

2021:00454 - Åpen

Rapport

Produksjon av kommersielle produkter fra hydrolyserte torsk ehoder i stor skala

PRIMAprotein

Forfattere

Jannicke Fugledal Remme (Sintef Ocean AS)

Kevin Salbuvik, Amund Pedersen, Geir Kruger og Niclas Dalberg (Fjordlaks)

Odd Henning Sirnes (Membranteknikk AS)

Hallgeir Sterten (Felleskjøpet)



Rapport

Produksjon av kommersielle produkter fra hydrolyserte torskeshoder i stor skala

PRIMAprotein

EMNEORD:
Torsk
Torskeshoder
Hydrolyse
Enzymatisk hydrolyse
Industriell skala

VERSJON	DATO
1	2021-04-30
FORFATTER(E)	
Jannicke Fugledal Remme Kevin Salbuvik, Amund Pedersen, Geir Kruger og Niclas Dalberg (Fjordlaks) Odd Henning Sirnes (Membranteknikk AS) Hallgeir Sterten (Felleskjøpet)	
OPPDRAGSGIVER(E)	OPPDRAGSGIVERS REF.
FHF	Lorena Jorner, #901602
PROSJEKTNR	ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
302005417	22+ vedlegg

SAMMENDRAG:

Det ble produsert over 150 kg av høykvalitets proteinhydrolysat fra torskeshoder. Hydrolysatet er lyst, nøytral lukt og smak, lett vannløselig og inneholder over 90 % protein og under 0,5 % fett. Hydrolysatet ble produsert i en nyutviklet hydrolysereaktor. Det ble gjennomført 13 industrielle produksjonsforsøk, hvorav 12 batcher ble direkte membranfiltrert (mikro og nanofiltrering). Til tross for et veldig godt produkt, er det fremdeles et stort potensial til økt utbytte. Det ligger proteinrike fiskeråstoffer igjen i reaktoren, som ville vært hydrolysert ved bedre bevegelse eller større overflate av massen i reaktoren. Felleskjøpet har vurdert beinfraksjonen som aktuell i petfood og restfraksjonen, som ligner fiskemel i sammensetning, er aktuell som ingrediens i dyrefôr.

SUMMARY: More than 150 kg of high-quality protein hydrolysate was produced from cod heads. The hydrolysate is white/light yellow, neutral smell and taste, easily water-soluble and contains over 90% protein and below 0.5% fat. The hydrolysate was produced in a newly developed hydrolysis reactor. Thirteen industrial production experiments were carried out, of which 12 batches were directly membrane filtered (micro and nanofiltration). Despite a very good product, there is still a great potential for increased yield. There is protein rich fish raw material left in the reactor, which would have been hydrolysed by better movement or increased surface area of the mass in the reactor. Felleskjøpet has assessed the bone fraction as relevant in pet food and the residual fraction, which is similar to fishmeal in composition, relevant as an ingredient in animal feed.

UTARBEIDET AV
Jannicke Fugledal Remme *Jannicke F. Remme* SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Rasa Slizvte *Rasa Slizvte* SIGNATUR
Rasa Slizvte (Nov 16, 2021 12:05 GMT+1)

GODKJENT AV
Gunvor Øie *Gunvor Øie* SIGNATUR

RAPPORTNR	ISBN	GRADERING	GRADERING DENNE SIDE
2021:00454	ISBN-nummer	Åpen	Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2021-04-30	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	INTRODUKSJON.....	4
1.1	Høykvalitets protein.....	6
1.2	Beinfraksjon	6
1.2.1	Fosfor.....	7
1.3	Restfraksjon	7
2	ORGANISERING	8
3	MÅL	8
4	MATERIALER OG METODER	9
4.1	Råstoff.....	9
4.2	Pilotforsøk ved Karlsøybruket.....	9
4.3	Analysemetoder.....	9
4.3.1	Prøveuttak	9
4.3.2	Vanninnhold og tørrstoff.....	9
4.3.3	Aske	10
4.3.4	Fettinnhold	10
4.3.5	Proteininnhold.....	10
4.3.6	Hydrolysegrad.....	10
4.3.7	Molekylvektfordeling	10
4.3.8	Aminosyrer, kimtall, TVN og biogene aminer.....	10
5	RESULTATER OG DISKUSJON.....	11
5.1	Industriforsøk ved Karlsøybruket.....	11
5.1.1	Hydrolysereaktoren	11
5.1.2	Membranfiltrering	12
5.1.3	Hydrolysat.....	14
5.1.4	Beinfraksjon	14
5.2	Karakterisering av tørket hydrolysat, permeat og filtrat	15
5.2.1	Kjemisk sammensetning	15
5.2.2	Hydrolysegrad.....	16
5.2.3	Molekylvektfordeling	16
5.3	Industritørket prøve.....	17
5.3.1	Aminosyresammensetning.....	18
5.4	Vurdering av tørket bein til før.	20
6	KONKLUSJON	21
7	HOVEDFUNN	21
8	REFERANSER	22

1 INTRODUKSJON

I Fjordlaks konsernet produseres det ca. 10-14.000 tonn restråstoff (hode, innmat og rygg) fra frossen og fersk hvitfisk per år. Hodene utgjør rundt 20 % av hel torsk. Fjordlaks driver Tufjordbruket og Karlsøybruket, to fiskemottak som produserer opp mot 4000 tonn torskeshoder i året. Hodene inneholder rundt 15 % protein, en god del bein og lite fett [1]. Et kommersielt relevant hydrolysat ha høyt proteininnhold, over 90 %, og lavt fett og askeinnhold. Det må være lyst, helst hvitt, og ha en nøytral lukt og smak. Det har blitt demonstrert i 3 prosjekter, at torskeshoder er godt egnet til produksjon av hydrolysater av høy kvalitet. Utfordringen har vært å få til en industriell prosess med høyt utbytte. De ulike prosjektene er kort presentert i tabell 1.

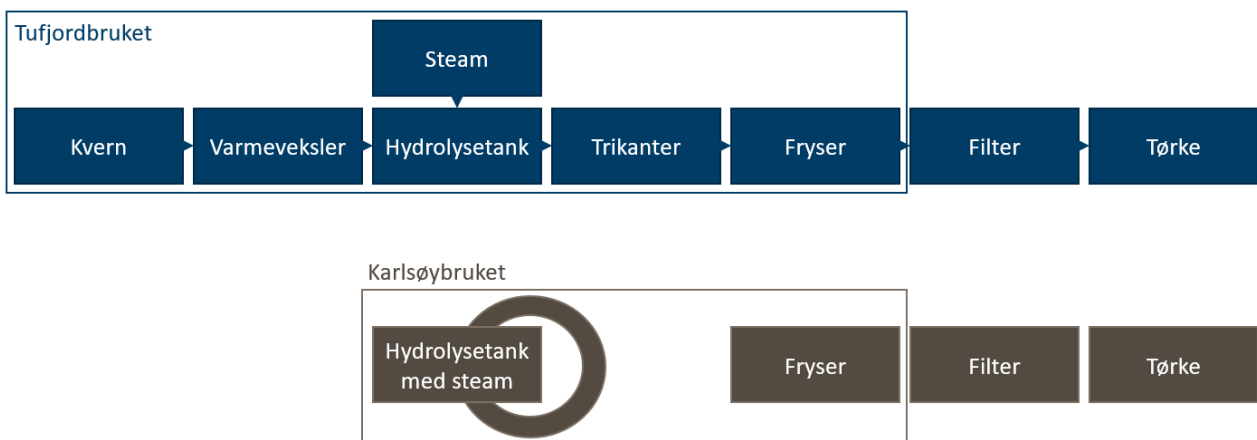
Tabell 1: Kort oversikt over FHF prosjektene rundt hydrolyse av torskeshoder.

Kortnavn	Prosjektnummer	Prosjektnavn
HEADS UP	901308	Anvendelser av hoder til humant konsum
Mål Produsere protein fra torskeshoder til humant konsum.		
Delmål: (1) Finne prosessbetingelser for hydrolyse av torskeshoder som gir høyt proteininnhold og nøytral lukt og smak. (2) Optimalisere prosessering i pilotskala ved Tufjordbruket. (3) Etablere prosedyrer for stabilisering av hydrolysat. (4) Identifisere kvalitetskriterier for å nå markedet for humant konsum. (5) Bygge erfaring til prosjektering av en fullskalafabrikk.		
Hovedfunn Hydrolyse med bruk av kommersielle enzymer er en godt egnet prosess for å utvinne kvalitetsprotein fra torskeshoder. <ul style="list-style-type: none"> • Ulike typer enzym gir ulike hydrolysater. • Vannmengden (ned til kritisk punkt) påvirker i liten grad hydrolysen og kvaliteten. • Torskeshodehydrolysater har høyere kvalitet enn tradisjonelt fiskemel. • Torskeshodehydrolysater er interessante som tilsetning i mat. 		
Kortnavn	Prosjektnummer	Prosjektnavn
HEADS UP II	901499	Kvalitetsprotein fra torskeshoder
Mål Produsere protein fra hvitfiskhoder til humant konsum.		
Delmål : (1) Videre optimalisere hydrolysebetingelser for hoder, samt gjennomføre labskala forsøk for hydrolyse av uer og liten sei. (2) Gjennomføre fullskala forsøk. (3) Undersøke holdbarhet til tørket hydrolysat. (4) Kartlegge krav til dokumentasjon og merking.		
Hovedfunn <ul style="list-style-type: none"> • Det er mulig å hydrolysere hele torskeshoder, men det krever tilpasset teknologi for å oppnå forventet utbyttet. • Det kan produseres proteinprodukter med over 90 % protein, som er lett vannløselig og som har en nøytral lukt og smak. • Proteinpulveret kan lagres ett år uten kvalitetstap. • 14 forskrifter er aktuelle for marine proteinprodukter. 		
Kortnavn	Prosjektnummer	Prosjektnavn
PRIMAprotein	901602	Produksjon av kommersielle produkter fra hydrolyserte torskeshoder i stor skala
Mål Produsere et kommersielt hydrolysat fra torskeshoder i stor skala.		
Kortnavn	Prosjektnummer	Prosjektnavn
Protein og helse	901419	Marine bioaktive fiskepeptider for forebygging av overvekt og mikrobiotarelaterte sykdommer i mennesker og dyr
Hovedmål Å kunne dokumentere bruken av hydrolysat fra fiskeprotein som nye funksjonelle ingredienser som kan motvirke forstyrrelser i absorpsjonen av næringsstoffer og hindre utvikling av overvektrelaterte sykdommer hos mennesker og dyr.		

I prosjektet HEADS UP ble det identifisert en god enzymkombinasjon som ga høyt utbytte og et proteinhydrolysat som inneholdt over 80 % protein [2]. Pilotforsøk gjennomført ved Tufjordbruket ga et godt innblikk i muligheter og utfordringer rundt hydrolyse av torskeshoder. Den største utfordringen er knyttet til høyt innhold av bein i hodene. Beina er utfordrende både med tanke på kverning og pumping. Beinfraksjonen som dannes er tung og "pakker" seg i bunnen av en reaktor. En hydrolyseaktor i full skala må ta høyde for

dette. Forsøkene med Mobile Sealab viste også at ferske hoder resulterer i et proteinhydrolysat med høy kvalitet.

Erfaringene fra HEADS UP prosjektet ble videreført i HEADS UP II prosjektet, der målet var å utvikle en hydrolyseprosess som løste problemene knyttet til beinfraksjonen, samt å utvikle en prosess med et høyt utbytte av proteinhydrolysat. I forsøkene ble det benyttet hele hoder, noe som ble en utfordring i forhold til utbytte. I HEADS UP prosjektet ble mye av tid og ressurser benyttet til å redusere vannmengden som måtte benyttes til hydrolyse [2]. Hydrolyse av hele hoder (som ble benyttet i HEADS UP II) krever mer vann enn hydrolyse av kverna hoder (som ble benyttet i HEADS UP). I tillegg stilles det enda strengere krav til omrøring i hydrolysereaktoren, som må sikre at enzymer rekker alle deler av hodene. Med hele hoder var det krevende å holde massen i bevegelse. I HEADS UP II prosjektet ble det utviklet en redusert prosesslinje, uten kvern, varmeveksler og trikanter [3]. En sammenligning av prosesslinjene som ble benyttet ved Tufjordbruket og Karlsøybruket er vist i figur 1. Prosesslinjen har tatt stort hensyn til utfordringene knyttet til kverning og pumping av beinfraksjonen fra hodene.



Figur 1: Likheter og ulikheter mellom prosesslinjen testet i de to HEADS UP prosjektene.

Hydrolysereaktoren i HEADS UP II hadde rask varmeutveksling og en smart løsning til beinfraksjonen. En indre sil i tanken ble etter endt hydrolyse løftet ut av tanken og tømt. Reaktoren hadde for svakt rørverk, og førte til utfordringer knyttet omrøring når det var mye hoder og lite vann i tanken. Hele hoder pakker seg lett og det kreves mye energi for å bevege de rundt i begynnelsen av hydrolysen. Uttestingen av hydrolysetanken startet med dobbelt så mye hoder som vann, basert på forsøkene ved Tufjordbruket. Etter hvert i uttestingen måtte det tilsettes mer vann enn planlagt og ønsket for å få omrøring.

I PRIMAprtein prosjektet ble det utviklet en ny reaktor, basert på erfaringer fra de to HEADS UP prosjektene. Denne gangen var reaktoren liggende, med en innebygd korg for å ta ut beinfraksjonen (figur 2). Hodene ble ikke kvernet før hydrolyse. I tillegg ble membranlegget tatt med til Karlsøybruket, og hydrolysatet ble filtrert før det ble kjølt, fryst og tørket.



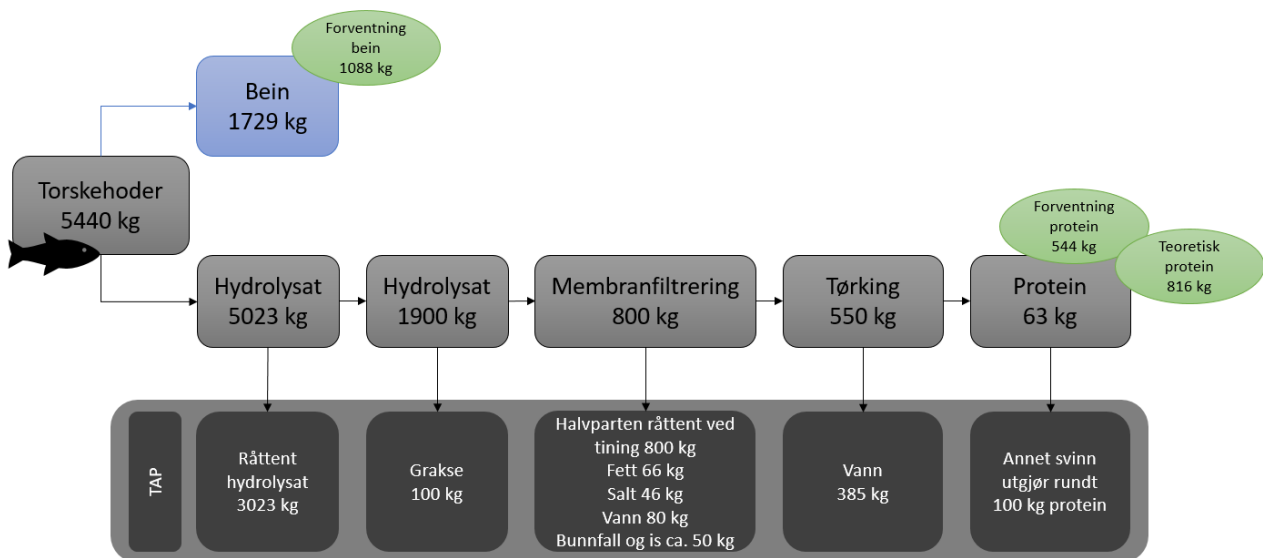
Figur 2: En liggende, nyutviklet, hydrolysereaktor ble testet i PRIMAprtein prosjektet.

I tillegg til produksjon av et større volum protein, har PRIMApotein prosjektet hatt større fokus på totalutnyttelse av hodet, sammenlignet med HEADS UP prosjektene. Ved hydrolyse av torskehoder produseres det (1) en høykvalitets protein fraksjon, (2) en stor beinfraksjon og (3) en restfraksjon bestående av uløst protein, fett og noe aske.

1.1 Høykvalitets protein

Det er produsert proteinhydrolysater av banebrytende høy kvalitet i HEADS UP prosjektene. I de første hydrolysatene fra torskehoder, var proteininnholdet rundt 80 %, både i laboratoriet og i pilotskala [2]. Fett og askeinnholdet var henholdsvis 0,2 - 11 % og 10 -15 %. Etter membranfiltrering av en industriell prøve i HEADS UP II [3] prosjektet, var proteininnholdet økt til over 90 %, samt at fett og askenivået var redusert til henholdsvis 0,1 % og 5,9 %. Både sentrifugering og filtrering reduserer fettinnholdet i hydrolysatet, og bidrar dermed til bedre kvalitet.

Det er gjentatte ganger produsert høykvalitets protein fra torskehoder. Ulike produksjonsforsøk har gitt samme resultat når det gjelder kvalitet, men dessverre ikke når det gjelder utbyttet. Protein recovery, utbytte av protein i forhold til tilgjengelig protein, ble redusert fra over 60 % i laboratorieskala til 54 % i pilotskala. I HEADS UP II prosjektet varierte protein recovery fra 40-70 %. Til tross for en produksjon av over 5000 liter hydrolysat, ble det kun produsert 63 kg tørket proteinhydrolysat (figur 3). Hydrolysat har svært kort holdbarhet, og krever rask nedkjøling. I tillegg oppsto det tap av hydrolysat både under membranfiltrering og tørking.

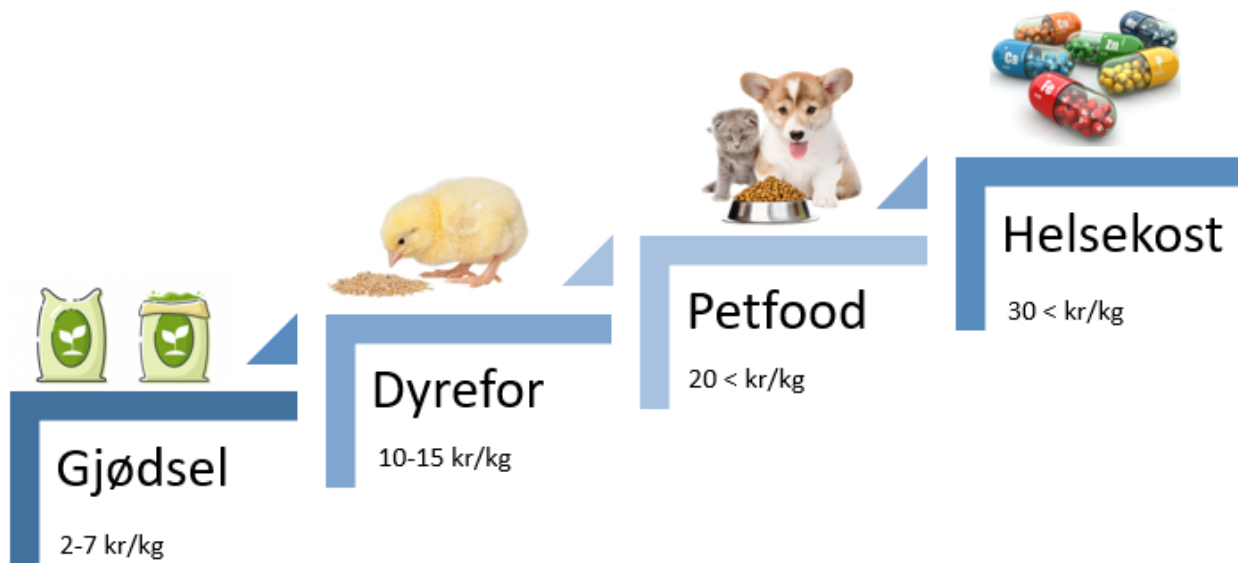


Figur 3: Hydrolysat fra de 6 produserte batchene ble slått sammen for å produsere en større mengde proteinpulver. Figuren viser prosessstrinn og tap fram mot sluttproduktet.

1.2 Beinfraksjon

Beinfraksjonen er en god indikator på hvor god hydrolysen har vært, basert på hvor stor andel den utgjør. Beinfraksjonen utgjør rundt 20 % av råstoffet [2]. Hittil har beinfraksjonen etter hydrolyse ofte utgjort en større andel, da hydrolyseaktorene ikke har hatt god nok utforming. Beinfraksjonen har pakket seg nederst i reaktoren og tatt med seg en god del protein.

Beinfraksjonen fra torsk kan brukes som gjødsel, ingrediens i fôr og helsekost (figur 4). De ulike produktene har ulik markedsverdi og ulike krav til produksjonsprosess, kjemisk sammensetning og mineralinnhold.



Figur 4: Mulig bruks- og markedsområder for bein fra torskehoder.

1.2.1 Fosfor

Det norske matvaresystemet er avhengig av fosforimport, både i form av mineralgjødning, fôr (til dyr og fisk) og mat. Både Norge og EU har et mål om en sirkulær økonomi som innebærer økt bruk av avfall som råvare samt optimalisert utnyttelse av fosfor (Miljødirektoratet, 2017). Fiskebein og andre fiskerester har vist seg å være godt egnet som gjødning [4, 5], siden de er rike på fosfor (P), kalsium (Ca) og nitrogen (N). Dette ble tydelig demonstrert i prosjektet «Restråstoffer fra havet som gjødning til økologisk landbruk»¹ der NORSØK undersøkte gjødningsvirkningen av algefiber fra grisetang og ulike typer beinrikt reststoff fra hvitfisk. Dette prosjektet, samt andre, har demonstrert at marint reststoff bidrar til en betydelig økning i planteveksten. Det er verdt å nevne at torskbein bidro til 74 % meravling av grønnsått, sammenlignet med avling uten gjødning.

1.3 Restfraksjon

Restfraksjonen består av bunnfall etter hydrolyse og sidestrømmer etter membranfiltrering. Kjemisk vil den bestå av en del uløst protein, lipider og en del aske. Fraksjonen vil kunne tilsvare fiskemel i sammensetning. Den kjemiske sammensetningen vil bli vurdert inn mot dyrefôr markedet.

¹ Finansiert av Møre og Romsdal Fylkeskommune, 2017-2021. NORSØK var prosjektleder, SINTEF Ocean var partner.

2 ORGANISERING

Prosjektet ble ledet av SINTEF Ocean. SINTEF har bidratt med forsøksplanlegging, dokumentasjon av produksjon, logistikk for utstyr og hydrolysat, samt kjemiske analyser. Prosjektpartnere har vært:

Fjordlaks; ansvarlig for tilrettelegging for gjennomføring av produksjon ved Karlsøybruket våren 2020, og for uttesting av ny hydrolysetank. De hadde også ansvar for råstoff, enzymer og leie av inndamper, samt energimåling.

Membranteknikk; gjennomførte membranfiltrering under de første forsøkene og ga opplæring i bruk av anlegget, slik at det ble benyttet av Fjordlaks til videre produksjon i en tidsbegrenset periode.

Felleskjøpet; har bidratt med kunnskap og kompetanse inn mot dyreformarkedet, og å vurdere egnethet for grakse og beinfraksjonen som dyrefor.

Referansegruppen besto av:

Jannicke Fugledal Remme (SINTEF Ocean), prosjektleder.

Amund Pedersen, Fjordlaks AS

Odd Henning Sirnes, Membranteknikk AS

Hallgeir Sterten, Felleskjøpet AS

Lorena Jornet, FHF

3 MÅL

Hovedmålet var å produsere et kommersielt hydrolysat fra torskeshoder.

Delmål:

1. Produksjon av minst 150 kg proteinhydrolysat fra ferske torskeshoder, med samme betingelser som i Heads up prosjektene.
2. Sikre høy kvalitet og utbytte i produksjonsprosessen.
3. Stabilisere hydrolysat rett etter produksjon nært produksjonssted.
4. Videreutvikle teknologi for hydrolyse av torskeshoder.
5. Vurdere alternativer for totalutnyttelse av alle fraksjoner som oppstår under hydrolyse av torskeshoder (hydrolysat, grakse, bein)
6. Kartlegge driftskostnader for hydrolyseprosessen (energiforbruk, vannforbruk, enzym og investeringer).

4 MATERIALER OG METODER

4.1 Råstoff

Hydrolyseforsøkene ved Karlsøybruket ble gjennomført med ferske torskeshoder som ble fortløpende produsert.

4.2 Pilotforsøk ved Karlsøybruket

Fjordlaks har utviklet en ny hydrolysetank basert på erfaringene fra det første HEADS UP prosjektet. Den nye tanken ble benyttet til gjennomføring av hydrolyseforsøkene. Hydrolysebetingelsene som ble testet er oppsummert i tabell 2.

Tabell 2: Betingelser for hydrolyseforsøkene som ble gjennomført ved Karlsøybruket.

Forsøksnavn	Råstoff (kg)	Vann (kg)	Enzymmengde (% pr råstoff vekt)	Enzymtype	Hydrolyse temperatur [°C]
K10	1532	766	0,1	Papain & Bromelain	50
K11	1000	1000	0,1	Papain & Bromelain	50
K12	1200	1000	0,1	Papain & Bromelain	50
K13	1000	1000	0,1	Papain & Bromelain	50
K14	1100	1000	0,1	Papain & Bromelain	50
K15	1000	1000	0,1	Papain & Bromelain	50
K16	1000	1000	0,1	Papain & Bromelain	50
K17	716	716	0,1	Papain & Bromelain	50
K18	955	1200	0,1	Papain & Bromelain	50
K19	960	1400	0,1	Papain & Bromelain	50
K20	1050	1200	0,1	Papain & Bromelain	50
K21	1000	1200	0,1	Papain & Bromelain	50
K22	900	1100	0,1	Papain & Bromelain	50

Membranfiltrering ble gjennomført av Membranteknikk AS med eget pilotanlegg. Spraytørking av industriell prøve ble utført av Seagarden AS. Den industrielle prøven ble sendt til Eurofins for analyser.

4.3 Analysemetoder

4.3.1 Prøveuttak

Det ble tatt ut prøve av hydrolysat etter hydrolyse og fra sidestrømmene etter membranfiltrering. Prøvene ble frysetørket før kjemisk analyse. Det største volumet ble fryst og sendt til Seagarden for spraytørking.

4.3.2 Vanninnhold og tørrstoff

Vanninnholdet i prøvene ble bestemt ved å tørke homogenisert råstoff i varmeskap ved 105 °C over natten. Vann-/tørrstoffinnholdet ble beregnet som massetap etter tørking og presentert i prosent vann/tørrstoff i prøven. Resultater er presentert som gjennomsnittlige verdier fra tre eller fire paralleller med standardavvik.

4.3.3 Aske

Aske i prøvene ble bestemt ved å sette tørket prøve i varmeovn ved 600 °C i 12 timer. Aske ble beregnet som massetap og presentert i prosent aske i prøve. Resultater er presentert som gjennomsnittlige verdier fra tre-fire paralleller med standardavvik.

4.3.4 Fettinnhold

Totalt lipidinnhold ble bestemt med Bligh and Dyer-metoden [8]. Resultater er presentert som gjennomsnittlige verdier fra to paralleller med standardavvik.

4.3.5 Proteininnhold

Bestemmelse av proteininnhold ble gjort ved å benytte en CN- elementanalysator (Elemental Combustion System 4010, CHNS-O) for i første omgang å bestemme prøvens nitrogeninnhold (N). Proteinmengden i ulike konsentrater ble beregnet fra nitrogeninnholdet, der et forhold mellom mengde nitrogen og mengde protein på 6,25 ble brukt. Resultater er presentert som gjennomsnittlige verdier fra seks paralleller med standardavvik.

4.3.6 Hydrolysegrad

Hydrolysegrad refererer forholdet (%) av α -aminonitrogen i forhold til totalt nitrogen i prøven. Hydrolysegraden er analysert med formol-titrering. Analyseres med tre paralleller.

4.3.7 Molekylvektfordeling

Prøvene ble løst i vann til en konsentrasjon på ca 10 mg/ml, før de ble fortynnet til en endelig konsentrasjon på 1 mg/ml i vann. Prøvene ble analysert med en Hitachi HPLC med UV detector ved 220 nm, med en Superdex peptide 10/300 kolonne. Analysen kjøres i romtemperatur og isokratisk med 30 % acetonitril, 0.1 % TFA i vann, ved 0.3 ml/min. Prøvevolum var 50 μ l. Cytochrome C (12327 Da), aprotinin (6512 Da), insulin A (2531 Da), leucine enkepaline (555.6 Da), Val-Tyr-Val (379.5 Da) og Gly-Tyr (23822 Da) ble benyttet som standard. Regresjonslinjen for standardene var $r^2=0.960$. Kromatogrammene ble manuelt integrert. Integreringen er gjort på bakgrunn av retensjonstid for standarden.

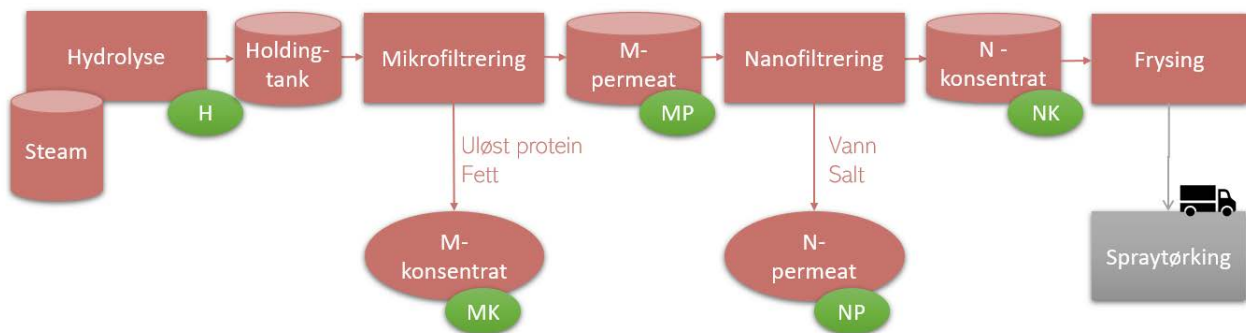
4.3.8 Aminosyrer, kimtall, TVN og biogene aminer

Aminosyresammensetning, kimtall, total volatile nitrogen (TVN), biogene aminer og mineralanalyser ble analysert hos Eurofins.

5 RESULTATER OG DISKUSJON

5.1 Industrieforsøk ved Karlsøybruket

Ved gjennomføring av industrieforsøk ved Karlsøybruket ble det utviklet en ny hydrolysereaktor (figur 1). Etter hydrolysereaksjonen ble (1) beinfraksjon tatt ut og (2) hydrolysat overført til en holdingtank, før det ble membranfiltrert. Etter mikro og nanofiltrering ble nanokonsentratet fryst og transportert til Seagarden for frysetørking. En oversikt over prosesslinjen er vist i figur 5. Kvern, varmeveksler og trikanter var utelatt i disse forsøkene. Prosesslinjen har tatt hensyn til utfordringene ved kverning og pumping av beinfraksjonen fra hodene. Hydrolysatet ble membranfiltrert rett etter at hydrolysen var ferdig.



Figur 5: Prosesslinjen, ved Karlsøybruket, for produksjon av høykvalitetsprotein. (H-hydrolysat, MK – konsentrat etter mikrofiltrering, MP – permeat etter mikrofiltrering, NP – permeat etter nanofiltrering, NK – konsentrat etter nanofiltrering)

5.1.1 Hydrolysereaktoren

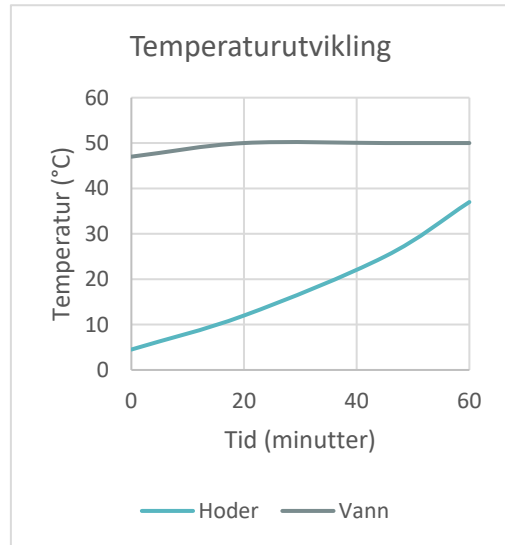
Hydrolysereaktoren for PRIMAProtein prosjektet var liggende. Innvendig hadde den to rør som spylor råstoffet, og over der en perforert korg som tar ut hele beinfraksjonen. Videre hadde den et rørverk som beveger massen fram og tilbake. Reaktoren hadde et lokk som bidro til effektiv oppvarming av massen ved inaktivering. Løsningen for beinfraksjonen er god. Etter hydrolyse ble korga vendt, og beina ble transportert på transportbånd til kar. I de fleste tilfeller, tømte ikke korga seg selv og beina måtte spadest ut på transportbåndet. Bakdelen med den perforerte innerkorga til bein, er at den kan være krevende å rengjøre. Det sitter mye småbein igjen i korga (figur 6a). I tillegg blir det liggende en god del bein og annet igjen i bunnen av reaktoren. Ved hydrolyse av torskehoder i Mobile Sealab ble hydrolysatet separert i en trikanter. Da ble det produsert rundt 5 % grakse. Denne fraksjonen tapes når restene i reaktoren vaskes ut. I tillegg var rørverket i reaktoren ikke tilstrekkelig. I enden av reaktoren ligger det igjen hele hoder (figur 6b). Hydrolysen var best rundt rørverket, i den massen som har blitt flyttet mest på. For å få god hydrolyse, må hele massen i reaktoren komme i bevegelse. Dette har vist seg å være krevende å få til. I tillegg er det enkelte deler som er mer krevende å hydrolysere enn andre, særlig spiserør (figur 6c).



Figur 6: Reaktoren har en innertank som tar ut beina på en effektiv måte.

Uttestingen av hydrolysetanken startet med mer hoder enn vann (tabell 2), siden det er ønskelig å finne energieffektive produksjons parametere. Dette viste seg vanskelig og etter hvert ble det tilsatt mer vann enn hoder, da dette virket å gi en positiv effekt.

Etter noen gode forsøk innledningsvis, med god effekt og godt volum over membrananlegget, oppsto det etter hvert noen utfordringer. Membrananlegget fikk utfordring med kapasitet og volum. Etter å ha logget temperaturen i torskehodene i noen forsøk, viste disse at det tar lengre tid å oppnå 50 °C i kjernen enn først forventet (figur 7). Hoder over og under vann vil ha ulik oppvarmingshastighet, der hodene i vann varmes raskest. Det tok over 60 minutter å oppnå en kjernetemperatur på 50 °C i disse hodene. At råstoffet har rett temperatur ved start av hydrolyse, er viktig for effekten av enzymene. Det ble derfor tilsatt mer vann i de siste forsøkene i forhold til de første.



Figur 7: Det tar tid å oppnå en kjernetemperatur på 50 °C i hele torskehoder.

Ved kverning virker det som om noe av hodenes eget vann frigjøres raskere og dette kan tas til fordel når vann skal tilsettes. Forsøk i Mobile Sealab viste godt utbytte ved hydrolyse der det var brukt kun ¼ vann i forhold til råstoff. Ved hele hoder kreves det mer vann for å: (1) bidra til bedre mobilitet i reaktoren, (2) bidra til raskere oppvarming av råstoffet og (3) bidra til at råstoffet raskere går i oppløsning (som antas å bidra til bedre hydrolyse).

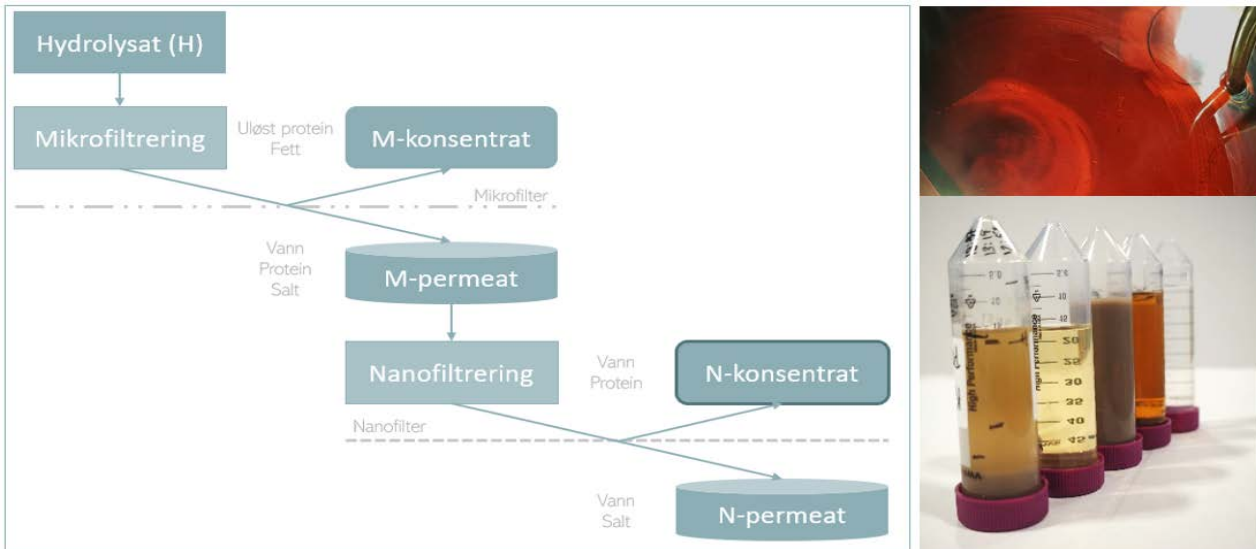
De viktigste erfaringene fra hydrolyseforsøkene var:

1. Hydrolyse av hele hoder krever at råstoffet i reaktoren er i bevegelse hele tiden.
2. Hydrolyse av hele hoder krever mer tilsatt vann sammenlignet med kverna hoder
3. Det tar tid for å oppnå en kjernetemperatur på 50 °C i hele hoder. Start av hydrolysereaksjonen når råstoffet er for kaldt gir lite effektiv hydrolyse.
4. Dårlig hydrolyse gir lavt utbytte, men den forplanter seg også til membrananlegget (reduserer kapasiteten).

5.1.2 Membranfiltrering

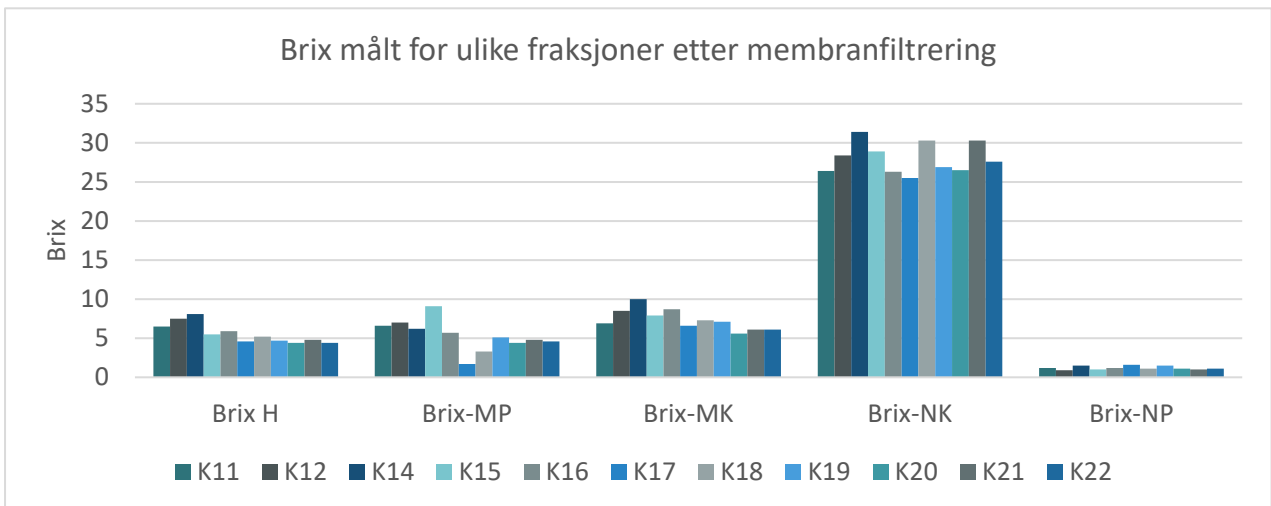
Membranfiltrering ble gjennomført av Membranteknikk AS. Parametere er ikke oppgitt i rapporten, da dette er Membranteknikk AS sin eiendom. De benyttet eget pilotanlegg med en enhet for mikrofiltrering og en enhet for nanofiltrering. Prinsippet for prosessen er vist i figur 8.

Membranfiltrering ble utført rett etter hydrolysen. Filtreringen ble gjort i to trinn. Mikrofiltrering medfører redusert fett og uløst protein, da dette ikke vil passere membranen. Permeatet (M-permeat) ble videre nanofiltrert. Her ble protein holdt igjen av membranen, mens vann og salt kunne passere. På denne måten bidrar membranfiltrering til protein produkter med lavt fett og askeinnhold, samt en konsentrering under prosessen. Hydrolysatet ble tatt over i en holdingtank, før det ble filtrert. De fleste hydrolysatene ble filtrert med en kapasitet på 60-90 liter/timen, avhengig av blant annet hydrolyseprosessen.



Figur 8: Prinsippet for membranfiltrering, bilde av M-permeat og bilde av de ulike produktene som dannes.

Det ble tatt ut prøver fra alle sidefraksjonene og brix ble benyttet til å anslå tørrstoff. Resultatene fra brix-målingene er oppsummert i figur 9. Fra hydrolysatet (H) til sluttproduktet (NK) er det en betydelig økning i brix.



Figur 9: Brix resultater i de ulike fraksjonene etter membranfiltrering.

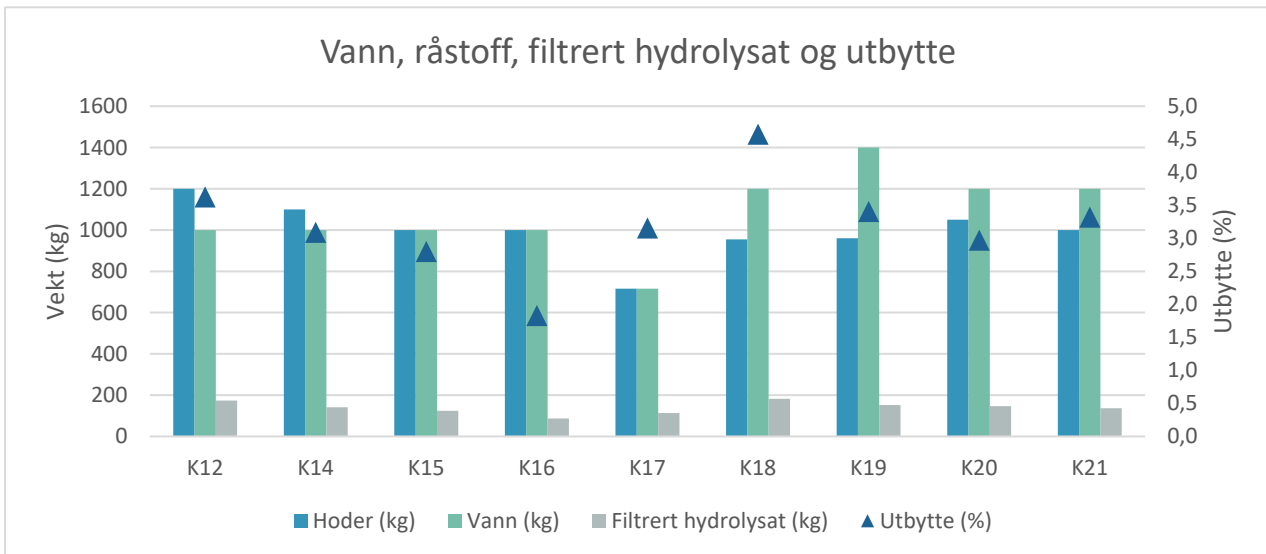
Membrananlegget hadde en kapasitet på 100 liter/timen, som var lite i forhold til en produksjon på 1000-1500 liter hydrolysat. Dette ga noen utfordringer, blant annet at temperaturen i hydrolysatet sank før alt var filtrert og at en del av det som ble filtrert igjen rakk å bli dårlig (råtne).

De viktigste erfaringene fra membranfiltreringen er:

1. Hydrolysatet bør filtreres/separeres/sedimenteres før det kjøres over filter. Dette vil redusere sannsynligheten for å få større partikler over filteret. Dette vil redusere belastningen og øke levetiden for et membranlegg.
2. Kapasiteten på filteranlegget må tilpasses kapasiteten til hydrolyseanlegget.
3. Hvis kapasiteten til membranlegget er lavere enn hydrolyseanlegget bør hydrolysatet oppbevares i en temperaturregulert holdingtank, som hindrer at temperaturen synker.
4. Membranlegget er følsomt i forhold til hydrolyseprosessen. Dårlig hydrolyse forplanter seg i form av redusert kapasitet over membranene og mulig driftsstans på membranlegget.

5.1.3 Hydrolysat

Utbyttet ved hydrolyse av hele hoder var 2-4,5 % (figur 10). Sammenlignet med utbyttet fra kvernede hoder, som var opptil 10 % er dette lavt. I beinfraksjonen er det en god del synlige fiskerester, som kan forklare den store forskjellen i utbytte. Grunnen til fiskerester i beinfraksjonen kan være at det er vanskelig med hydrolyse av hele hoder. Det er mulig det kreves enda bedre omrøring og bevegelse av massen, ved hydrolyse av hele hoder. Det er også mulig at filtreringen kan optimaliseres. I denne forsøksserien ble det størst fokus på å få gjennom hydrolysatet og vurdere prosessen opp mot sluttproduktet. De første hydrolyseforsøkene gikk bra (riktig råstofftemperatur og tid), men så ble det gjennomført flere forsøk der fokus ble å få til membranfiltreringen. Kapasiteten sank betraktelig. Etter hvert ble det klart at det ble gjennomført noen forsøk med dårlig hydrolyse og lavt utbytte (K16). Der ble det tilsatt enzym til kaldt råstoff. Dette skapte også problemer for membranfiltreringen.



Figur 10: Mengde vann (kg), råstoff (kg) benyttet i forsøkene og mengde filtrert hydrolysat (kg) og utbytte (%) det ga.

Filtrert hydrolysat ble lagret i 30-50 liters beholdere, da det i HEADS UP II prosjektet var for store beholdere som medførte at hydrolysatet surnet. Beholderen ble satt ut i snø da den var full, og så i frysekontainer, ved endt filtrering.

Frossent filtrert råstoff ble sendt til Seagarden for tørking. Basert på tørrstoff (brix) og volum filtrert hydrolysat, ble det regnet ut et teoretisk utbytte på 287 kg ferdig tørket proteinhydrolysat. Til tross for gode forholdsregler, oppsto det nok en gang "sur" lukt i noen beholdere. Disse ble ikke tørket. Fra 287 kg teoretisk utbytte, ble det reelle utbyttet på 154 kg. Dette tilsvarer 1,1 % utbytte basert på vått råstoff og 7,6 % utbytte baser på tilgjengelig protein.

5.1.4 Beinfraksjon

Beinfraksjonen er en god indikator på hvor god hydrolysen har vært. Det kom tydelig fram at rørverket i hydrolysereaktoren må forbedres. Det er viktig å holde hele massen i bevegelse, slik at ikke beina får pakke seg sammen og gjøre fiskekjøttet vanskelig tilgjengelig. I reaktoren var det ganske rene ben i nærheten av rørverket, mens det i enden lå hele fiskehoder.

Det ble tatt ut en prøve på nesten 200 kg bein fra K16. Ved vasking og spyling, ble det oppdaget at beina pakker seg sammen og inneholder fiskerester. Første forsøk på å vaske beinfraksjonen var i kar, med rennende vann. I andre forsøk ble beinfraksjonen (K16) spylt. Det gikk mye vann med til å flytte beina fram og tilbake, for å vaske ut alt fiskekjøttet. Etter noen timers innsats var hele 58 kg fiskekjøtt vasket bort. Beinfraksjonen utgjorde

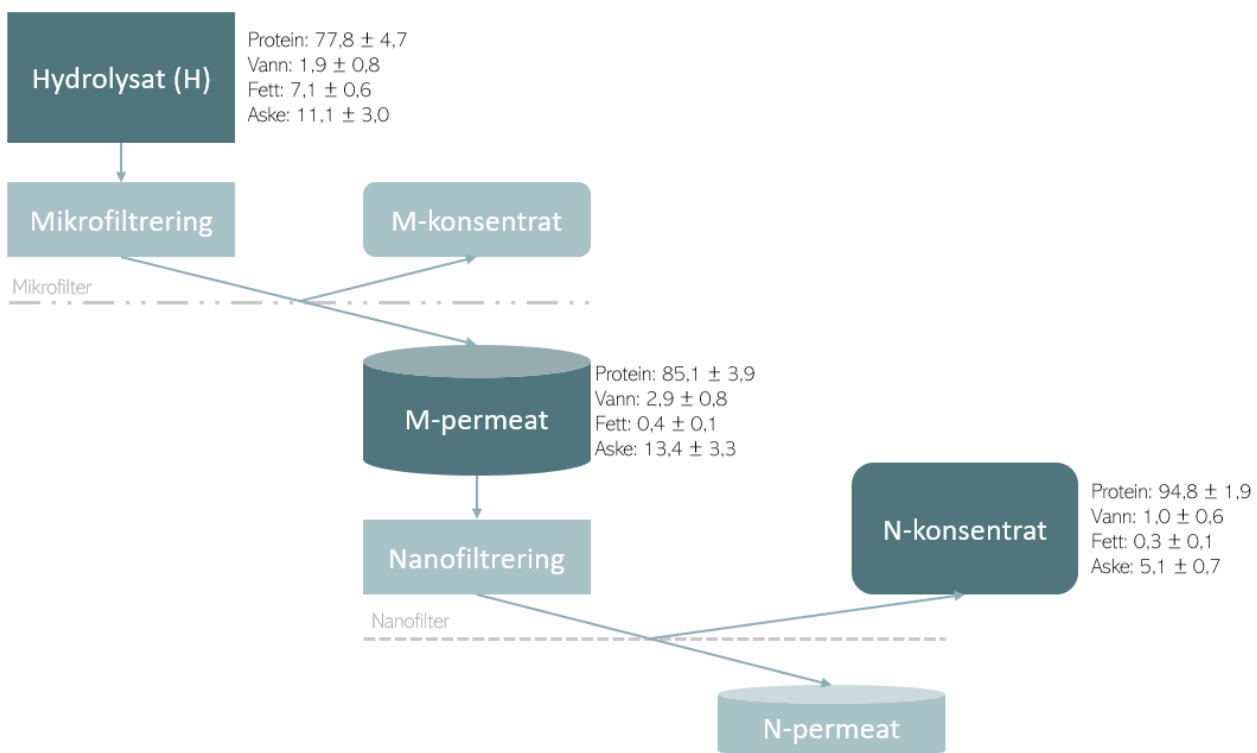
kun 16 % etter at fiskerestene var fjernet. I de andre forsøkene utgjorde beinfraksjonen $23,4 \pm 5,7$ %, fra $18,8$ % (K20) til $40,1$ % (K17). Dette tilsier at ganske store volum hydrolyseråstoff blir liggende igjen i beinfraksjonen.

5.2 Karakterisering av tørket hydrolysat, permeat og filtrat

Det ble tatt ut prøver fra alle hydrolysat og sidestrømmer som ble produsert, for analyse av kjemisk sammensetning, hydrolysegrad og molekylvektsfordeling. Prøvene ble fryst ved Karlsøybruket. Egne prøver ble tint for analyse av tørrstoff. Det meste av prøven ble frysetørket for videre analyser. Et større volum hydrolysat, av sammenslåtte batcher, ble sendt til tørking hos Seagarden. Denne prøven ble analysert hos Eurofins.

5.2.1 Kjemisk sammensetning

Det ble gjennomført 12 hydrolyseforsøk og 11 membranfiltreringer (batch 13 ble ikke membranfiltrert). Kjemisk sammensetning ble analysert for hydrolysat (H), mikrofiltreringskonsentrat (MK), mikrofiltreringspermeat (MP) og nanofiltreringskonsentrat (NK). Nanofiltreringskonsentratet er sluttproduktet i produksjonen. Det ble også tatt ut prøver av nanopermeatet (NP), som i all hovedsak er vann og salt. Her ble det kun analysert tørrstoff og aske. Resultatene fra kjemisk sammensetning er oppsummert i figur 11.



Figur 11: Kjemisk sammensetning av frysetørkede hydrolysater i de ulike prosessstrinnene.

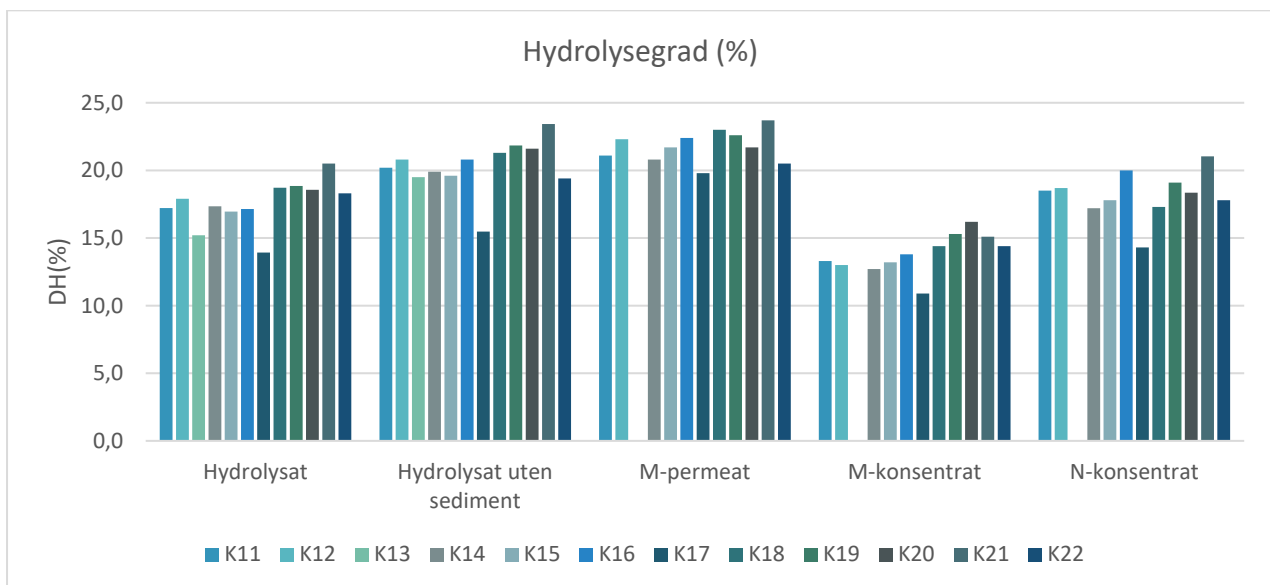
Proteininnholdet i hydrolysatet er tilsvarende det som er oppnådd i tidligere forsøk ved Karlsøybruket. Hydrolysatet sedimenterer når det blir stående. Ved å kun tørke den øverste fasen, er den kjemiske sammensetningen endret. Den kjemiske sammensetningen for hydrolysat uten sediment er $83,7 \pm 2,1$ % protein, $2,4 \pm 0,7$ % fett, $1,7 \pm 0,5$ % vann og $12,8 \pm 3,3$ % aske. Denne er i samsvar med tidligere sentrifugerte prøver. Proteininnholdet er signifikant høyere ($p < 0,05$), og fettinnholdet er signifikant lavere ($p < 0,05$) i hydrolysatet som er sedimentert sammenlignet med fullt hydrolysat. Dette indikerer at hydrolysatet bør sedimentere/sentrifugeres før det membranfiltreres. Sedimentet inneholder uløste proteiner og fett og kan utgjøre et eget produkt fra torskehodene.

Proteinet oppkonsentreres over membranene og er signifikant høyere i mikropermeat og nanokonsentrat ($p < 0,05$), i forhold til hydrolysatet. Etter nanofiltrering er proteininnholdet $94,8 \pm 1,9$ %, som er det høyeste produsert så langt fra torskehoder. Også fett fjernes effektivt ved mikro- og nanofiltrering og er signifikant lavere sammenlignet med hydrolysatet ($p < 0,05$). Fettinnholdet i nanokonsentratet er signifikant lavere enn i mikropermeatet ($p < 0,05$). Det kan dermed fastslås at både mikrofiltrering bidrar til et bedre produkt, med høyere protein og redusert askeinnhold. Mikrofiltreringen bidrar ikke i like stor grad til redusert askeinnhold. Dette reduseres, derimot, signifikant ved nanofiltrering ($p < 0,05$). Nanofiltrering reduserer saltinnholdet med 50-70 %. Å kjøre konsentratet gjennom nanofilteret en omgang til vil kunne gi opptil 90 % reduksjon av saltet. Askeinnholdet i nanopermeatet varierer mellom 36,4 %- 51,5 %.

Den kjemiske sammensetningen i mikrokonsentratet er $70,7 \pm 3,4$ % protein, $2,7 \pm 2,0$ % vann, $15,1 \pm 1,0$ % fett og $8,5 \pm 2,4$ % aske. Dette kan, sammen med grakse, utgjøre et godt grunnlag for et fiskemel som kan benyttes til før.

5.2.2 Hydrolysegrad

Hydrolysegraden varierer i området 13,9 % og 20,5 % i hydrolysatet ($17,3 \pm 2,0$ %) (figur 12). I hydrolysat uten sediment er hydrolysegraden ($20,3 \pm 1,9$ %) signifikant høyere ($p < 0,05$) sammenlignet med hydrolysatet. Det er M-permeat som har høyest hydrolysegrad ($21,8 \pm 1,2$ %) og M-konsentrat som har lavest hydrolysegrad. Det er ikke signifikant forskjell i hydrolysegrad mellom hydrolysat og N-konsentrat. Hydrolysegraden er høyest for de forsøkene som er kjørt med mer vann enn hoder.



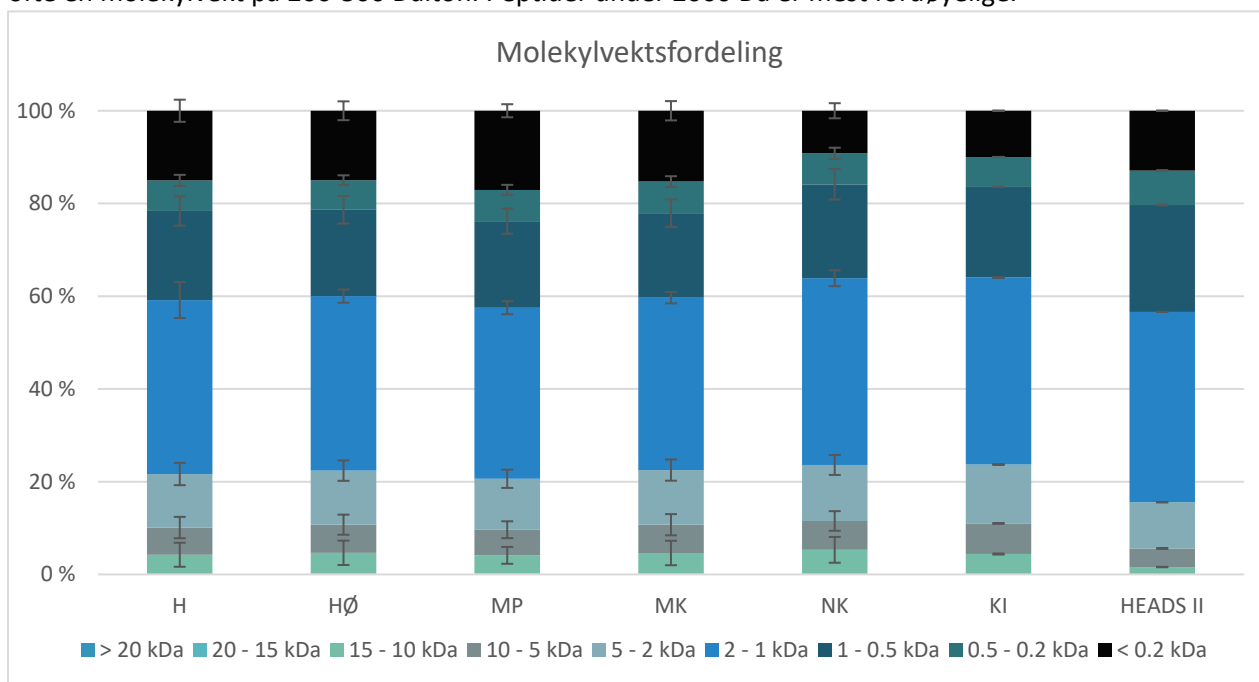
Figur 12: Hydrolysegraden i hydrolysater fra industriforsøkene.

Hydrolysegraden er tilsvarende resultatene fra forsøkene i HEADS UP II [3]. Generelt er hydrolysegraden høyere for hele hoder, sammenlignet med de for kverna hoder hydrolysert i Mobile Sealab [2]. Hydrolysegraden der lå på 15 %.

5.2.3 Molekylvektfordeling

Molekylvektfordelingen (figur 13) viser fordeling av ulike protein og peptidfragmenter. Molekylvektfordelingen er analysert for hydrolysat, hydrolysat uten sediment (HØ) og alle strømmen fra membranfiltrering. I figuren er også molekylvektfordelingen fra industriprøven (KI) og HEADS UP II tatt med. Ved analyse er det kun løselige protein som analyseres. En overvekt av store molekyler reduserer

hydrolysatets vannløselighet. Bitre peptider, som kan være en utfordring for marine proteinhydrolysater, har ofte en molekylvekt på 200-500 Dalton. Peptider under 2000 Da er mest fordøyelige.



Figur 13: Molekylvektfordeling hydrolysater produsert ved Karlsøybruket.

Molekylvektfordelingen skiller seg fra tidligere forsøk som er gjennomført. Det er flere ulike faktorer i de ulike forsøkene som er sammenlignet. Det er tidligere analysert molekylvektfordeling for kverna torskehoder som er hydrolysert i labskala og kverna hoder som er hydrolysert i pilotskala i Mobile Sealab. Hydrolysatene fra labforsøkene [2] hadde en molekylvektfordeling der 60 % av peptidene i prøven var større enn 2000 Dalton og 20 % er mindre enn 1000 Dalton. Pilotforsøkene med kverna hoder viste en molekylvektfordeling der 50-70 % var større enn 2000 Dalton, mens 15-25 % var mindre. HEADS UP II resultatene gjelder hydrolyse av hele hoder i en nyutviklet hydrolysereaktor. I de frysetørkede prøvene var 25 % av peptidene over 2000 Dalton, og 44 % var mindre enn 1000 Dalton. To av prøvene som ble spraytørket, KS1 og KS2, har tilsvarende fordeling. Hydrolysatene produsert fra hele hoder, i HEADS UP II prosjektet, har betydelig høyere andel av peptider under 1000 Dalton (40-70 %), sammenlignet med tidligere forsøk (15-25 %). Selv om det er benyttet samme enzym, enzymkonsentrasjon, tid og temperatur, er det helt klart ulikt råstoff (hele hoder) og hydrolysereaktorens utforming påvirker sluttproduktet. Molekylvektfordeling fra hele hoder oppnådd i PRIMAProtein prosjektet er i samsvar med den i HEADS UP II prosjektet.

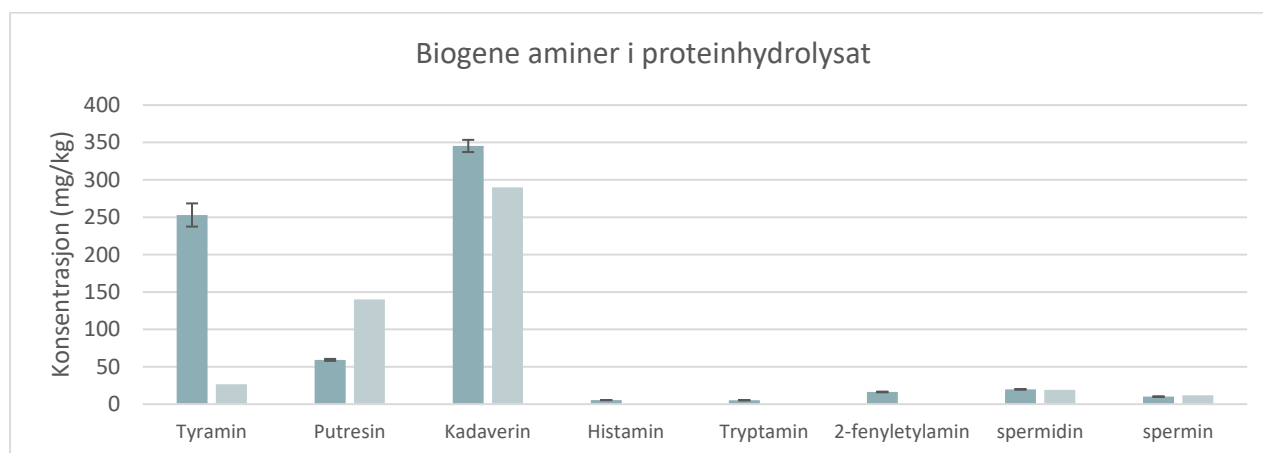
5.3 Industritørket prøve

Proteinhydrolysatet, som ble tørket hos Seagarden (Figur 14), har lys farge og løser seg lett i vann. Det lukter og smaker svakt av fisk. Fiskesmaken lar seg maskere i syrlige drikker som bærsMOOTHIE, eplejuice og blåbærsaft. Den kjemiske sammensetningen er $96,9 \pm 0,6$ g/100g protein, $3,9 \pm 0,1$ g/100g vann og $4,6 \pm 0,1$ g/100g aske. Fettinnholdet er under deteksjonsgrensen på 0,10 g/100g. Innholdet av TVN er $139,7 \pm 3,4$ mg/100g.



Figur 14: Proteinhydrolysat tørket hos Seagarden. I det siste (til høyre) bildet er hydrolysatet tilsatt smak. Dette pulveret testes klinisk for helseeffekter i prosjektet

Biogene aminer kan dannes fra frie aminosyrer under påvirkning av bakterier og andre mikroorganismer. Det produseres enzymer som omdanner aminosyrer til ulike aminer. Eksempler på biogene aminer er: histamin, tyramin, tryptamin, serotonin, putreskin og kadaverin. Mengden av disse aminene er avhengig av mengde frie aminosyrer, lagring, behandling og mikrobiologisk kvalitet. Matvarer som er mest utsatt for innhold av biogene aminer er bl.a. tunfisk, makrell, sild og skalldyr. Stoffene finnes også i vellagrede oster og rødvin, og som nevnt ovenfor i visse matplanter. Innholdet av biogene aminer i industriertørket hydrolysat i PRIMAprøtein og HEADS UP II prosjektet er vist i figur 15.



Figur 15: Innhold av biogene aminer i industrielt produsert og tørket proteinhydrolysat fra PRIMAprøtein og HEADS UP II prosjektet.

Biogene aminer har blitt analysert som følge av at noe av hydrolysatet var dårlig ved tørking. Biogene aminer dannes som et resultat av lang nedkjølingstid. Proteinhydrolysatet har høyere innhold av biogene aminer enn ønsket. Histaminforgiftning var tidligere mest assosiert med fiskeprodukter, spesielt tunfisk, makrell og sild. Disse fiskesortene inneholder mye histidin, og spesifikke bakterier i det maritime miljøet kan produsere enzymer som omdanner histidin til histamin. Det finnes grenseverdier for innhold av histamin² i

- (1) fiskerivarer fra fiskearter som forbindes med store mengder histidin,
- (2) fiskerivarer som har gjennomgått en behandling med enzymmodning i saltlake, framstilt av fiskearter som forbindes med store mengder histidin og
- (3) Fiskesaus fremstilt ved gjæring av fiskerivarer.

Grenseverdiene varierer fra 100 mg/kg til 400 mg/kg. Ingen av disse grenseverdiene omfatter proteinhydrolysat. Innholdet av histamin i hydrolysat; $5,4 \pm 0,1$ mg/kg er også langt under grenseverdiene oppgitt for råstoffet over. Histamin er oppgitt å være størst i pelagiske arter. Torsk er dermed et råstoff som heller ikke er like utsatt for produksjon av histamin. Det er ikke oppgitt grenseverdier for andre biogene aminer.

Mengden aerobe mikroorganismer ved 30 ° var $6\,033\,000 \pm 960\,902$ cfu/g. Dette tallet er høyere enn ønsket og oppstår fordi hydrolysatet ikke blir avkjølt og stabilisert raskt nok etter membranfiltrering.

5.3.1 Aminosyresammensetning

Aminosyresammensetningen har betydning for hydrolysatets næringsverdi. Aminosyresammensetningen i tre prøver fra industriertørket prøve er vist i tabell 3. Resultatene fra HEADS UP II er tatt med som sammenligningsgrunnlag. Hydrolysatet har høyest innhold av aminosyrene asparaginsyre (8,3 %), glutaminsyre (12,2 %) og glysin (13,0 %), og lavest innhold av aminosyrene tryptofan (0,5 %), cystein (0,8 %) og histidin (1,6 %). Innholdet av de 8 essensielle aminosyrene (valin, leucin, fenylalanin, tryptofan, lysin,

² Forskrift om næringsmiddelhygiene

isoleucin, metionin og treonin) utgjør 25,9 % av alle aminosyrene. Aminosyresammensetningen i det produserte hydrolysatet samsvarer med hydrolysatet fra HEADS UP II prosjektet.

Tabell 3: Aminosyresammensetning (g/100g) i høykvalitets proteinhydrolysat fra torskehoder, tørket hos Seagarden. (MU=måleusikkerhet), ^a - essensielle aminosyrer.

Navn	PRIMAprotein	HEADS UP II	MU (%)
Alanin	6,5 ± 0,1	6,2	14
Arginin (total)	6,4 ± 0,3	5,7	14
Asparaginsyre	8,3 ± 0,2	8,5	14
Glutaminsyre (total)	12,2 ± 0,1	12,8	14
Glysin	13,0 ± 0,2	12,3	14
Histidin	1,6 ± 0,0	1,7	14
Hydroxyprolin	3,0 ± 0,2	2,4	20
Isoleucin ^a	2,6 ± 0,1	2,7	14
Leucin ^a	4,9 ± 0,1	4,8	14
Lysin ^a	6,0 ± ,4	6,3	14
Ornitin		0,3	14
Phenylalanin ^a	2,6 ± 0,1	2,6	14
Prolin	6,5 ± 0,3	6,8	14
Serin	5,1 ± 0,2	5,1	14
Treonin ^a	3,5 ± 0,1	3,6	14
Tyrosin	2,1 ± 0,1	2,1	14
Valin ^a	3,7 ± 0,2	3,5	14
Tryptofan ^a	0,5 ± 0,0	0,5	10
Cystein+Cystine	0,8 ± 0,0	0,7	14
Methionin ^a	2,1 ± 0,1	2,1	14
SUM ikke-essensielle	65,4	64,7	
SUM essensielle ^a	25,9	26,1	
% essensielle	27,4	28,8	

Hydrolysatene i PRIMApotein og HEADS UP II prosjektene kan sammenlignes med aminosyresammensetningen i et råproteinhydrolysat fra torsk [6]. I dette hydrolysatet er også glysin (13,4 %) og glutaminsyre (14,5 %) de dominerende. Mange proteinhydrolysater fra marine arter har høyt innhold av glutaminsyre og asparaginsyre [7, 8]. Et hydrolysat produsert av torskeygger [9] hadde lavere innhold av glutaminsyre (3,6 %) og glysin (5,3 %), og et høyere innhold av asparaginsyre (9,8 %), leucin (11,7 %), fenylalanin (6,2 %) og valin (5,9 %). Resultatene er basert på løselig protein og ikke totalen av aminosyrene, noe som kan forklare forskjellen. Essensielle aminosyrer utgjør nesten 30 % av alle aminosyrer og er forholdsvis lik i de analyserte hydrolysatene.

5.4 Vurdering av tørket bein til fôr.

Ved hydrolyse av torskehoder produseres det en betydelig beinfraksjon (figur 16). For å stabilisere denne, må den tørkes. Våte bein har et tørrstoffinnhold på ca. 60 %. Etter tørking ble det oppnådd et tørrstoff på 93,7 %. Beinfraksjonen inneholder 30,9 % protein, 0,5 % fett og 60,7 % aske. Et aktuelt bruksområde for torskebein er som råvare i fôr til gris/fjørfe og hund/katt. Til dette har beinfraksjonen et bra proteininnhold, men en utfordring kan være at fordøyeligheten av proteinet er lav på grunn av at det er bundet i bein og bindevev. Derfor er torskebeinmel å anse først og fremst som en mineralråvare. Mineralsammensetningen er vist i tabell 4.

Tabell 4: Mineralinnhold tørket beinfraksjon hydrolyserte torskehoder

Mineral	Mengde
Kalsium	24,0 %
Fosfor	12,0 %
Natrium	4,6 %
Magnesium	3,3 %
Kopper	< 1,0 mg/kg
Jern	29 mg/kg
Sink	92 mg/kg
Mangan	15 mg/kg
Selen	0,35 mg/kg



Figur 16: Vaskede torskebein.

Innhold av kalsium (24 %) er relativt høyt. Kalsiuminnhold i kalksteinmel er 30 – 35%. Det er usikkerhet knyttet til tilgjengelighet på kalsiumet og ideelt sett hadde det vært nyttig å gjennomføre et dyreforsøk for å undersøke dette. Innholdet av fosfor er også relativt høyt (12,0 %). I dag brukes rene fosfater som monokalsiumfosfat og dikalsiumfosfat i dyrefôr. Torskebein som fosforkilde er svært interessant. Tilgjengelighet på fosfor fra torskebein er noe usikkert og studier for å avdekke dette hadde vært nyttig.

Det er et betydelig innhold av magnesium og natrium i beinfraksjonen. Dette er også mineraler som tilsettes og balanseres i fôr til alle dyreslag. Videre er innholdet av sink og selen interessant. Mikromineraler tilsettes og optimeres i alt fôr – og ved bruk av torskebeinmel som mineralkilde – kan en redusere inngang av enkelte rene mineraler. Bruk av torskebeinmel vil også avhenge av partikkelfordeling etter finformaling av torskebein. Finformaling av torskebein har blitt gjennomført av FôrTek AS (figur 17). Partikkelstørrelsefordeling er vist i tabell 4. Tilnærmet alle partikler er under 1 mm i størrelse, og hovedtyngden ligger mellom 0,1 og 0,5 mm. Dette er positivt med hensyn til distribusjon i fôret (blandeegenskaper) og ikke minst tilgjengelighet av mineralene. Lav partikkelstørrelse gir større overflate og dermed økt tilgang for fordøyelsesenzymer, nedbryting og videre opptak av mineralene i fordøyelseskanalen.

Tabell 4: Sikteanalyse for malte torskebein utført ved FôrTek AS, NMBU – Ås

Partikkelstørrelse	Prosent (%)
>1mm	3,56
Mellom 0,6 mm og 1 mm	11,52
Mellom 0,5 mm og 0,6 mm	5,21
Mellom 0,1 mm og 0,5 mm	71,86
< 0,1	7,74



Figur 17: Tørket og oppmalt torskebein.

6 KONKLUSJON

Prosjektet har gjennomført industriell hydrolyse av hele torskeshoder i nyutviklet reaktor. Det er produsert et proteinhydrolysat med høy kvalitet. Produktet inneholder over 90 % protein og under 0,5 % fett. Det er lett vannløselig og har en nøytral lukt og smak. Det er gjentatte ganger produsert hydrolysater med høy kvalitet, utfordringen er å få et høyt utbytte. Det er et større potensial i utbytte, enn det dagens teknologi klarer å hente ut. Det ligger fremdeles igjen en god del proteinrikt helt fiskeråstoff i reaktoren etter endt hydrolyse.

Membranfiltrering øker kvaliteten på hydrolysatet. Mikrofiltrering gir 95 % reduksjon i fettinnhold og nanofiltrering gir 54 % reduksjon i askeinnholdet. Proteininnholdet øker i gjennomsnitt fra 79 % til 95 %.

Felleskjøpet har vurdert beinfraksjonen som et aktuelt råstoff som fosforkilde i petfood. Restfraksjonen, som vil bestå M-konsentrat, har en kjemisk sammensetning som ligner fiskemel og kan være et råstoff i dyrefôr.

7 HOVEDFUNN

- Det kan produseres proteinhydrolysater med høy kvalitet fra torskeshoder. Utbyttet er lavt, men kan økes ved utvikling av riktig hydrolyseraktor og prosess
- Membranfiltrering gir økt kvalitet på proteinproduktet, men kapasiteten over membranfiltrene reduseres når hydrolysen er ufullstendig.
- Kapasitet på membranfiltrering må tilpasses kapasitet i hydrolyse, da nyprodusert hydrolysat har kort holdbarhet.
- Bein- og restfraksjonen kan brukes som ingredienser i petfood og dyrefôr.

8 REFERANSER

1. Tveit, G.M., et al. *Enzymatic hydrolysis of cod heads - effect of freezing and thawing on the quality and composition of protein hydrolysates*. in *6th IIR Conference on Sustainability and the Cold Chain - Proceedings*. 2020. Internationale institute of refrigeration.
2. Remme, J.F., et al., *HEADS UP I: Alternativ anvedelse av torskehoder*, in *SINTEF Rapport*, SINTEF, Editor. 2018, SINTEF.
3. Remme, J.F. and A. Austnes, *HEADS UP II: Kvalitetsprotein fra torskehoder*, in *SINTEF Rapport*, SINTEF, Editor. 2020, SINTEF Ocean.
4. Ahuja, I., et al., *Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming - With status in Norway: A review*. *Waste Manag*, 2020. **115**: p. 95-112.
5. Loes, A.K., et al., *Restråstoff i blå og grønne verdikjeder i Møre og Romsdal - status og mulige bruksområder innen mat, for og gjødsel*, NORSØK, Editor. 2020, NORSØK. p. 97.
6. Sabeena Farvin, K.H., et al., *Antioxidant activity of cod (Gadus morhua) protein hydrolysates: Fractionation and characterisation of peptide fractions*. *Food Chem*, 2016. **204**: p. 409-419.
7. Klomklao, S. and S. Benjakul, *Utilization of Tuna Processing Byproducts: Protein Hydrolysate from Skipjack Tuna (Katsuwonus pelamis) Viscera*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2017. **41**(3).
8. Ovissipour, M., et al., *Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Visceral Waste Proteins of Yellowfin Tuna (Thunnus albacares)*. *Food and Bioprocess Technology*, 2010. **5**(2): p. 696-705.
9. Jafarpour, A., et al., *Characterization of cod (Gadus morhua) frame composition and its valorization by enzymatic hydrolysis*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2020. **89**.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no