter i våtfôr til laks. Nye forsøk ved AKVAFORSK har i tillegg vist at forholdsvis store mengder hvetegluten kan nyttes i fôr til laks uten at det nedsetter absorpsjon av mineraler.

Korn inneholder en rekke enzymer som aktiveres i forbindelse med oppbløyting og spiring. Kjente eksempler (ved siden av hydrolyse av stivelse til maltose i bygg), er at innholdet av både fytinsyre og løselig fiber reduseres hvis kornet svelles og varmes opp. Behovet for bruk av slike prosesser til kornprodukter for våtfôr til laks er uklart.

Tallene i tabell 3 viser karbohydratsammensetning i ulike kornsorter. Informasjon om karbohydratsammensetning i korn er hentet fra Bach Knudsen (1997). Hvete og mais inneholder mest stivelse av de hele kornsortene, og innholdet i rug økes vesentlig ved avskalling. Innholdet av stivelse i havre er noe lavere enn i de andre, både i helkorn og avskallet korn. Blant sukkerne (monosakkarider og disakkarider), er det sukrose som dominerer, men alle kornartene inneholder også små mengder raffinose og staktyose. Sammensetningen av NSP er forskjellig i de ulike kornsortene. Særlig bygg, men også havre, og i mindre grad rug inneholder β -glukaner, som bidrar til viskositet i tarminnholdet. Cellulose utgjør lite av NSP-fraksjonene, med unntak av bygg og havre. Dette ble imidlertid redusert ved avskalling. I hel bygg og havre, og avskallet bygg utgjør løselig NCP relativt mye av NSP. De dominerende monosakkaridene som NCP i korn er bygget opp av er xylose, arabinose og glukose. Xylose og arabinose dominerer i uløselig NCP, mens innholdet av glukose er betydelig i løselig NCP. Hos rug dominerer imidlertid xylose og arabinose også i løselig NCP. Lignininnholdet i de enkelte kornsortene varierte fra 1,1 til 6,6%. Mais inneholdt minst lignin, mens hel bygg inneholdt mest. Det er en sterk negativ korrelasjon mellom innhold av stivelse og kostfiber, og sterke positive korrelasjoner mellom innholdet av cellulose og lignin, og mellom β -glukan og løselig NCP i korn.

Tabell 3. Karbohydratsammensetning i ulike kornpsorter (%).

	Stivelse ¹ (i tørrstoff)	Stivelse ⁴	Sukker ¹ (i tørrstoff)	Total NSP ^{1,2} (i tørrstoff)	Løselig NCP ^{1,3} (i tørrstoff)	Uløselig NCP ^{1,3} (i tørrstoff)	Råprotein ⁴	Fett ⁴
Bygg, hel	59	53-67	2,1	18,6	5,6	8,8	8-13	0,9-4,6
avskallet	65			12,4	5,0	6,4		
Havre, hel	47	39-55	1,7	23,2	4,0	11,0	11-15	5,0-9,0
avskallet	56			11,6	5,4	4,9		
Hvete	65	60-73	1,9	11,9	2,5	7,4	9-17	2,1-3,8
Mais	69		2,0	9,7	0,9	6,6	8,5 ⁵	3,6 ⁵
Rug	61	50-63	3,2	15,2	4,2	9,4	8-12	2,0-3,5

¹Etter Back Knudsen (1997). ²NSP er andre polysakkarider enn stivelse (Non-starch polysaccharides). ³NCP er cellulose-fri NSP. ⁴Fra VTT Biotechnology and Food Research (% av korn). ⁵Fra NRC (1993)

9. Litteraturhenvisninger

- Aksnes, A., 1995. Growth, feed efficiency and slaughter quality of salmon, *Salmo salar* L., given feeds with different ratios of carbohydrate and protein. *Aquacult. Nutr.*, 1: 241-248.
- Arnesen, P. & Krogdahl, Å., 1993. Crude and pre-extruded products of wheat as nutrient sources in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) grown in sea water. *Aquaculture*, 118: 105-117.
- Arnesen, P. & Krogdahl, Å., 1995. Nutrient digestibilities, weight gain and plasma and liver levels of carbohydrate in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed diets with oats. *Aquacult. Nutr.* 1: 201-211.
- Bach Knudsen, K.E., 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 67: 319-338.
- Grisdale-Helland, B. & Helland, S.J., 1997. Replacement of protein by fat and carbohydrate in diets for atlantic salmon (*Salmo salar*) at the end of the freshwater stage. *Aquaculture*, 152: 167-180.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of finfish. National Academy Press, Washington, DC, 114 s.
- Storebakken, T., Shearer, K.D., Refstie, S., Lagocki, S. & McCool, J. (manuskript). Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* (innsendt for publisering).
- Thodesen, J. & Storebakken, T., 1998. Digestibility of diets with precooked rye or wheat by Atlantic salmon, *Salmo salar*, L.. *Aquacult. Nutr.*, in press.
- Wathne, E. & Lunde, K.H., 1986. Effekt av varmebehandling av bygg, havre, kveite og mais på næringsverdien til kylling, regnbueaure og mink. Del 1. Kylling og regnbueaure. Hovedoppgave ved Norges Landbrukshøgskole, Institutt for fjørfe og pelsdyr. 96 s.