

Økt verdiskaping ved utnyttelse av fiskeskinn

Asbjørn Gildberg





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 470 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

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

Internett: www.nofima.no

Rapport

 ISBN: 978-82-7251-902-4 (trykt)
 ISBN: 978-82-7251-903-1 (pdf)

 Rapportnr.:
 32/2011

 Tilgjengelighet:
Åpen

<i>Tittel:</i> Økt verdiskaping ved utnyttelse av fiskeskinn		<i>Dato:</i> 14. september 2011
		<i>Antall sider og bilag:</i> 24
<i>Forfatter(e):</i> Asbjørn Gildberg		<i>Prosjektnr.:</i> 21 237
<i>Oppdragsgiver:</i> FHF – Fiskeri- og havbruksnæringens Forskningsfond		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF#900633
<i>Tre stikkord:</i> Råstoff, Produkter, Framtidige muligheter		
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> Målsetningen med prosjektet er, gjennom formidling av kunnskap og nye ideer, å bidra til økt verdiskaping av fiskeskinn fra filetindustrien. Rapporten gir en oversikt over råstoffgrunnlag, råstoffets egenskaper og det mangfold av muligheter som finnes når det gjelder å utnytte dette råstoffet. Disse mulighetene kan oppsummeres gjennom følgende punkter: <ol style="list-style-type: none"> 1) Forbedring av utnyttelse til fôr gjennom utvikling av spesialprodukter med høyere verdi. 2) Utnyttelse av fiskeskinnets spesielle kvaliteter når det gjelder framstilling av garvede skinnprodukter. 3) Belysning av fiskegelatinets spesielle egenskaper og det mangfold av muligheter som finnes til anvendelse av fiskegelatin både rent teknologisk og innen matvareproduksjon. 4) Rapporten gir også en oversikt når det gjelder proteinhydrolysater/"kollagenpeptid" laget av fiskeskinn, og hvilke muligheter som finnes til anvendelse av slike produkter til helsekost, kosmetikk, konservering og kanskje også til medisinske formål. <p>Til slutt diskuteres kortsiktige og langsiktige muligheter når det gjelder utnyttelse av skinn både til framstilling av etablerte produkter og av nye produkter som enda ikke er ferdig utviklet.</p>		
<i>English summary: (maks 100 ord)</i> The aim of the present work is to review possibilities of increasing the value of white-fish skin obtained from the Norwegian fish filleting industry. A great number of possible applications are discussed; including feed and bait production, preparation of leather products from fish skin, the numerous possibilities of fish gelatine application and the possibilities of obtaining valuable health products and bioactive peptides by controlled hydrolysis of fish skin proteins. <p>The conclusion is that fish skin is a very interesting raw material which may be utilized for the production of great many valuable products. However, it is challenging to reveal which products will give the best feasibility in the long run – technologically and economically.</p>		

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Hva er fiskeskinn?.....	1
1.2	Tilgjengelighet av fiskeskinn i Norge.....	3
2	Fiskeskinn til garving.....	5
2.1	Kommersiell produksjon av lærprodukter fra fiskeskinn.....	6
3	Gelatin fra fiskeskinn	9
3.1	Framstilling av gelatin	10
4	Fiskeskinn som råstoff for nye produkter	12
4.1	Fiskegelatin som fortykningsmiddel i matvarer	12
4.2	Modifisert fiskegelatin til erstatning av dyregelatin.....	12
4.3	Kapsler av fiskegelatin	13
4.4	Gelatincoating av fiskefilet	13
4.5	Gelatin til injisering av fiskefilet	14
4.6	Gelatin som bindemiddel i mykfôr og agn	15
5	Kollagenhydrolysater/kollagenpeptid	17
5.1	Bioaktive peptider.....	18
6	Økt verdiskaping for norsk fiskerinæring.....	19
6.1	Muligheter på kort sikt	19
6.2	Langsiktige muligheter	20
7	Oppsummering.....	21
8	Litteraturliste	22

1 Innledning

Fiskeskinn er et interessant råstoff som kan brukes til framstilling av mange nyttige produkter. Det er med dette råstoffet som med andre restråstoffer i fiskeindustrien; verdien er lavest dersom det omsettes i blanding med mange andre råstoffraksjoner, og deretter økende med økende fraksjonering og foredlingsgrad. Maksimal verdiskaping blir oppnådd dersom forskjellen mellom produktets markedsverdi og investeringer i foredling og markedsføring blir størst mulig. Dette er ganske innlysende, men med et stort spekter av anvendelsesmuligheter, slik som i dette tilfellet, kan det likevel være vanskelig å bedømme hvilke produkter som i det lange løp vil gi størst verdiskaping.

Hvor mye skinn finnes så på fisken? Dersom en tar for seg torsken, som er det dominerende kvitfiskslag i norske fiskerier, finnes det noe forskjellige anslag på skinnmengde. En norsk rapport (Tidemann, 2002) angir at skinn fra renskåret filet utgjør ca 11 % av filettekten, mens en islandsk rapport (Martinsdottir *et al.*, 2004) angir ca 9 %. Det er dermed rimelig å anta at tilgjengelig skinn fra kvitfisk utgjør ca 10 % av vekta til renskåret filet. Dersom en regner et filettutbytte på ca 40 % (Pedersen, 1980; Akse *et al.*, 2008), vil dette si at tilgjengelig skinn fra filet utgjør ca 4 % av rundfiskvekta.

Dersom vi så antar at ca 70 % av fiskens totale skinnmengde sitter på filetene, kan vi anslå at total mengde skinn utgjør ca 5.7 % av rundfiskvekta. Dette tallet kan ha en viss praktisk betydning, ettersom det i tillegg til filetskinn også vil være mulig å utvinne skinnproteiner (kollagen) fra hoder og rygger ved kjemisk ekstraksjon.

1.1 Hva er fiskeskinn?

Dette kan høres ut som et dumt spørsmål, men det kan være nyttig å gi en enkel beskrivelse på sammensetningen av fiskeskinn for at vi lettere kan forstå hva skinnen kan brukes til. Vått skinn inneholder 20-25 % tørrstoff. Tørrstoffet er hovedsakelig protein (ca 80 %) og mineraler (15-20 %) og omkring 1 % er fett. Dersom all muskel er fjernet fra fiskeskinn, vil ca 80 % av proteinet være bindevevsproteinene kollagen. Dette går tydelig fram av *Tabell 1* som viser at det er liten forskjell på aminosyresammensetningen i torskeskinn og kollagen fra torskeskinn. Resten av skinnproteinene vil være forskjellige glykoproteiner, elastin og små mengder av andre bindevevsproteiner. Disse tallene viser at hele 60-70 % av tørrstoffet i fiskeskinn er kollagen, og det er ingen tvil om at nettopp kollagenet er den mest verdifulle komponenten i fiskeskinn. Kollagenet består av tre lange molekyler (100 kDa) som er snurret sammen i spiraler. Grunnen til at denne spesielle strukturen oppstår er at kollagenmolekylene har en spesiell aminosyresammensetning der tredjehver aminosyre i proteinkjedene er glysin, som er den minste av aminosyrene. Spiralene er så i sin tur knyttet sammen med kryssbindinger i lange bunter som til sammen gir en svært sterk struktur.

Tabell 1 Aminosyresammensetning i torskeskinnprotein og i gelatin/kollagen fra torskeskinn og lakseskinn (gitt som antall aminosyrer av 100 aminosyrer i proteinet).

Aminosyre	Torskeskinn*	Torskegelatin/kollagen#	Laksegelatin/kollagen#
Asparaginsyre	6,0	5,2	5,4
Glutaminsyre	7,8	7,1	7,4
Hydroksyprolin	4,9	5,6	6,0
Serin	6,0	6,3	4,6
Glysin	32,6	35,8	36,6
Histidin	0,9	1,2	1,3
Arginin	4,6	5,3	5,3
Threonin	3,0	2,3	2,3
Alanin	10,4	10,3	10,4
Prolin	8,6	9,8	10,6
Tyrosin	0,8	0,5	0,3
Valin	2,4	1,7	1,5
Methionin	1,9	1,7	1,8
Isoleucin	1,6	1,1	0,9
Leucin	2,9	2,0	1,9
Fenylalanin	1,3	1,2	1,3
Lysin	3,5	2,7	2,4

*Gildberg, upubliserte resultater(1975), #Arnesen & Gildberg (2007)

Skinn fra fisk og varmblodige dyr har mye til felles, men flere ting er også forskjellig. Den mest synlige forskjellen er at, særlig skinn fra kaldtvannsfisk, tåler mye mindre oppvarming enn skinn fra varmblodige dyr før det "krymper" (denaturerer) og mister sin mekaniske styrke. Mens krympetemperaturen for skinn fra pattedyr er ca 50-60 °C, vil torskeskinnet krympe ved ca 44 °C (Andreeva, 1971). Så lenge skinnen er intakt er imidlertid styrken til fiskeskinn minst like høy som styrken til skinn fra pattedyr. Årsaken til dette er først og fremst at kollagenfibrene i fiskeskinn er mer regelmessig orientert enn i skinn fra pattedyr.

Den viktigste forskjellen mellom skinn fra kaldtvannsfisk og skinn fra varmblodige dyr er at kollagenet i fiskeskinnet inneholder mindre av to spesielle aminosyrer; prolin og hydroksyprolin. Disse to aminosyrene avstiver kollagen- og gelatinmolekylene på en slik måte at de blir mindre utsatt for denaturering (ødeleggelse) av varme. Dermed blir både fiskeskinn og gelatingel laget av fiskeskinn mindre temperaturstabile enn tilsvarende fra varmblodige dyr. Det er en glidende overgang mellom egenskapene til kollagen og gelatin fra kaldtvannsfisk, til varmtvannsfisk og til kollagen og gelatin fra varmblodige dyr. Dette gjør at kaldtvannsfisk-gelatin får andre egenskaper enn vanlig kommersiell gelatin fra varmblodige dyr. Dersom fiskegelatin skal erstatte gelatin fra varmblodige dyr i produkter, må fiskegelatinet modifieres kjemisk eller biokjemisk.

Det er nesten ingen kjemiske forskjeller på skinn fra våre kvitfiskarter, og selv en fjern slektning som laksen har skinn som er forbausende likt (Arnesen & Gildberg, 2007). Dette understrekes også av Tabell 1 som viser at aminosyresammensetningen til skinnkollagen fra

torsk og laks er nesten identisk. Til de fleste formål vil det derfor være fullt mulig å bruke skinn fra forskjellige kaldtvannsarter. Dette kan få stor betydning for å sikre god og stabil råstofftilgang ved en eventuell kommersiell produksjon av fiskeskinn gelatin i Norge.

Selv om fiskeskinn for tiden er et lite verdsatt restråstoff i norsk fiskerinæring og betales med bare omkring 1 kr/kg, er det ingen grunn til å tvile på at dette råstoffet har et stort potensial som verdiskaper i framtidig næringsvirksomhet både når det gjelder fiskeindustri, bioteknologi og næringsmiddelproduksjon. Omfanget og variasjonen av slike muligheter kan lettest illustreres ved å samle dem i fire hovedgrupper:

1. **Skinn til garving.** Fiskeskinn kan, på samme måte som annet skinn, stabiliseres og styrkes gjennom en garveprosess og benyttes til klær, vesker og til trekking av møbler.
2. **Gelatin til teknologi.** Kollagenet i fiskeskinn kan ekstraheres under oppvarming og bli omdannet til gelatin. Gelatin fra kaldtvannsfisk har mange interessante egenskaper som gjør at det kan anvendes teknisk både i matvarer og innenfor avansert høyteknologi som for eksempel optikk og elektronikk.
3. **Skinnprotein til ernæring.** Ettersom skinnproteinet hovedsakelig består av kollagen, er aminosyresammensetningen typisk for nettopp dette bindevevsprotein. Både i mat og fôr vil en passende mengde skinn eller gelatin være gunstig som en ernæringskomponent for oppbygging av bindevev både hos mennesker og dyr.
4. **Som helsekost.** Kollagenpeptid er betegnelsen på skinnproteiner som er spaltet opp ved enzymbehandling. Slike produkter kan inneholde bioaktive peptider (proteinbiter) som har positiv helseeffekt. De kan hemme oksidasjonsreaksjoner (reducere kreftrisiko), virke mot høyt blodtrykk, fremskynde heling av skadet bindevev osv.

Disse punktene blir hver for seg grundig behandlet senere i rapporten.

1.2 Tilgjengelighet av fiskeskinn i Norge

Ettersom Norges produksjon av kvitfiskfilet i 2010 var 45 000 tonn (B.I. Bendiksen, Nofima Marin), kan vi anslå at den totale mengde skinn som årlig blir produsert i norsk filetindustri ville være ca 4 500 tonn. Tilsvarende tall for Island og Færøyene er tidligere antatt å være ca 7 500 og 2 500 tonn (Hansen, 2007).

Fiskeskinn kan kjøpes fra filetindustrien og eventuelt fra fabrikkskip. I forbindelse med filetering og skinning av fisken blir skinnen fraskilt og kan samles opp og fryses separat. De siste år har det blitt omsatt ca 1000 tonn/år fiskeskinn til industriformål. Av dette kvantumet ble det i 2010 eksportert ca. 40 %, de resterende 60 % ble brukt innenlands. I første halvår av 2011 er det eksportert ca. 250-300 tonn fryst fiskeskinn. Det er grunn til å tro at hele kvantumet er blitt benyttet til produksjon av marint kollagen/gelatin og/eller kollagenpeptid. Kollagen er hovedprotein i skinnstrukturen, og gelatin blir vanligvis framstilt ved at kollagenet varmes slik at det blir denaturert og kan ekstraheres i en svakt sur vannløsning. Kollagenpeptid er kollagen som er splittet opp i mindre deler ved hjelp av enzymer. Disse prosessene blir nærmere beskrevet senere.

Noe fiskeskinn selges også til dyrefôr etter at det er blandet med andre fiskebiprodukter og frosset. Dersom etterspørselen etter skinn økes, kan det trolig leveres et større kvantum skinn, kanskje opp mot 1800-2000 tonn per år fra de eksisterende fabrikkanlegg, men dette

utgjør fortsatt bare ca halvparten av den totale skinnmengde som foreligger som restråstoff i norsk filetindustri. Hvorvidt det er av interesse for fabrikkskip å ta vare på skinnene er noe uklart. Dette skyldes hovedsakelig den lave prisen en oppnår for skinnene i fryst tilstand, samt liten plass til produksjon og lagring av biprodukter i de fleste fabrikkskip. Med dagens priser på skinn vil fabrikkskipene tape penger på å produsere dette produktet (Frank Hansen, personlig meddelelse).

Det er grunn til å tro at dette vil endre seg i framtida. Fiskeskinn er et interessant råstoff både fordi det er lett tilgjengelig i relativt store mengder og fordi det hovedsakelig består av kollagen, et bindevevsprotein med mange forskjellige anvendelsesområder. Mens det i dag fortsatt selges mye skinn billig til fôrindustrien, finnes det allerede mange muligheter til å skape større verdier fra dette råstoffet. De mest kjente er framstilling av forskjellige gelatin- og skinnprodukter, men det er også godt kjent at en rekke biokjemikalier kan framstilles fra dette råstoffet. De fleste av disse kan nok også framstilles av skinn fra pattedyr, men fiskeskinn vil ofte være å foretrekke fordi fiskeråstoff er lettere å få godkjenning for i kosher- og halalprodukter og fordi det ikke inneholder prioner og andre smittestoffer som ellers kan forekomme i pattedyrprodukter. Dette siste er svært relevant når en tenker på anvendelse av gelatin i konsumprodukter fordi gelatinet mister sin gelingsevne dersom det behandles ved høye temperaturer som ellers ville være nødvendig for å uskadeliggjøre mange av smittestoffene.

2 Fiskeskinn til garving

I Norge ble industriell produksjon av fiskeskinnslær startet i 1870-årene hos P.A. Næsvold i Tromsø (Midling, 1994), men lenge før den tid har diverse fiskeskinnsprodukter vært brukt til mange forskjellige praktiske formål. Av de mer spesielle kan nevnes at Italieneren Querini, som drev i land i Lofoten i 1432, kunne fortelle om hus med brukbare vinduer av tørket fiskeskinn, trolig kveiteskinn. Hvordan de oppførte seg under regnværstormer, sier han imidlertid ingenting om. Ellers finnes beretninger om bruk av fiskeskinn i folkedrakter helt tilbake på 1200-tallet, både i Norge og mange andre steder i verden.

Dersom fiskeskinn skal brukes i holdbare produkter, må det først garves. Ved garving forvandles skinnet fra et lett bederverlig råstoff til et meget sterkt og holdbart skinnprodukt som kan brukes både til klær, sko, vesker og til trekking av møbler. Dessuten er det mulig å framstille et nesten ubegrenset antall forskjellige souvenirprodukter fra fiskelær. Naturlige garvestoffer er forskjellige organiske syrer som finnes i plantemateriale, særlig i bark. Garvingen er en kjemisk prosess der skinnet først brytes delvis ned for så å restruktureres slik at det blir både sterkere og smidigere enn det var før garvingen. Selve garvingen består av en behandling med ett eller flere ulike kjemikalier som forskjellig type fett olje, alun, krom eller forskjellig plantestoffer (Langaard, 2010). Tradisjonelt har det vært mest vanlig å bruke vegetabiliske oljer eller bark. Til selve garveprosessen, men før selve garving starter, må fiskerester fjernes og skinnet behandles i en kalkoppløsning.

Kalking

Etter rengjøring legges skinnet i en trommel (garvetrommel) som står i et kalkbad. Mens skinnet tromles fører kalken til at skinnet sveller og skjell faller av. Svellingen gjør at skinnets fiberstruktur (langsgående kollagenfibrer knyttet sammen med ett nettverk av sterke kryssbindinger) blir mer åpen slik at garvestoffer etterpå kan trenge inn. Fiskeskinn er svært følsomt for kalkbehandling, og dersom kalkbadet er for sterkt, kan skinnet fort gå i oppløsning. Før selve garvingen må kalken fjernes.

Avkalking – ”pyring”

Etter 15 – 20 timer i kalkbadet fjernes kalken fra skinnet kjemisk og ved vasking med store mengder vann. Etter vaskingen er skinnene svake og må behandles forsiktig.

Syrebad – ”pikkel”

Ved en forsiktig syrebehandling i trommelen senkes pH slik at fibre trekker seg tettere sammen og skinnet blir sterkere igjen. Etter syrebehandling, som pågår i 7 – 8 timer i trommelen, blir skinnet rensset for skjellrester og strukket til riktig fasong før selve garvingen kan starte.

Garving

Dette er en prosess hvor skinnene tilføres garvestoffer som reagerer kjemisk med bindevevsproteinene. Det dannes bindinger mellom bindevevsfibre slik at skinnstrukturen blir fiksert. Det er viktig at denne prosessen ikke skjer for hurtig, for da kan lommer med fuktighet stenges inne i skinnstrukturen og gi grunnlag for forråtnelse. Garving med bark gir et brunt elastisk skinn som er lett å forme. Bark fra selje gir et godt resultat ved garving av

fiskeskinn, fordi det inneholder mindre garvesyre enn for eksempel eikebark (Langaard, 2010). Kromgarving gir lysere skinn med mindre struktur (Midling, 1994).

Mykgjøring og farging

Etter garvingen tilsettes skinn litt olje og tromles for å bli mykt og smidig. Skinnene kan så farges enten ved at de tromles i en vannløsning av fargestoff eller ved at de fargesprayes med luftpistol. De beste naturlige fargestoffene kommer fra planteriket (Rahme og Hartmann, 1991).

2.1 Kommersiell produksjon av lærprodukter fra fiskeskinn

Rett etter andre verdenskrig hadde fiskeskinn et dårlig renommé i Norge. Årsaken til dette var at fiskeskinnslær av varierende kvalitet ble brukt som erstatning for dyreskinn til mange formål som ikke var skikkelig utprøvd. Det finnes mange fortellinger om fiskeskinnsko som gikk i oppløsning i regnvær. Med gode garveteknikker og fornuftig anvendelse har det imidlertid vist seg at fiskeskinn kan gi like gode og, til visse formål, bedre produkter enn skinn fra varmblodige dyr. Årsaken til dette er at bindevevsfibrene i fiskeskinn er mer regelmessig orientert enn i de fleste dyreskinn. Dette gir svært høy strekkstyrke når fiskeskinn blir garvet på riktig måte. Det hevdes at dersom en tar hensyn til tykkelsen, er det bare lær laget av kenguruskinn som blir sterkere enn lær laget av fiskeskinn (Midling, 1994). Et nylig avsluttet arbeid ved Tekniska Högskolan i Linnköping viste at lær laget av skinn fra både torsk, laks og steinbit hadde høyere strekkstyrke enn okseskinnslær og var velegnet til møbeltrekk som er et bruksområde der også høy slitestyrke er nødvendig (Langaard, 2010).



Bilde 1 Eksempler på garvede fiskeskinprodukter fra Viking Leather AS i Øksfjord. Foto: Fiskeriforskning.

I Norge nådde produksjonen av fiskeskinnslær en topp i 1944. Det var da tre garverier som var godkjent for slik produksjon i Norge og Næsvold's lærfabrikk i Tromsø var en av disse. Etter hvert avtok markedet for fiskeskinnslær og produksjonen stanset i løpet av 50-tallet. I 1993 ble en moderne fiskelærfabrikk, Viking Leather AS, etablert i Øksfjord. Denne fabrikk ble etablert med støtte av ekspertise både fra Australia og Irland og benyttet hovedsakelig skinn fra torsk, laks og flekksteinbit. Bedriften hadde et assortert produktutvalg som omfattet både klær, sko og diverse suvenirprodukter. En så for seg at bedriften i full drift ville kunne sysselsette omkring 15 personer, men etter bare ca tre års produksjon ble bedriften av forskjellige årsaker nedlagt.

Det har ofte vist seg at fiskerirelaterte industrietableringer som omfatter ny teknologi og nye markeder ofte går bedre på Island enn i Norge. Dette ser også ut til å gjelde fiskelærproduksjon. I 1994, rett etter at Viking Leather ble etablert i Norge, ble det startet en fiskelærfabrikk på Island som heter Atlantic Leather. Også denne fabrikk bruker hovedsakelig skinn fra torsk, laks og steinbit som råstoff og framstiller en rekke forskjellige produkter som omfatter sko og klær, belter og vesker. Denne fabrikk leverte også fiskeskinnslær til den svenske undersøkelsen som viste at slike produkter var velegnet til møbeltrekk.

Fiskeskinnslær har lange historiske tradisjoner rundt omkring i verden; ikke bare i Europa, men også i Kina og mange steder i Afrika, der særlig skinn fra Nil-abbor har vist seg å være

et godt råstoff. I dag fins imidlertid svært få bedrifter som har kommersiell produksjon av fiskeskinnslær. Den største av disse er trolig Ocean Leather Products Co. LTD som holder til i Xinhua Town i Kina, en bedrift med en årsomsetning på ca 35 millioner kr. Denne bedriften produserer hovedsakelig vesker, bager og koffertar, har salgskontorer i mange store kinesiske byer og dessuten et betydelig internasjonalt marked.

3 Gelatin fra fiskeskinn

Verdens årsforbruk av gelatin er omkring 250 000 tonn. Gelatin, som lages ved varmebehandling av bindevevsproteinet kollagen, brukes først og fremst av næringsmiddelindustrien som geldanner, stabilisator og vannbinder. Det aller meste av gelatinet lages fortsatt av skinn og bein fra storfe og gris, selv om dette kan medføre en viss risiko for overføring av farlige smittestoffer (kugalskap, prioner etc.). Dette gelatinet omsettes til rundt 50 kr/kg. Verdens årsproduksjonen av fiskegelatin er foreløpig bare ca 1500 tonn (RUBIN, 2007). Fiskegelatin har spesielle egenskaper som gjør det forskjellig fra gelatin laget av råstoff fra varmblodige dyr, og det benyttes mye til mikroinnkapsulering og andre tekniske formål innen optikk og elektronikk. Prisen på fiskegelatin varierer mye avhengig av rensegrad og kvalitet, men den er høyere enn for vanlig gelatin, og det har vært antydning at gjennomsnittsprisen ligger på omkring 100 kr/kg tørt gelatin (Tidemann, 2002).

Ettersom torsk er det viktigste råstoff i norsk filetindustri, vil torskeskinn her bli brukt som en standard når det gjelder beskrivelse av framstilling og anvendelsesmuligheter av fiskegelatin. Protein er, som nevnt, hovedbestanddelen i alt fiskeskinn. Når vi sammenligner proteinsammensetning og proteinets egenskaper, er det imidlertid svært liten forskjell på protein fra torsk, sei og hyse, og selv laks, som bare er en fjern slektning av torskefiskene, har et skinnprotein som ligner svært mye på torskeskinnprotein (Arnesen & Gildberg, 2007). Egne målinger (upublisert) og resultater fra Norland (1990) og Hafsteinsson (1987) viser at torskeskinn inneholder ca 24 % tørrstoff og at ca 80 % av tørrstoffet er protein. Ettersom bindevevsproteinet kollagen utgjør nesten 90 % av proteinet, betyr dette at kollagenet utgjør hele 70 % av skinnets tørrstoff og nesten 17 % av våtvekta. Dette viser at fiskeskinn er et unikt råstoff for framstilling av gelatin som er det produktet som oppstår etter en skånsom varmebehandling av kollagen.

Det er ingen kommersiell produksjon av fiskegelatin i Norge i dag, men slik har det ikke alltid vært. Allerede på midten av 1800-tallet var det mange som produserte "fiskelim". I boka "Sværmere", utgitt i 1904, forteller Hamsun om telegrafist Rolandsen som hadde gjort en stor oppfinnelse: "Han hadde ad kemisk vei opfundet en ny måte å fabrikere fiskelim på; hans nye måte vilde fuldstændig slå handelsmand Macks måde av marken....". Fiskelim var det første vannløselige husholdningslim, og i første halvdel av 1900-tallet var det mange fiskelimfabrikker i Norge. Kanskje var kvantum "bioteknologiske" produkter framstilt av norsk fiskeråstoff mye større for 100 år siden enn det er i dag? Fiskelime var et grovt gelatinprodukt framstilt ved ekstraksjon av skinn og bein med svak syre i varmt vann. Resultatet var et sterkt husholdningslim som kunne lime det meste; inkludert glass, metall, keramikk og tre. Men limet var ikke særlig vannbestandig og ble etter hvert utkonkurrert av mer moderne produkter.

Etter andre verdenskrig ble de fleste fiskelimfabrikker lagt ned. I 1960 fantes bare ni kommersielle fiskelimprodusenter i hele verden. Tre i Nord-Amerika, to i Japan og fire i Europa. Den siste norske fiskelimfabrikken, som fortsatt var i drift, lå i Trondheim. I 1983 var bare én av disse fabrikkene fortsatt i drift. Det var "Norland Products" i Nova Scotia, som tidligere var etablert under navnet "Kenny & Ross". Denne fabrikken utviklet seg etter hvert til

å bli verdens mest betydningsfulle produsent av forskjellige fiskegelatinprodukter av høy teknisk kvalitet.

3.1 Framstilling av gelatin

Gelatinprotein dannes når bindevevsproteinet kollagen blir ekstrahert med varm syre- eller lutløsning. Kollagenet er ordnet i regulære fiberstrukturer, men under ekstraksjonen blir disse strukturene oppløst slik at det dannes mer uregulære nettverkstrukturer. Det er disse nettverkstrukturene som binder vann og danner gel når tørt gelatin (2 – 10 %) løses opp i vann. Det finnes i hovedsak to metoder som brukes til å ekstrahere gelatin. Ved den ene metoden ekstraheres gelatinet med en svak syreløsning. Slikt gelatin betegnes gjerne type A – gelatin. Ved den andre metoden ekstraheres med svak lutløsning, og gelatinet betegnes type B – gelatin.

Det finnes utallige oppskrifter på framstilling av gelatin, og disse oppskriftene er tilpasset etter råstofftype og ønsket gelatinkvalitet. Mens den tradisjonelle fiskelimproduksjonen var ganske enkel og lite ressurskrevende, er moderne framstilling av rensert gelatin ganske omfattende og består av omkring 10 – 12 prosessstrinn. De første 7 – 8 trinnene er såkalte vasketrinn der fett, aske og muskelproteiner blir fjernet. Deretter kommer selve gelatineekstraksjonen. Den skjer gjerne ved røring av opphakkert skinn i en vannløsning med litt syre et par timer ved 50 - 60 °C. Så blir gelatinløsningen filtrert og salter blir fjernet ved ionebytting før løsningen blir oppkonsentrert ved vakuuminndamping og tørket.



Bilde 2 Rent gelatin fra torskeskinn framstilt i pilotskala ved Fiskeriforskning. Foto: Fiskeriforskning.

Generelt er det slik at gelatin som framstilles ved ekstraksjon av skinn fra kaldtvannsfisk blir framstilt under "mildere" fysiske og kjemiske betingelser enn gelatin fra varmtvannsfisk og pattedyr. Grunnen til dette er at bindevevet i kaldtvannsfisk er knyttet sammen med relativt svake bindinger og derfor lettere blir frigjort under ekstraksjon. Dermed blir både kjemikalie- og energiforbruk litt lavere ved framstilling av slikt gelatin. En annen fordel er at de relativt milde ekstraksjonsbetingelsene gjør at gelatinet blir mindre nedbrutt og får relativt høy viskositet sammenlignet med for eksempel gelatin fra pattedyr (Arnesen & Gildberg, 2007). Den høye viskositeten gjør fiskegelatinet mer egnet som fortykningsmiddel enn mange andre gelatinprodukter som i dag er kommersielt tilgjengelige. Fiskegelatin renses med ionebyttere er så godt som smak- og luktfritt.

4 Fiskeskinn som råstoff for nye produkter

Ettersom kollagen er den klart viktigste bestanddelen i fiskeskinn (70 % av tørrstoffet), vil også nye anvendelsesmuligheter hovedsakelig dreie seg om framstilling og bruk av forskjellige kollagenprodukter. Noen av disse produktene kan framstilles ved enklere og billigere metoder enn gelatineekstraksjonen. Noen eksempler på dette blir omtalt i neste hovedavsnitt, men ettersom gelatin fortsatt er det viktigste hovedproduktet, blir det først gitt noen eksempler på nye mulige anvendelsesområder for fiskegelatin; noen muligheter der det allerede gjøres forskning og utvikling, og andre som enda bare er uprøvde ideer.

4.1 Fiskegelatin som fortykningsmiddel i matvarer

En vanlig gelatingel kan bestå av ca 5 % gelatin oppløst i vann. De fysiske egenskapene til fiskegelatin har sammenheng med vanntemperaturene der fisken lever. Dersom vannet er kaldt, slik som her hos oss, vil gelatingeler laget av skinn fra fisken få et lavt smeltepunkt. Mens geler laget av gelatin fra pattedyr smelter ved 28-30 °C vil tilsvarende geler laget av gelatin fra våre fiskeslag smelte ved omkring 10-12 °C. Dette betyr at fiskegelatinet ikke uten videre kan brukes til produkter der det ellers blir brukt kommersielt gelatin fra pattedyr. Dersom vi for eksempel lager en dessertgel av fiskegelatin, kan vi risikere at desserten smelter dersom den blir oppbevart for lenge ved romtemperatur før den blir spist. I andre produkter kan det derimot være mulig å utnytte fiskegelatinets spesielle egenskaper på en positiv måte. Dette gjelder særlig hvis vi ønsker et fortykningsmiddel som ikke geler ved romtemperatur eller ved moderat kjøling. Oppløsninger av fiskegelatin har ofte høyere viskositet enn pattedyrgelatin (Arnesen & Gildberg, 2007), og vil derfor egne seg til slike formål. Dersom en ønsker å senke smeltepunktet ytterligere ned mot null grader, kan dette oppnås ved en kontrollert hydrolyse (nedbrytning) av gelatinet til mindre molekyler. Slike produkter kan for eksempel brukes til fortykning av yoghurt eller til pastaprodukter som lagres ved kjøleromtemperatur

4.2 Modifisert fiskegelatin til erstatning av dyregelatin

Det lave smeltepunktet til geler laget av torskegelatin (ca 12 °C) og tilsvarende fiskeslag, gjør at slikt gelatin ikke uten videre kan være et substitutt for gelatin fra varmblodige dyr (smeltepunkt ca 30 °C). Det finnes, imidlertid, minst to muligheter til å modifisere slikt gelatin til å bli mer lik dyregelatin. Den ene muligheten er å bruke enzymet transglutaminase som lager kjemiske bindinger mellom gelatinmolekylene slik at smeltepunktet til gelen øker. Den andre muligheten er å blande noe alginat med høyt smeltepunkt inn i fiskegelatinet slik at smeltepunktet til blandingsgelen nærmer seg smeltepunktet til geler av dyregelatin. Det finnes også en tredje mulighet som innebærer kjemisk behandling med formaldehyd eller glutaraldehyd, men denne behandlingen er ikke akseptabel til konsumprodukter.

Det kommersielle enzymet transglutaminase kan brukes til å kryssbinde fiskegelatin slik at gelen blir sterkere og mer lik gelatingel laget av råstoff fra pattedyr. Dette kan være en grei metode når produktet skal brukes i for eksempel fôr eller agn, men ikke like bra i næringsmidler. Årsaken til dette er at slikt gel blir mer permanent og ikke har evnen til å

smelte på samme måte som vanlig gelatingel (Kolodziejska *et al.*, 2004; Gomez-Guillen *et al.*, 2009).

Tilsats av andre geldannere av forskjellige polysakkarider kan forsterke gelen og gi mer akseptable produkter, fordi disse blandingsgelene får høyere gelstyrken og smeltepunkt samtidig med at de smelter omtrent på samme måte som vanlig gelatingel. Carrageenan, et polysakkarid fra alger, har vist seg å være særlig velegnet. En forskningsgruppe ved NTNU har arbeidet med å utvikle slike blandingsgeler i mange år (Haug *et al.*, 2004). De oppnådde gode tekniske egenskaper i geler som inneholdt 2 % fiskegelatin og 1 % carrageenan, men hadde problemer med å unngå turbiditet (blakking) i gelene. Slike geler kan være interessante i produkter der blakking er uproblematisk og der det ellers er akseptabelt at 1/3 av gelingskomponenten ikke er gelatin.

Forsøk med fiskegelatin fra en britisk produsent (Croda Colloids Ltd) har vist at også UV-stråling kan bidra til økt gelstyrke (Bhat & Karim, 2009).

4.3 Kapsler av fiskegelatin

Mange mennesker er vegetarianere, og stadig flere blir såkalte fiskespisende vegetarianere. I tillegg finnes store religiøse grupperinger som setter restriksjoner på konsum av dyreprodukter ("kosher"- og "halal"-godkjenning). Til sammen betyr dette at svært mange mennesker vil foretrekke fiskegelatin i stedet for dyregelatin i matprodukter. Dette gjelder også helsekostprodukter som kapsles inn i gelatin. Kapsler av fiskegelatin er allerede tatt i bruk til slike formål. Dette gjelder særlig marine oljer som for eksempel omega-3-fettsyrer og krillolje. Slike kapsler med omega-3-rik olje fra ansjos og sardiner selges av "Nordic Naturals", mens "VitaePro" selger kapsler med krillolje. Et japansk produkt "OmniQ10" selges også i kapsler av fiskegelatin. Foreløpig er det grunn til å tro at kapslene bare lages av fisk fra varme farvann, særlig tilapiaskinn ser ut til å være et egnet råstoff. Det forholdsvis høye smeltepunktet til gelatingeler laget av skinn fra varmtvannsfisk gjør kapselframstillingen enklere. Smeltepunktet til geler laget av tilapiaskinn er ca 15 °C høyere enn for geler laget av torskeskinn og bare ca 5 °C lavere enn for geler laget av gelatin fra griseskinn (Gudmundsson, 2002). Dette betyr at oppskriften for å lage kapsler fra tilapiagelatin ikke er så mye forskjellig fra oppskriften for kapsler laget av skinn fra varmblodige dyr. Det er en større teknisk utfordring å lage funksjonelle kapsler av torskeskinngelatin, men trolig vil dette være fullt mulig gjennom metodeutvikling og tilpasning av produksjonsutstyr. Trolig ville det være et godt salgsargument dersom vi for eksempel kunne selge omega-3-konsentrater av torskleverolje i kapsler laget av torskogelatin.

4.4 Gelatincoating av fiskefilet

Kvaliteten til fiskefilet forringes hurtig under kjølelagring dersom den ikke er vakuumpakket eller på andre måter beskyttet mot oksidasjon og bakterievekst. Oksidasjonsprodukter som oppstår i matvarer vil ikke bare forringe sensorisk kvalitet, men kan trolig også medføre noe økt kreftrisiko. Slike oksidasjonsprodukter oppstår gjerne når fett og olje harskner. I fiskeprodukter er det viktig å unngå harskning både fordi den positive helseeffekten av flerumettede fettsyrer forsvinner samtidig som kreftfremkallende stoffer kan bli dannet. Det er

kjent at gelatincoating kan gi god beskyttelse mot oksygen (Martucci & Ruseckaite, 2010) og dermed bidra til å redusere harskning og bakterievekst. Dessuten er det kjent at proteinbiter (peptider) som finnes i gelatinløsninger kan virke som antioksidanter (You *et al.*, 2010). Dersom fiskeprodukter påføres en gelatinhinne, vil oksygentilførsel og oksidasjonshastighet bli redusert.

Fordi gelatinløsninger laget av skinn fra kaldtvannsfisk er flytende helt ned mot 10 °C, kan kald fiskefilet dyppes i slik løsning uten at muskelproteinene blir varmedenaturert. Dette vil ikke være mulig med gelatinløsninger laget av dyregelatin som størkner allerede ved 30 °C. Egne forsøk, utført ved Nofima Marin, har vist at gelatinløsninger framstilt av skinn fra torsk eller laks gir en fast gel når temperaturen kommer lavere enn 10 °C (Arnesen & Gildberg, 2007). Når iskalde stykker av fiskefilet dyppes i en kjølig fiskegelatinløsning, blir de straks omsluttet av en fast hinne.

Dersom gelen tilsettes kommersielle antioksidanter, vil beskyttelsen mot harskning øke ytterligere (Jongjareonak *et al.*, 2008). Kommersielle antioksidanter er effektive, men det er stor skepsis til bruk av slike stoffer og stadig økende etterspørsel etter naturlige antioksidanter ekstrahert fra plantemateriale. Lovende resultater er oppnådd ved tilsats av ekstrakter fra myrteblader (guava) eller nellikolje (Gómez-Guillén *et al.*, 2007; Gomeéz-Estaca *et al.*, 2009).

Mjødurt er en plante som vokser villig i hele Norge. Det er vist at ekstrakter av mjødurt inneholder svært mye antioksidanter i tillegg til at den inneholder stoffer som hemmer bakterievekst (Trouillas *et al.*, 2003). Dette ble delvis bekreftet gjennom et mindre forskningsprosjekt utført av Nofima Marin i 2010 (Arnesen *et al.*, 2011). I dette prosjektet ble filetbiter av torsk og kveite coatet med en løsning av torskeskinngelatin tilsatt mjødurtekstrakt. Dersom en løsning med 5 % gelatin ble brukt, ble filetstykkene omsluttet av en membran med ca 0,25 mm tykkelse.

Hvis et filetstykke på 10 x 5 x 2 cm (ca 100 g) blir omsluttet av en slik gelatinhinne, vil det gi en umiddelbar vektøkning på ca 3 g og et økt proteininnhold på ca 0,8 %. Dersom en tenker seg gelatincoating av slike 100 g filetstykker med 5 % gelatinløsning, ville det kreve gelatin fra ca 15 kg skinn til å coate ett tonn filet. Eller sagt på en annen måte: Det vil gå med skinn fra ca 150 kg filet til å framstille gelatin nok til å coate ett tonn filet. Dette betyr i praksis at 15 % av filetskinnet kan tilbakeføres til fileten og øke "filetutbyttet" med ca 1 % dersom metoden blir vellykket. I labforsøkene ble det imidlertid registrert noe vekttap under kjølelagringen.

Metoden er svært interessant både fordi den kan bidra til økt holdbarhet og kanskje også økt produktmengde. En god del forskning og utvikling vil selvsagt være nødvendig før en slik metode kan kommersialiseres.

4.5 Gelatin til injisering av fiskefilet

I mange europeiske land, og kanskje særlig på Island, har det i senere tid vært gjort mange forsøk med injisering av fiskeprotein i fiskefilet for å øke produktvekten (Thorarinsdottir *et al.*, 2004). Til å begynne med ble denne metoden utprøvd som en ren saltingsmetode eller en salting i kombinasjon med fosfat for å øke vannbindingsevnen. Etter hvert har det blitt større

fokus på å injisere fiskeprotein, eller fiskeproteinhydrolysat, for å utnytte mer av proteinet fra fisken som en del av hovedproduktet. Et problem med metoden er å unngå protein og vanntap fra sluttproduktet. Det er ikke kjent om gelatin eller gelatinhydrolysat er utprøvd med slik injisering i filet. Slike forsøk ville være interessante fordi gelatinet har mye større vannbindingsevne enn fiskeprotein generelt og dermed kanskje kan erstatte fosfat som vannbinder samtidig med at det tilfører sluttproduktet mer ekte fiskeprotein.

Det vil selvsagt være en utfordring å utvikle gelatinprodukter, injiseringsutstyr og prosessbetingelser på en slik måte at gelatinet lar seg injisere uten at injiseringsutstyret går tett. Det er uvisst om dette lar seg gjøre, men muligheten burde undersøkes. Renset gelatin fra torskeskinn har nesten ingen smak.

4.6 Gelatin som bindemiddel i mykfôr og agn

Det er mest vanlig å bruke forskjellige typer alginater som bindemiddel i fiskefôr. Mange alginater fungerer godt til slike formål og har forholdsvis lav pris. Men ettersom alginater er karbohydrater, har de liten næringsverdi for våre oppdrettsarter. Preparater framstilt av fiskeskinn kan være alternativer til alginater. Den viktigste fordelene med dette er at slike preparater hovedsakelig vil bestå av proteiner som har høy næringsverdi både for fisk og skalldyr.

Det er oppnådd gode resultater ved oppdrett av kråkeboller på mykfôr der skinnprotein er bindemiddelet (Mortensen *et al.*, 2003). For å øke stabiliteten av dette fôret i vann er det behandlet med enzymet transglutaminase som lager sterke kryssbinder mellom skinnproteinene.

Tabell 2 Sammensetning av kråkebollefôr laget hovedsakelig av fiskeskinn.

Ingrediens	Vekt - %
Fiskeskinn (våtvekt)	89,05
Tangmel	8,91
Stivelse (potetmel)	1,78
Glukose	0,09
β-carote,	0,02
Askorbinsyre	0,02
Transglutaminase	0,13

Framstillingsmåten for dette fôret er ganske enkel: Skinnen varmes først til minst 70 °C med steam, og de andre ingrediensene blandes godt inn etter at temperaturen har sunket under 60 °C. Deretter helles blandingen i former for å stivne under avkjøling.

Dette fôret får en god konsistens og lite protein går tapt selv etter en uke i kaldt sjøvann, og kanskje det viktigste: Fôret ga mye mer rogn i kråkebollene enn det som ble oppnådd med vanlige fôr, der tang var hovedingrediensen.

En tilsvarende metode er også brukt ved framstilling av agn for krabber (Dale *et al.*, 2007; Aas *et al.*, 2011), og dette fôret viste seg mer effektivt enn dersom sei ble brukt som agn. Gelatin har også vist seg å være velegnet til mikroinkapsulering av fôrpartikler til marine fiskelarver (Fernandez-Diaz & Yufera, 1995).

Det arbeides nå med å utvikle tørket mykfôr som kan svulle og oppnå samme konsistens som vanlig mykfôr etter utfôring i sjø. Fordelen med slikt fôr er at det vil ha god holdbarhet ved lagring.

5 Kollagenhydrolysater/kollagenpeptid

Normalt vil kollagenhydrolysat og kollagenpeptid være to betegnelser på samme produkt; kollagenmolekyler som er nedbrutt til mindre proteinstykker (peptider). Men noen ganger kan det være vanskelig å sette en klar grense mellom enkelte gelatinprodukter og kollagenhydrolysater. Dette skyldes at gelatin som ekstraheres under sure betingelser ved relativt høy temperatur også blir delvis hydrolysert. Dvs. at noen proteinmolekyler blir kappet i mindre biter. Dermed reduseres både viskositet og gelingsevne. Som oftest vil dette bety at gelatinkvaliteten forringes, men til noen teknologiske formål kan nettopp slike egenskaper være ønskelig. Framstillingsmåten for kollagenhydrolysat/kollagenpeptid er likevel klart forskjellig fra gelatinframstillingen fordi det her blir brukt kommersielle enzymer for å dele opp kollagenmolekylene i mindre biter.

Disse produktene blir oftest solgt som halvfabrikata til bruk som ingredienser i andre produkter. Det kan være til bruk i spesialfôr, i næringsmidler eller til framstilling av proteinhydrolysater som inneholder bioaktive peptider. Betegnelsen kollagenpeptid brukes som oftest på produkter som omsettes på helsekost eller kosmetikkmarkedet.

Sammenlignet med gelatinframstilling er prosessen for framstilling av kollagenpeptid både billigere og enklere og krever mindre avansert prosessutstyr. Forskjellen skyldes spesielt behovet for høyere investeringer til egnede tørkesystemer ved gelatinframstilling. For produksjon av kollagenpeptid kan det benyttes en spraytørke som fjerner ca 100 liter vann per time. En slik tørke koster ca 800 000 kr og vil kunne tørke kollagenet fra ca 2000 tonn fiskeskinn per år. Alternative tørkesystemer som vanligvis brukes til tørking av gelatin, koster flere millioner kr. I tillegg kommer kostnader for ekstraksjonstanker, filter, ionebytter, pumper og diverse hjelpestoffer (Frank Hansen, personlig meddelelse).

Produksjonskostnadene for kollagenpeptid blir altså lavere enn for finrenset gelatin, og ettersom slike produkter selges som ingredienser til helsekost og kosmetikk, kan også salgsværdien bli høyere. Dette vil imidlertid være svært avhengig av hvilke spesielle produktkvaliteter som blir etterspurt. I Norge er det foreløpig bare en produsent som framstiller kollagenpeptid fra fiskeskinn. Det er Seagarden AS. Det er også en fabrikk på Færøyene, Seanergy AS, som framstiller slike produkter. Denne fabrikk er 50 % eid av den spanske gelatinprodusenten Junca Gelatine SA, og har som målsetning å produsere 60-100 tonn kollagenpeptid per år. Dette vil kreve en råstoffmengde på omkring 1000 tonn skinn. Norland Products, som er verdens største produsent av fiskegelatin, selger også hydrolysat- og kollagenpeptidprodukter. De oppgir følgende salgspriser (mai 2011) på noen av sine produkter: Kollagenhydrolysat (HFC); ca 100 kr/kg, kosher gelatin (KD); ca 95 kr/kg og høymolekylært gelatin (HMWD); ca 115 kr/kg. Norland Products i Nova Scotia, har bygd opp en produksjon av kaldtvannsfisk-gelatin basert på mer enn 50-års erfaring. Denne bedriften har et imponerende produktspekter som blir alt for omfattende å diskutere her, men rikelig informasjon om Norland sine produkter kan lett finnes på internett (<http://www.norlandprod.com/about.html>).

5.1 Bioaktive peptider

Bioaktive peptider er proteinbiter som har en eller annen biologisk virkning. Som oftest er det snakk om positive helseeffekter for mennesker, men det kan også dreie seg om konserverende effekt på matvarer osv. Mange proteiner kan være utgangspunkt for dannelse av slike peptider, og kollagen fra fiskeskinn er ofte nevnt i denne sammenheng. Det som oftest nevnes når det gjelder fiskeskinn, er at enzymbehandling av skinnprotein kan gi peptider som hemmer oksidasjon (harskning). Kinesiske forskere har for eksempel vist at antioksidative peptider oppstår når skinn fra lyr behandles med enzymet Protamex (Jia *et al.*, 2010), og lignende resultater er også oppnådd med hydrolysater av skinn eller gelatin fra andre fiskeslag (Nam *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2008), mens andre har vist at slike hydrolysater kan inneholde peptider som hemmer bakterievekst (Min & Oh, 2009) og reduserer høyt blodtrykk (Byun & Kim, 2001; Aleman *et al.*, 2011).

6 Økt verdiskaping for norsk fiskerinæring

Denne gjennomgangen viser at økt verdiskaping fra skinn kan oppnås på mange måter, og at disse måtene kan være veldig forskjellige. Mens noen kan oppnås med enkle midler kan andre kreve store investeringer, høy faglig kompetanse og, ikke minst, stor markeds kunnskap. Dessuten viser oversikten at dette ikke nødvendigvis dreier seg om å pløye nytt land. Her finnes allerede store kunnskapsmengder som er bygd opp gjennom mer enn hundre år. Den største feilen man kan gjøre er derfor å bruke mye ressurser på å framskaffe kunnskap som allerede er tilgjengelig. En hensikt med denne rapporten er derfor å bidra til å forhindre at dette skal skje. Rapporten har ingen ambisjon om å gi en fullstendig oversikt over all relevant kunnskap, det ville kreve større ressurser, men en målsetting har vært å få med de fleste ledetråder slik at leseren selv kan oppsøke mer kunnskap på områder av spesiell interesse.

Ettersom temaet verdiskaping fra fiskeskinns er både innfløkt og mangfoldig, er det umulig å si med sikkerhet hvilke satsningsområder som vil være mest hensiktsmessige på kort og lang sikt, men det kan likevel være nyttig å gjøre seg noen tanker om slike muligheter.

6.1 Muligheter på kort sikt

Dagens situasjon er at mesteparten av skinnnet enten går til spille eller omsettes på førmarkedet til svært lave priser. En kortsiktig målsetting må derfor være å bidra til så stor lønnsomhetsøkning at det i alle fall blir viktig å ta vare på alt skinnnet. Første ledd i denne prosessen er at skinnnet blir konservert før det forringes. Dersom ferskt skinn hurtig fryses i 20 – 40 kg blokker og pakkes i plast, vil det senere kunne brukes til alle formål som er nevnt i denne rapporten. Det er ingen grunn til å tro at frysing på noen som helst måte forringer kvaliteten. Ved fryselagring over tid bør imidlertid temperaturen være -30 °C eller lavere for å forhindre harskningsreaksjoner.

Skinn kan dessuten, på samme måte som andre restråstoffer, selvsagt konserveres ved ensilering, men da vil bruksområdet i all hovedsak bli begrenset til diverse førprodukter. Framstilling av mykfôr og agn (4.6.) kan være et alternativ, men slike produkter er ikke konservert og vil ha begrenset holdbarhet dersom de ikke fryses. Dersom tørket mykfôr, eller agn, får samme kvalitet som "ferskt" mykfôr, vil dette være et interessant produkt.

Frosset skinn er et utmerket råstoff til framstilling av gelatin eller kollagenpeptid. Ettersom utsalgsprisen på fiskegelatin i dag er omkring 100 kr/kg og det kreves ca 10 kg skinn for å framstille 1 kg rent gelatin, betyr dette at det totale dekningsbidrag til slik produksjon vil være 10 kr/kg skinn. Ettersom gelatinframstilling inkluderer mange vasketrinn, ekstraksjon, rensing og en relativ kostbar tørkeprosess, kan det ikke påregnes en høy råstoffpris til slik produksjon. Når det gjelder framstilling av "skreddersyde" hydrolysater eller kollagenpeptid, er det kanskje større muligheter til kortsiktig gevinst fordi framstillingsprosessen her er enklere og krever noe lavere investeringer. For å oppnå lønnsomhet i slik produksjon, er det ekstremt viktig med god markeds kunnskap og gode kontakter. Det vil dessuten være nødvendig å vite nøyaktig hvilke produkter markedet vil ha. Neste trinn vil så være å vise at man kan framstille disse produktene. Nøyaktig prosesskontroll vil være en forutsetning for å

lykkes med slike produkter, men dersom dette oppnås, kan muligheten til verdiskaping på relativt kort sikt være tilstede.

6.2 Langsiktige muligheter

Framstilling av garvede skinnprodukter til sko, klær, møbler og vesker kan være eksempler på mer langsiktig verdiskaping fra fiskeskinn. Her er teknologien stort sett ferdig utviklet, men det vil være avhengig av oppbygging av en fiskelærproduksjon som for tiden er svært liten i vår del av verden. Det er imidlertid godt dokumentert at fiskelærprodukter til mange formål er fullt på høyde med andre lærprodukter. Muligheten til å lykkes med slike produkter er derfor absolutt tilstede dersom folk med riktig kompetanse samarbeider.

På lang sikt vil det trolig være bruk av fiskegelatin til nye produkter som har størst verdiskapingspotensiale. Det er først og fremst naturlig å tenke seg tilbakeføring av fiskeskinnsproteiner (gelatin) til diverse konsumprodukter av fisk. Hensikten med dette vil både være å øke produktmengden, ikke bare ved tilførsel av mer vann (som ved hjelp av polyfosfat), men ved å øke mengden verdifullt fiskeprotein i sluttproduktet. Dette kan skje enten ved coating av filetprodukter (4.4.) eller ved injisering (4.5.). Bruk av gelatin som ingrediens i farseprodukter kan også være interessant. Målsetningen med alle slike produkter kan være tosidig; både å øke volumet av og kvaliteten til sluttproduktet. En gelatincoating kan, for eksempel, i tillegg til å øke produktvolumet også redusere risiko for harskning både fordi den reduserer oksygentilgang, men også fordi den kan inneholde antioksidative peptider dersom gelen framstilles på riktig måte.

En interessant mulighet som fortjener større oppmerksomhet er framstilling av myke kapsler av fiskegelatin (4.3.). Dette gjøres allerede i dag med gelatin fra varmtvannsfisk (tilapia), men det vil helt sikkert være mulig å lage slike kapsler også med gelatin fra våre fiskeslag. For å klare dette vil det imidlertid være nødvendig med utviklingsarbeid for å finne de rette betingelsene. Konsentrater av omega-3-fettsyrer fra torskeolje innkapslet i torskegelatin ville helt sikkert bli en salgssuksess.

7 Oppsummering

De siste årene har det i Norge vært omsatt ca 1000 tonn skinn til industriformål. Dette er mindre enn en fjerdedel av tilgjengelig skinnmengde fra filetindustrien. Ettersom råstoffprisen i dag bare er ca 1 kr/kg og anvendelsesmulighetene for skinn og skinnproteiner er særdeles omfattende, vil det være et stort potensial for økt verdiskaping fra dette råstoffet. Men nettopp mangfoldet av bruksmuligheter gjør det vanskelig å gi sikre råd om hva som er riktig satsningsområder. Uansett valg vil første trinn være å konservere skinnen, helst ved frysing, før kvaliteten forringes. Fryst skinn av god kvalitet vil være et fullverdig råstoff for alle produkter som er omtalt i rapporten.

Ettersom hele 70 % av tørrstoffet i skinn er kollagen, vil kollagen/gelatinprodukter helt klart være den viktigste produktkategorien. Prosessering av 10 kg skinn gir omkring 1 kg rent gelatin. Dersom en i Norge tenker seg gelatinproduksjon fra for eksempel 1000 tonn skinn, vil dette gi 100 tonn fiskeskinngelatin som tilsvarer 6-7 % av dagens verdensproduksjon (1500 tonn) og en salgsverdi på omkring 10 mill kr.

Dersom en satser på framstilling av andre produkter som hydrolysater, kollagenpeptid og bioaktive peptider, er inntjeningspotensialet svært uoversiktlig og vil måtte evalueres ut fra detaljkunnskaper om markedspotensial for de enkelte produkter.

Mens garvede fiskeskinnprodukter og fiskegelatin generelt utgjør de mest utviklede produktkategorier, vil hydrolysater, kollagenpeptid og andre produkter som vender seg mot helsekost, kosmetikk og farmasøytiske markeder, være kategorier der kravet både til teknologisk og markedsmessig videreutvikling fortsatt er betydelig. Bruk av fiskegelatin i filetprodukter, til coating og injisering, og til innkapsling av marine oljer er nye, spennende muligheter som vil kreve mye forskning og utvikling før de eventuelt kan kommersialiseres.

8 Litteraturliste

- Akse, L., Tobiassen & Kristiansen, F. (2008) Omregningsfaktorer for torsk og hyse. Nofima Rapport nr/2008 – utgitt juli 2008. 31 sider.
- Aleman, A. *et al.* (2011) Contribution of Leu and Hyp residues to antioxidant and ACE-inhibitory activities of peptide sequences isolated from squid gelatine hydrolysate. *Food Chem.*, 125, 334-341.
- Andreeva, A.P. (1971) Thermostability of cutaneous collagen of some species and subspecies of the cod family. *Tsitologiya.*, 13, 1004-1008.
- Arnesen, J.A., Carlehög, M. & Gildberg, A. (2011) Økt holdbarhet av fiskefilet ved gelatin-coating. Rapport 7/2011, Nofima. 22 sider.
- Arnesen, J.A. & Gildberg, A. (2007) Extraction and characterisation of gelatine from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. *Bioresource Technol.*, 98, 53-57.
- Bhat, R. & Karim, A.A. (2009) Ultraviolet irradiation improves gel strength of fish gelatine. *Food Chem.*, 113, 1160-1164.
- Byun H.G. & Kim, S.K. (2001) Purification and characterization of angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) skin. *Process Biochem.*, 36, 1155-1162.
- Dale, T., Siikavuopio, S.I. & Aas, K. (2007) Development of formulated bait for edible crab (*Cancer pagurus* L.), using by-products from the fisheries and aquaculture industry. *J. Shellfish Res.*, 26, 597-602.
- Fernandez-Diaz, C. & Yufera, M. (1995) Capacity of gilthead seabream, *Sparus aurata* L., larvae to break down dietary microcapsules. *Aquaculture*, 134, 269-278.
- Gomez-Guillen, M.C. *et al.* (2009) Fish gelatin: a renewable material for developing active biodegradable films. *Trends Food Sci. Technol.*, 20, 3-16.
- Gudmundsson, M. (2002) Rheological properties of fish gelatins. *J. Food Sci.*, 67, 2172-2176.
- Hafsteinsson, H. (1987) Attenuation of ultrasound in sealworms and fish tissue. Pd.D. thesis. Cornell University, Ithaca, NY.
- Hansen, F.R. (2007) Produksjon av kollagen/gelatin fra fiskeskinn fra færøysk og islandsk fisk. Sluttrapport . NORA, Nordisk Atlantsamarbejde. 19 sider.
- Haug, I.J., Draget, K.I. & Smidsrød, O. (2004) Physical behaviour of fish gelatin-k-carrageenan mixtures. *Carbohydr. Polymers*, 56, 11-19.
- Kolodziejska, I. *et al.* (2004) Modification of the properties of gelatine from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase. *Food Chem.*, 86, 203-209.

- Langaard, E.J. (2010) Fiskeskinn – en underutnyttet ressurs. Lindköpings Universitet, Tekniska Högskolan, Carl Malmsten – Furniture Studies. Reg.nr.: LIU-IEI-TEK-G—10/00181—SE. 47 sider.
- Martinasdottir, E. *et al.* (2004) Ahrif rodkælingar a gædi fiskflaka. på islandsk til: Rannsóknastofnun fiskidnadarins, rapport 03-04, på islandsk. 71 sider.
- Martucci, J.F. & Ruseckaite, R.A. (2010) Biodegradable three-layer film derived from bovine gelatine. *J. Food Eng.*, 99, 377-383.
- Mortensen, A., Siikavuopio, S.I. & Raa, J. (2003) Use of transglutaminase to produce a stable sea urchin feed. In: *Sea Urchins – Fisheries and Ecology*. J.M. Lawrence & O. Guzman, eds. DEStech Publications, Inc., Puerto Varas, pp. 203-212.
- Midling, K.Ø. (1994) Garving av fiskeskinn. *Ottar*, 199, 17-23.
- Min, B.J. & Oh, J.H. (2009) Antimicrobial activity of catfish gelatine coating containing organum (*Thymus capitatus*) oil against gram-negative pathogenic bacteria. *J. Food Sci.* 74, M143-M148.
- Nam, K.A., You, S.G. & Kim, S.M. (2008) Molecular and physical characteristics of squid (*Todarodes pacificus*) skin collagens and biological properties of their enzymatic hydrolysates. *J. Food Sci.*, 73, C249-C255.
- Norland, R.E. (1990) Fish gelatine. In: *Advances in Fisheries Technology and Biotechnology for Increased Profitability*. M.N. Voigt & J.R. Botta, eds. Technomic Publ. Co. Inc., Lancaster, pp. 325-333.
- Pedersen, T. (1980) Prosesser og produkter i norsk fiskeindustri, 2, Frysing og frosne fiskevarer. Universitetsforlaget. 124 sider.
- Rahme, L. & Hartman, D. (1991) Skinn, garving och tilberedning med traditionella metoder, LT's Förlag, Stockholm.
- RUBIN (2007) Råvarer med muligheter. ISBN: 978-82-993089-2-2. Wennbergs Trykkeri, Trondheim, 143 sider.
- Thorarinsdottir, K.A. *et al.* (2004) Effects of added salt, phosphates, and proteins on chemical characteristics of frozen cod (*Gadus morhua*) fillets. *J. Food Sci.*, 69, FEP144-FEP152.
- Tidemann, E. (2002) Håndtering og innsamling av fiskeskinn til gelatinproduksjon. Rapport nr. 4401/102. Stiftelsen RUBIN, Trondheim. 21 sider.
- Trouillas, P. *et al.* (2003) Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of sixteen water extracts used in the Limousin countryside as herbal teas. *Food Chem.*, 80, 399-407.

Yang, J.I. *et al.* (2008) Characteristic and antioxidant activity of retorted gelatin hydrolysates from cobia (*Rachycentron canadum*) skin. Food Chem., 110, 128-136.

Aas, K., Siikavuopio, S. & Tidemann, E. (2011) Agn til taskekrabbe. Fiskeriforskning, Rapport utgitt januar 2011. ISBN: 82-7251-. 15 sider.

