

# Prosessering av sjømat

Endring i næringsinnhold, biotilgjengelighet og helseeffekter

Rune Larsen og Svein K. Stormo – Nofima Marin  
Karl-Erik Eilertsen, Hanne Mæhre, Ida Johanne Jensen, Bjarne Østerud og Edel Elvevoll –  
Universitetet i Tromsø





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

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

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

Forretningsområdet marin driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringen. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, effektiv og bærekraftig produksjon, prosess- og produktutvikling av sjømat samt marin bioprospektering.

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

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

# Rapport

ISBN: 978-82-7251-812-6 (trykt) ISBN: 978-82-7251-813-3 (pdf)	Rapportnr: 36/2010	Tilgjengelighet: <b>Åpen</b>
--	-----------------------	---------------------------------

<i>Tittel:</i> <b>Prosessering av sjømat          – Endring i næringsinnhold, biotilgjengelighet og helseeffekter</b>		<i>Dato:</i> 29.11.2010
		<i>Antall sider og bilag:</i> 32
<i>Forfatter(e):</i> Rune Larsen og Svein Kristian Stormo – <b>Nofima</b> Karl-Erik Eilertsen, Hanne Mæhre, Ida Johanne Jensen, Bjarne Østerud, Edel Elvevoll - <b>Universitetet i Tromsø</b>		<i>Prosjektnr.</i> 20462.01
<i>Oppdragsgiver:</i> Troms fylkeskommune SpareBank 1 Nord-Norge		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> TF Tilsagn NU14/04 – Anne Hjortdahl SB1 – Reidun Lunndal
<i>Tre stikkord:</i> <b>Sjømat, prosessering, næringsinnhold</b>		
<i>Sammendrag:</i> Rapporten oppsummerer hvordan prosessering kan påvirke innholdet av næringsstoffer i sjømat, samt hvordan biotilgjengeligheten til ulike stoffer kan endres som følge av prosessbetingelsene. I tillegg er det kort redegjort for vitenskapelig status på helseeffektene av sjømatkonsum, samt hvilke ernæringsmessige faktorer som gjør sjømat til et særegent næringsmiddel. Økt prosesseringsgrad av sjømat tenderer mot å redusere innholdet av enkelte næringsstoffer, særlig vannløselige lavmolekylære forbindelser da disse stoffene lettere kan lekke ut av næringsmiddelet. I tillegg kan varme denaturere eller dekomponere forbindelser, og pH-endringer kan også ødelegge enkelte stoffer. Varmebehandling kan imidlertid føre til økt biotilgjengelighet, og dermed har prosessering en ambivalent effekt ved at næringsinnholdet reduseres, mens biotilgjengeligheten kan øke. Med unntak av omfattende prosessering som for eksempel for sjømatprodukter som lutefisk og surimi, der majoriteten av vannløselige forbindelser er fjernet, er det reduserte næringsinnholdet trolig ikke tilstrekkelig til å gi en signifikant innvirkning på sjømatens helsefremmende effekt.		
<i>English Summary:</i> The report summarizes how processing of seafood influences the nutritional content of seafood and how various processing conditions may affect the bioavailability of individual nutrients. In addition, a short description of the latest scientific documentation on the health benefits of seafood consumption is included, as well as the nutritional traits that makes seafood a special food. Increased degree of seafood processing generally tends to reduce the content of some nutrients, especially low molecular water soluble components which are susceptible to leaching. Application of heat may thermally degrade components and pH extremes may also destroy several components. However, processing may increase the bioavailability of macronutrients, and thus processing has an ambivalent effect by decreasing nutritional content and increasing bioavailability. With the exception of very extensive processing, such as processing of "lutefisk" and surimi products which removes the majority of soluble substances, the nutritional decrease in the majority of processing conditions is probably not sufficient to make a significant impact on the health benefits of seafood consumption, and any effect would be challenging to test and find in a human study.		



# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Næringsinnholdet i sjømat</b>	<b>4</b>
3.1	Hovednæringsstoffer	4
3.1.1	Fett	6
3.1.2	Protein	6
3.1.3	Karbohydrater	6
3.2	Mikronæringsstoffer	7
3.2.1	Vitaminer	7
3.2.2	Mineraler	7
3.3	Bioaktive forbindelser	7
<b>4</b>	<b>Helseeffekter av sjømatkonsum</b>	<b>8</b>
4.1	Hjerte- og karsykdommer	8
4.2	Nevropsykologisk utvikling hos fostre og barn	9
4.3	Inflammatoriske og autoimmune sykdommer	9
4.4	Kognitiv svekkelse og mental helse	9
4.5	Kreft	9
4.6	Fremmedstoffer i sjømat	10
4.7	Helse-risikovurderinger av sjømat	10
<b>5</b>	<b>Prosessering av sjømat</b>	<b>12</b>
5.1	Kjøling og lagring	12
5.2	Frysing	13
5.3	Tørking	13
5.4	Salting	13
5.5	Røyking	14
5.6	Varmebehandling og tilberedning	14
<b>6</b>	<b>Metoder for beregning av endring i næringsinnhold og biotilgjengelighet</b>	<b>15</b>
6.1	Beregning av endring i næringsstoffer ved prosessering	15
6.1.1	Sann retensjon	15
6.1.2	Tilsynelatende retensjon	15
6.1.3	Predikeringsmodeller	16
6.2	Evaluering av biotilgjengelighet	16
<b>7</b>	<b>Effekt av prosessering på næringsinnhold og biotilgjengelighet</b>	<b>17</b>
7.1	Proteiner, peptider og aminosyrer	17
7.2	Fett	18
7.3	Karbohydrater	19
7.4	Vitaminer	19
7.4.1	Vitamin A	19
7.4.2	Vitamin D	20
7.4.3	Vitamin E	20
7.4.4	Vitamin K	21
7.4.5	Vitamin C	21
7.4.6	Tiamin (B1)	21
7.4.7	Riboflavin (B2)	21
7.4.8	Niacin (B3)	21
7.4.9	Pyridoksin (B6)	22

7.4.10	Biotin (B7)	22
7.4.11	Folat (B9)	22
7.4.12	Kobalamin (B12)	22
7.5	Mineraler	23
7.5.1	Kalsium	24
7.5.2	Magnesium	24
7.5.3	Jern	24
7.5.4	Selen	24
7.5.5	Jod	24
7.5.6	Sink	25
7.6	Bioaktive forbindelser	25
7.6.1	Antioksidanter	25
7.6.2	Taurin	25
7.6.3	Steroler	26
<b>8</b>	<b>Referanser</b>	<b>27</b>

# 1 Bakgrunn

Denne rapporten inngår som en del av det vitenskapelige arbeidet knyttet til prosjektet "Sjømat og helse – marin næringsutvikling og kompetansebygging", delprosjekt "Tap av biologisk aktivitet ved foredling og tilberedning av sjømat". Prosjektet har vært et samarbeid mellom Universitetet i Tromsø (Norges fiskerihøgskole/BFE og Institutt for medisinsk biokjemi) og Nofima Marin, og sentrale aktører i prosjektet inkluderer Professor Edel Elvevoll, Professor Bjarne Østerud, Førsteamanuensis Karl-Erik Eilertsen, PhD Rune Larsen, PhD Svein Kristian Stormo, MSc Hanne Mæhre og MSc Ida Johanne Jensen.

Hovedaktiviteten innenfor dette delprosjektet har vært gjennomføringen av et dyreforsøk for å undersøke om industriell prosessering av sjømat påvirker helsegevinsten ved konsum. Resultater fra denne studien rapporteres separat og artikler vil bli skrevet og publisert i internasjonale vitenskapelige tidsskrift

For å utfylle resultatene fra dyrestudiet ble det besluttet å foreta en gjennomgang av vitenskapelige studier innenfor emnet "Tap av biologisk aktivitet ved prosessering av sjømat". Informasjon om effekt av prosessering på næringsinnhold og biotilgjengelighet er innhentet fra vitenskapelige artikler og fagbøker, og dette er sammenfattet med særlig fokus på næringsstoffer som er relevant for sjømat. Bakgrunnsinformasjon om prosessering av sjømat, næringsinnhold og helseeffekter av sjømatkonsum er også presentert.

Prosjektet har vært eksternt finansiert av Troms fylkeskommune og SpareBank1 Nord-Norge.

## 2 Innledning

Den økonomiske, kulturelle og vitenskapelige utviklingen av samfunnet har medført store endringer i både livsstil og matvaner. Endring i matvanene inkluderer et økt inntak av prosesserte næringsmidler og dietten er gjerne energirik. I tillegg er innslaget av sukker og mettet fett relativt høyt, mens inntaket av protein, marint fett og fiber anses for å være for lavt. Sammen med lavere fysisk aktivitet, regnes en suboptimal diett å være de viktigste faktorene for økningen i livsstilsrelaterte sykdommer.

I dag gjennomgår stort sett all mat en eller annen form for prosessering og det inngår som en integrert del av den globale matvareindustrien. Dette gjelder også for sjømat. Avhengig av produkttype gjennomgår sjømatprodukter en varierende grad av prosessering, alt fra sushi og sashimi der sjømaten i liten grad blir industrielt prosessert, til enkelte hermetiserte produkter som gjerne gjennomgår en omfattende prosessering i mange prosessledd. Det er mindre kjent hvordan prosessingsgraden påvirker sjømatens ernæringsmessige status og hvordan industriell prosessering innvirker på helseeffektene av sjømatkonsum. Denne problemstillingen kompliseres ved at prosessering gir opphav til både formålstjenlige og uønskede effekter av teknologisk, ernæringsmessig og mattrygghetsrelatert art. Tabell 1 oppsummerer ønskede og uønskede effekter som kan inntre ved prosessering av sjømat og mat generelt.

Denne rapporten fokuserer på endringer i ernæringsmessig kvalitet som følge av prosessering.



Tabell 1 Ønskede og uønskede effekter av prosessering av mat

Ønskede effekter	Uønskede effekter
<p>Ernæringsmessig</p> <p>Varmebehandling fører gjerne til økt fordøyelighet og biotilgjengelighet ved at bindingene i makromolekyler løses opp. Dermed effektiviseres fordøyelsen og absorpsjonen i tarmen øker. Prosessering kan også inaktivere endogene antinæringsstoffer.</p>	<p>Redusert næringsverdi som følge av tap av næringsstoffer ved at stoffene lekker ut under prosessering og lagring. I tillegg kan prosessering føre til kompleksdannelser som gjør næringsstoffene mindre nedbrytbare og tilgjengelige for opptak, eller de kan degraderes eller ødelegges som følge av prosesseringsbetingelsene (pH, lys, oksygen og varme).</p>
<p>Mattrygghet</p> <p>Økt mikrobiell stabilitet ved at prosessering inaktiverer eller inhiberer vekst av patogene mikrober som virus, bakterier og parasitter. Dermed øker mattryggheten og holdbarheten forlenges. Dog kan næringsmidlene rekontamineres under prosesseringen</p>	<p>Prosessering, og særlig varmebehandling ved høy temperatur, kan føre til at det dannes mutagene og/eller toksiske forbindelser ved at endogene forbindelser reagerer med hverandre, eller gjennom reaksjoner mellom endogene forbindelser og stoffer som er tilført under prosesseringen</p>
<p>Teknologiske og organolepiske egenskaper</p> <p>Bevaring og forbedring av teknologiske egenskaper som farge og tekstur</p> <p>Bedre organoleptiske egenskaper gjennom oppnåelse av ønsket smak, farge og andre sensoriske kvaliteter. Tilstrekkelig varme kan igangsette kjemiske reaksjoner som er ønskelig fra et kulinarisk ståsted, for eksempel karamellisering av sukker og ikke-enzymatisk bruning via Maillard-reaksjoner</p> <p>Økt biokjemisk stabilitet ved at det kan bremse oksidasjon samt inhibere/inaktivere endogene stoffer som kan ha en ugunstig effekt på kvaliteten.</p>	<p>Reduserte funksjonelle og teknologiske egenskaper</p> <p>Prosessering kan også ha en negativ effekt på farge og smak ved at innholdet av naturlige smakskomponenter og endogene fargestoffer kan denatureres eller tapes under prosesseringen.</p>

### **3 Næringsinnholdet i sjømat**

De nordiske næringsstoffanbefalingene [1] ligger til grunn for norske myndigheters råd og veiledninger for et balansert og sunt kosthold. anbefalingene fokuserer på en balansert sammensetning av makronæringsstoffer basert på totalt energiinntak som samlet sett skal virke forebyggende for å utvikle flere livsstilssykdommer. Et annet viktig fokus har vært det anbefalte inntak av sporstoffer som mineraler og vitaminer, som skal hindre at man utvikler mangelsykdommer.

Sjømat skiller seg fra andre matvarer ved at det inneholder en del næringsstoffer som det finnes lite av, eller er fraværende i sammenlignbar mat. Innholdet av flerumettede langkjedede fettsyrer (LC-PUFA) og vitamin D i fet fisk, samt innholdet av vitamin B12, selen og jod i sjømat generelt, bidrar til å gjøre sjømat unikt i ernæringsmessig sammenheng. Tabell 2 viser næringsinnholdet i utvalgte typer sjømat som er vanlig å spise i Norge.

Kostholdsrådene fra Helsedirektoratet i forhold til konsum av sjømat har tradisjonelt vært generelle og mindre konkrete. anbefalingene har oppfordret til å øke konsumet av fisk og annen sjømat. I utkastet til nye kostholdsråd fra helsedirektoratet er anbefalingene mer konkretisert [2]. Det anbefales blant annet at man spiser omkring 300-450 g fisk i uken og at minst 200 g bør være fet fisk.

#### **3.1 Hovednæringsstoffer**

Fett, proteiner og karbohydrater utgjør de energigivende stoffgruppene i mat. Det er stor variasjon i fettinnholdet mellom de ulike fiskeslagene, og artene kategoriseres ofte som mager eller fet fisk basert på andelen fett. Mager fisk har et fettinnhold mindre enn 2 %, mens fet fisk har et fettinnhold større enn 8 %. Fisk med et fettinnhold mellom 2-8 % kalles ofte halvfet fisk. Noen fiskeslag kan ha et fettinnhold over 30 %. Det er også betydelig variasjon i proteininnholdet mellom de ulike fiskeslagene, men de fleste artene har et proteininnhold på 15-20 % i fiskemuskelen. Fett- og proteininnholdet varierer også innad i fiskeslagene siden fødetilgang, gyteperioder og naturlige sesongvariasjoner påvirker innholdet [3]. I oppdrettsfisk styres næringsstoffsammensetningen i vesentlig grad av førets sammensetning.

Tabell 2 Innhold av proteiner, fett, vitaminer og mineraler i sjømat pr 100 g matvare. Verdiene gjelder rå sjømat hvis annet ikke er angitt. ADI - anbefalt daglig inntak [1]; RE – retinolekvivalenter, TE – tokoforeolekvivalenter, NE – niacinekvivalenter. Verdiene er hentet fra matvaretabellen 2006 [4] og den danske fødevaretabellen [5]\*.

Matvare	Vann g	Protein g	Fett g	Energi kcal	Vit A RE µg	Vit D µg	Vit E α-TE mg	Vit B1 mg	Vit B2 mg	Vit B3 NE mg	Vit B6 mg	Vit B9 µg	Vit B12 µg	Kalsium mg	Jern mg	Magnesium mg	Sink mg	Selen µg	Jod* µg
ADI					350 - 900	7,5 - 10	5 - 10	0,6- 1,4	0,7 - 1,7	9 - 19	0,7 - 1,6	80 - 400	0,8 - 2,0	600-800	8-15	120-350	6-11	25-50	90- 150
Breiflabbb	83	15,8	0,1	64	80	1,0	0,5	0,03	0,06	5,0	0,2	12	1	49	0,3	189	3,3	290	-
Brosme	82	16,1	0,2	66	2	0	0,3	0,05	0,15	5,8	0,3	2	1	37	0,1	23	0,4	30	-
Hyse, kolje	81	16,6	0,2	68	2	0,7	0,5	0,05	0,11	7,0	0,5	9	2	19	0,1	27	0,3	30	-
Lange	80	17,5	0,2	72	2	3,4	0,3	0,05	0,08	5,5	0,3	7	1	28	0,2	24	0,4	30	-
Sei	80	16,5	0,3	69	2	0,8	0,6	0,05	0,20	6,4	0,5	12	4	8	0,1	22	0,7	30	85
Torsk	80	18,1	0,3	75	2	1,4	1,1	0,05	0,11	5,3	0,2	12	1	8	0,1	29	0,5	30	253
Makrellstørje	74	24,0	1,0	105	372	1,6	1,2	0,16	0,16	13,5	0,4	15	5	11	2,3	39	0,6	200	7
Rødspette	82	13,4	1,4	66	4	6,6	0,4	0,15	0,09	6,0	0,3	11	10	34	0,1	19	0,6	30	34
Steinbit	78	18,6	2,5	97	27	1,8	1,1	0,07	0,08	5,6	0,3	5	2	13	0,2	20	0,9	50	60
Piggvar	79	15,9	2,4	85	4	1,7	0,6	0,05	0,11	5,0	0,3	11	2	16	0,2	19	0,6	30	35
Uer	79	17,1	2,8	94	3	0	1,4	0,10	0,11	5,1	0,2	9	1	21	0,2	26	0,3	50	-
Røye	73	16,1	7,1	128	30	6,9	1,3	0,09	0,02	9,1	0,6	26	10	16	0,2	25	0,4	30	-
Ørret, oppdrett	70	17,2	10,2	161	10	10,0	2,7	0,10	0,21	8,4	0,6	9	5	20	0,2	28	0,4	30	5,3
Kveite	72	16,2	10,4	158	0	18,0	1,0	0,04	0,06	7,4	0,5	9	1	6	0,2	16	0,3	40	0,1
Blåkveite	72	17,6	13,2	189	5	11,4	2,2	0,06	0,08	4,7	0,5	12	1	8	0,1	19	0,4	20	20
Laks, vill	66	19,7	11,5	182	0	8,0	1,3	0,20	0,15	10,6	0,6	13	7	8	0,4	30	0,4	50	30
Laks, oppdrett	67	19,9	13,4	200	11	8,0	1,4	0,21	0,14	11,8	0,5	13	7	12	0,4	28	0,4	30	30
Makrell	60	18,5	20,2	256	14	12,5	0,6	0,11	0,36	12,8	0,8	1	12	12	0,9	27	0,6	30	84
Sild, fetsild	56	17,0	25,0	293	6	11,5	0,6	0,04	0,30	7,1	0,5	9	12	38	1,0	38	0,5	50	24
Ål	46	17,3	32,5	362	600	30,0	8,0	0,20	0,04	6,7	0,3	12	3	35	0,4	15	2,0	25	25
Akkar	80	15,4	1,7	77	15	0	1,2	0,10	0,12	6,2	0,7	13	3	13	0,5	28	1,1	66	-
Blåskjell	85	10,4	1,4	54	14	0	0,8	0,02	0,27	3,1	0,1	37	25	38	5,8	23	2,5	51	140
Hummer, kokt	78	15,2	0,6	66	26	0	4,3	0,10	0,06	4,6	0,1	17	1	138	0,7	45	4,1	80	700
Kamskjell	78	17,9	1,1	82	4	4,2	1,3	0,01	0,09	5,2	0,2	18	4	7	0,6	19	1,8	20	-
Taskekrabbe kokt	72	22,9	1,8	108	4	0	1,2	0,05	0,40	5,9	0,2	20	14	551	1,8	63	6,5	200	60
Reker, kokt	68	23,3	0,8	100	2	3,5	5,3	0,01	0,07	6,6	0,1	4	5	61	0,1	43	1,0	30	17
Østers	80	9,3	2,4	59	38	3,1	1,1	0,20	0,20	3,7	0,2	10	14	22	3,1	19	42	60	60

### 3.1.1 Fett

De essensielle fettsyrene for mennesker, dvs. de som man ikke kan syntetisere selv, er omega-6-fettsyren linolsyre (LA) og omega-3-fettsyren alfa-linolensyre (ALA). Disse fettsyrene finnes det rikelig av i plante- og frøoljer. Dannelsen av langkjedete omega-3-fettsyrer fra ALA er hos mennesker svært begrenset [6, 7]. I praksis vil dette si at de langkjedete omega-3-fettsyrene eicosapentaensyre (EPA) og docosaheksaensyre (DHA) også må tilføres via kosten. Fra et helsemessig ståsted er det viktig å poengtere forskjellen mellom omega-3-fettsyren ALA og fettsyrene EPA og DHA, fordi forskning har vist at ALA ikke gir de samme helsefremmende effektene som DHA og EPA [8].

Sjømat og produkter basert på marint materiale er de eneste naturlige kildene som har et høyt innhold av omega-3-fettsyrene eicosapentaensyre (EPA) og docosaheksaensyre (DHA). Dette skyldes blant annet at marine alger, som danner basis i den marine næringskjeden, har en høy andel av disse fettsyrene, og dermed akkumuleres fettsyrene opp i næringskjeden.

Det er hovedsakelig EPA og DHA som har vært koblet til sjømatens helsefremmende effekt. Særlig fet fisk er rik på disse omega-3-fettsyrene, men også mager fisk, marine invertebrater og marine pattedyr har en høy andel av disse fettsyrene. I tillegg har det marine fett en lav andel av mettede fettsyrer og omega-6-fettsyrer.

### 3.1.2 Protein

Proteiner har en sentral rolle i biologiske systemer ved at de blant annet utgjør enzymene som styrer kjemiske og biokjemiske prosesser i kroppen. Enkelte proteiner inngår også som strukturelle komponenter i celler. I muskelvev utgjør kollagen, aktin og myosin en stor andel av proteinene. Kollagen er den dominante komponenten i bindevevet, mens aktin og myosin er de mest andelsrike bestanddelene i det kontraktile apparatet i musklene.

Av de 20 aminosyrene som er byggesteinene i proteiner, regnes ni som essensielle og må inntas via kosten (Tabell 3) [9]. De andre 11 aminosyrene regnes som ikke-essensielle fordi de kan syntetiseres i kroppen. Flere av de ikke-essensielle aminosyrene kan ved enkelte forhold bli betinget essensiell når tilstedeværelsen av forløpere i syntesen er mangelfull [10].

Fisk og annen sjømat er en fullverdig proteinkilde ved at råvarene inneholder alle de essensielle aminosyrene. Fordøyeligheten til protein fra fisk er høy [11], og i kombinasjon med at det er en fullverdig kilde, anses proteiner fra fisk å ha høy ernæringsmessig kvalitet.

### 3.1.3 Karbohydrater

Fisk inneholder veldig lite karbohydrater og glykogenmengden er ofte mindre enn 0,3 % av fiskevekten [12]. Til sammenlikning er glykogeninnholdet i pattedyrmuskel omtrent 1 %. Skjell og skalldyr har et litt høyere nivå av karbohydrater, men det er fortsatt lavt.

Tabell 3 Essensielle og ikke-essensielle aminosyrer for mennesker

Essensielle	Ikke-essensielle
Isoleusin	Alanin
Leusin	Arginin
Lysin	Aspartat
Methionin	Cystein
Fenylalanin	Glutamat
Threonin	Glutamin
Tryptofan	Glysin
Valin	Prolin
Histidin	Serin
	Asparagin
	Tyrosin

## 3.2 Mikronæringsstoffer

Mikronæringsstoffer eller sporstoffer er næringsstoffer man trenger i små mengder for å opprettholde normal metabolisme og fysiologiske funksjoner. Vitaminer og mineraler er de stoffgruppene som man hovedsakelig forbinder med sporstoffer, og et for lavt inntak av disse kan føre til mangelsykdommer.

### 3.2.1 Vitaminer

Sjømat er en god kilde til flere vitaminer. Fet fisk har generelt et høyt innhold av vitamin D og noe vitamin A. Tran og fet fisk utgjør en av hovedkildene til vitamin D i kosten. Blant de vannløselige vitaminene, inneholder sjømat relativt mye B12, men også noe av de andre B-vitaminene.

### 3.2.2 Mineraler

Sjømat er en spesielt god kilde for mineralene selen og jod. I tillegg vil konsum av sjømat tilføre kroppen viktige mineraler som kalsium, magnesium og sink.

## 3.3 Bioaktive forbindelser

I ernæringsmessig sammenheng kan bioaktive forbindelser betraktes som essensielle og ikke-essensielle stoffer som er en del av næringskjeden og som kan ha en effekt på human helse [13]. Noen av disse bioaktive forbindelsene anses som betinget essensielle, da de i begrenset grad syntetiseres *in vivo*. Under gitte omstendigheter kan det føre til et underskudd av disse stoffene. Således kan et inntak via matvarer bidra til å dekke behovet.

Sjømat er en kilde til flere stoffer som ikke regnes som essensielle, men som i studier har vist å gi en helsefremmende effekt. Dette inkluderer blant annet antioksidanter, plantesteroler, taurin og peptider med biologisk aktivitet.

## 4 Helseeffekter av sjømatkonsum

Konsum av sjømat virker forebyggende i forhold til utviklingen av en del livsstilssykdommer. Studier viser at sjømat, særlig fet fisk, reduserer risiko for å utvikle hjerte- og karsykdommer [14, 15]. Samtidig finnes det forskning som viser at sjømatkonsum kan virke beskyttende eller lindrende overfor en rekke andre sykdommer, men de vitenskapelige bevisene er ikke like sterke som overfor hjerte- og karsykdommer. Siden 2003 har minst fem ulike nasjonale og internasjonale ekspertkomiteer publisert rapporter der helseeffektene av sjømatkonsum har vært evaluert [16-20].

De helsefremmende komponentene i sjømat har hovedsakelig vært forbundet med de langkjedete omega-3-fettsyrene EPA og DHA. Disse fettsyrene påvirker en rekke fysiologiske mekanismer som ofte anvendes som forklaringsmodeller på helseeffektene. Selv om helseeffektene av sjømat hovedsakelig har vært knyttet til EPA og DHA, utgjør disse stoffene en brøkdel av sjømaten. Til tross for at mager fisk ikke inneholder mye omega-3 fettsyrer, vil det likevel være med på å balansere fettinntaket siden andelen av omega-3 er høyt.

Helseeffektene av sjømat er imidlertid ikke begrenset til EPA, DHA og andre aspekter ved det marine fettene. Andre næringsstoffer kan også ha en gunstig effekt [18]. Dette inkluderer stoffer, som for eksempel taurin, som har synergisk effekt med omega-3-fettsyrene [21]. Det finnes også forbindelser som har en gunstig effekt uavhengig av omega-3-fettsyrene. Slike effekter er blant annet funnet i proteinfraksjonen fra torsk med hensyn på utvikling av type 2 diabetes [22, 23]. Helseeffekter av et økt vitamin D-inntak kan også assosieres med sjømatkonsum, siden fet fisk er en god kilde til dette vitaminet.

En ofte underskattet forklaring på sjømatens helsefremmende effekt er at økt inntak av fisk og skalldyr implisitt innebærer at man erstatter andre elementer i kostholdet. Rødt kjøtt, og særlig inntak av prosessert rødt kjøtt er assosiert med en økt risiko for hjerte- og karsykdommer og tykktarmskreft [24, 25]. I en epidemiologisk studie som omfattet 84136 kvinner, ble det funnet at økt inntak av rødt kjøtt og melkeprodukter med høyt fettinnhold, var forbundet med økt risiko for koronar hjertesykdom, mens økt inntak fjærkre, fisk og nøtter var assosiert med en lavere risiko [26]. Således kan noe av helseeffekten ved sjømatkonsum forklares ved at man spiser mindre av usunne matalternativer.

### 4.1 Hjerte- og karsykdommer

Det er først og fremst overfor hjerte- og karsykdommer at konsum av sjømat eller omega-3-fettsyrer har vist å ha en forebyggende effekt. Den forebyggende effekten forklares ved at fett- og kolesterolnivåene i blodet forbedres, samt at omega-3 fettsyrene endrer kroppens produksjon av inflammatoriske forbindelser (eikosanoider, cytokiner). Forbedringen i blodets lipidprofil og den antiinflammatoriske effekten bidrar til å bremse åreforkalkningen, og dette reduserer risiko for å bli rammet av hjerteinfarkt og hjerneslag.

Én studie viste at personer som spiste ett måltid fisk i uken reduserte risiko for å dø av hjertesykdom med 15 % sammenlignet med individer som ikke spiste fisk [14]. En annen studie viste at moderat fiskekonsum (1-2 porsjoner pr uke, særlig fet fisk) reduserte risiko for å dø av hjertesykdom med 36 %, og forebyggende effekt ble funnet ved et så lavt inntak som

0,25 g EPA og DHA pr dag [15]. I en metaanalyse konkluderte He et al. [27] med at konsum av fisk så sjelden som 1 til 3 ganger i måneden kunne beskytte mot hjerneslag, og flere studier indikerer også at inntak av omega-3 beskytter mot plutselig hjertestans ved blant annet å forebygge arytmie [28].

## **4.2 Nevropsykologisk utvikling hos fostre og barn**

Sekundært etter hjerte- og karsykdommer anses konsum av sjømat for å ha en gunstig effekt på fosterutviklingen. Hos fostre/barn der mødrene har hatt et høyere inntak av omega-3-fettsyrer under svangerskapet og/eller i ammeperioden, har studier vist at dette kan gi gunstige effekter på motorikk, sosial og kognitiv utvikling [29-32]. Om disse effektene vedvarer når barna vokser til er foreløpig ikke kjent. Flere studier viser også at økt inntak av sjømat eller kosttilskudd med DHA/EPA medfører økt lengde på svangerskapet og økt fødselsvekt [33], men den kliniske betydningen av dette er uklar og en eventuell fordel er foreløpig teoretisk [18].

## **4.3 Inflammatoriske og autoimmune sykdommer**

Autoimmune sykdommer karakteriseres ved at immunsystemet er i ubalanse og angriper kroppens eget vev og/eller cellestrukturer, ofte via en for kraftig immunrespons. Virkningsmekanismene er komplekse, men omega-3-fettsyrene modulerer dannelsen av inflammatoriske forbindelser, og kan på den måten virke lindrende på enkelte autoimmune sykdommer [34]. Det finnes studier som viser at omega-3-fettsyrer har en gunstig effekt overfor autoimmune sykdommer. Gunstige effekter er vist for leddgikt ved å redusere symptomer som morgenstivhet og ømme ledd [35], og inflammatoriske tarmsykdommer via remisjon/tilbakegang av symptomer [36, 37]. Selv om flere studier finner gunstige effekter av omega-3-fettsyrer på autoimmune sykdommer, er resultatene sprikende og har manglende entydighet.

## **4.4 Kognitiv svekkelse og mental helse**

DHA har en sentral rolle i utvikling og vedlikehold av normalfunksjon til hjernen og nervesystemet. Dette har bidratt til undersøkelser for å studere sammenhengen mellom inntak av omega-3, DHA-status og sykdommer/lidelser som rammer disse organene. Studier har vært foretatt på såpass ulike sykdommer og lidelser som Alzheimer/demens, ADHD, depresjon, schizofreni og lese- og skrivevansker [38, 39]. Flere studier har funnet en gunstig effekt av økt sjømatkonsum og EPA/DHA-inntak, men dette er hovedsakelig fra epidemiologiske studier (observasjonsstudier). I kontrollerte kliniske studier er den gunstige effekten mellom sjømatkonsum og nevrologiske sykdommer langt mindre entydig [40], og flere studier finner ingen effekt. Den generelle konklusjonen fra ekspertkomiteer er derfor at det ikke er tilstrekkelig med vitenskapelig bevis for å fastslå en gunstig effekt av sjømatkonsum overfor disse nevro-psykologiske lidelsene. Flere og større kliniske studier er påkrevd.

## **4.5 Kreft**

Sammenhengen mellom sjømatkonsum og kreft har vært underlagt omfattende undersøkelser. Flere *in vitro* studier, dyreforsøk og epidemiologiske undersøkelser har funnet

at fiskekonsum og inntak av omega-3-fettsyrer kan redusere risiko for å utvikle flere former for kreft. Det er også funnet at konsum av matvarer med høyere innhold av selen og vitamin D, som i fisk, kan gi en mulig beskyttelse mot enkelte kreftformer [25]. Den preventive effekten har i hovedsak vært funnet overfor tykktarms-, lunge- prostata-, og brystkreft.

Derimot finner majoriteten av studiene ingen signifikant risikoreduksjon av kreft ved økt sjømatkonsum [41]. Det foreligger således ikke nok vitenskapelig bevis for at konsum av fisk beskytter mot kreft, men det kan være en mulig årsakssammenheng.

#### **4.6 Fremmedstoffer i sjømat**

Sjømat kan inneholde miljøgifter, men i hovedsak har all kommersiell sjømat som oppdrettes, fiskes og omsettes i Norge lave og risikofrie nivåer av miljøgifter sett i sammenheng med sjømatkonsumet i befolkningen. Stoffene som har vært viet størst oppmerksomhet i forbindelse med sjømatinntak er kvikksølv, PCB og dioksiner.

Generelt er innholdet av kvikksølv så lavt at det ikke utgjør noen risiko, selv for storkonsumenter av sjømat [17]. Unntaket er konsum av enkelte fiskeslag, for eksempel gjedde og abbor, samt sjømat fra forurensede vassdrag, noe som kan medføre at man overskrider grensen for tolerabelt inntak.

Det er gledelig å merke seg at nivået av PCB og dioksiner har blitt betraktelig lavere både i miljøet og i fisk som følge av reduserte utslipp fra industrien. Inntak av 2 måltider fet fisk i uken over lang tid kan føre til at man overskrider tolerabelt inntak av dioksiner og dioksinliknende PCB [17]. Det er viktig å presisere at det ifølge toksikologiske betraktninger kun representerer en reduksjon av sikkerhetsmarginen. Dette skyldes at PCB og dioksiner akkumuleres i kroppen over lang tid og det er den totale kroppsbelastningen som er avgjørende med hensyn på risiko. VKM-rapporten fra 2006 oppsummerte at det fra et toksikologisk synspunkt generelt sett ikke var noen betenkeligheter knyttet til å spise fisk og annen sjømat tilsvarende 4 måltider eller mer i uken for voksne når konsumet var variert og inntaket av fet fisk, med dagens nivå av dioksiner og dioksinliknende PCB ikke overskred mer enn 2 måltider pr uke.

#### **4.7 Helse-risikovurderinger av sjømat**

Til tross for at det nå finnes utallige forskningsresultater som viser at sjømat er sunt og kan forebygge og lindre sykdom, har det vist seg utfordrende å øke konsumet av fisk i befolkningen. Det er mange årsaker til dette, og det er en sammensatt problemstilling. En av forklaringene kan være den til dels motstridende informasjonen konsumentene, i hvert fall tidligere, har mottatt om sjømatens helseeffekter.

På den ene siden har myndighetene og forskere oppfordret til å spise mer fisk på grunn av helsefordelene, mens man i andre sammenhenger er advart mot å spise spesifikke fiskeslag med bakgrunn i miljøgifter. Fare knyttet til konsum synes å ha vært mer virkningsfullt på å redusere inntaket av fisk, enn oppløftende forskningsresultater har på å fremme konsumet. Selv om det er utfordrende å utforme en enkel, men nyansert, kommunikasjon overfor forbrukerne, har helse-risikovurderinger fra nasjonale og internasjonale ekspertkomiteer, samt enkeltstående studier, gjentatte ganger fastslått at økt konsum av sjømat innebærer en



langt større helsegevinst enn eventuell risiko [15-20, 42]. FAO/WHO's felles ekspertkomité på mattrygghet er i ferd med å utarbeide nye retningslinjer og råd i forbindelse med konsum av sjømat, og disse vil bygge på en omfattende evaluering av helsefordeler mot risiko.

## 5 Prosessering av sjømat

I denne rapporten omfatter begrepet prosessering både bearbeiding og prosesser som gjøres industrielt, samt håndtering og tilberedning av sjømat som foregår i husholdningene. Sjømat prosesseres på mange måter og effekt på næringsinnholdet avhenger av prosesseringsbetingelsene. Det finnes ikke studier som har gjennomført en helhetlig evaluering og/eller kvantifisering av hvordan de viktigste næringsstoffene i sjømat bevares under de mest relevante prosesseringsbetingelsene. Således har drøftelsene nedenfor et teoretisk preg, og bygger på resultater fra studier på enkeltkomponenter under gitte produksjonsbetingelser. I tillegg kan næringsstoffer med like kjemiske egenskaper anvendes som markører ved en evaluering av prosesseringsens effekt på næringsinnholdet. Ved Universitetet i Tromsø er det blant annet kartlagt hvordan innholdet av taurin endres under prosessering av sjømat, og estimert tap av denne forbindelsen var opptil 90-100 % for enkelte sjømatprodukter [43].

I tillegg til prosesseringen, kan autolytiske prosesser som inntreer umiddelbart etter død og mikrobiell aktivitet påvirke innholdet av enkelte forbindelser. Gjennom prosessering ønsker man gjerne å begrense negative endringer som følge av mikrobiell aktivitet og autolytiske reaksjoner *post mortem* som kan forringe matvaren. I hovedsak går dette ut på å forlenge holdbarheten samt bevare kvaliteten.

### 5.1 Kjøling og lagring

Kjøling av fisk og annen sjømat foregår ofte ved oppbevaring i eller på is. Dette gjelder særlig rund fisk som skal selges fersk, men det anvendes også under mellomlagring. I tillegg oppbevares sjømat i forpakninger som lagres kjølt.

Ved oppbevaring i/på is kan tilstrekkelig smeltevann medføre at næringsstoffer diffunderer fra fiskekjøttet over i isens væskefase. For rund fisk vil integumentet/skinnet bidra til å redusere eventuell diffusjon siden det fungerer som en naturlig barriere for vann, mens sløyd fisk og filet kan ha noe høyere diffusjon siden fiskekjøttet i økende grad vil være eksponert.

Kjøling og lagring kan også medføre tap av proteiner og andre næringsstoffer som følge av drypptap/avrenning under lagring. Dannelse av drypptap er en naturlig prosess som forekommer i alle typer kjøtt og muskel-mat, men muskelens iblegende egenskaper og lagringsbetingelsene påvirker mengden drypptap. Væsken som siver ut av kjøttet er proteinrik, særlig på sarkoplasmiske proteiner, men også på andre vannløselige næringsstoffer.

Generelt er kjøling og lagring en forholdsvis skånsom prosess med hensyn på tap av næringsstoffer, og eventuelt tap som følge av avrenning og drypp vil generelt være lite i forhold til det næringsinnholdet som er igjen i fiskekjøttet. Økt varighet på kjølelagringen og høyere temperaturer vil øke tapet av næringsstoffer.

## 5.2 Frysing

Frysing av fisk må også kunne ses på som en skånsom prosess med hensyn på næringsinnholdet, og det er først og fremst under tining at majoriteten av næringsstap vil finne sted. Hvis fryseprosessen er adekvat gjennomført (forbehandling, innfrysing, fryselagring og tining) regnes det vanligvis som den beste metoden for langvarig konservering med hensyn på å bevare sensoriske egenskaper og næringsstoffer [44]. Reduksjon av næringsstoffer skjer også her som følge av avrenning/drypptap, men innfrysing av fisken har en effekt på muskelcellene på en slik måte at væsken lettere siver ut under tining. Dette skyldes at frysing kan ødelegge muskelcellenes membranintegritet, samt at det under innfrysing forflyttes væske fra intracellulære til ekstracellulære områder.

Faktorer som påvirker tinetap inkluderer temperatur under innfrysing og tining med en tendens til at lav innfrysingstemperatur og høy tinetemperatur øker avrenning og dermed reduksjon av næringsstoffer.

## 5.3 Tørking

Det benyttes flere metoder for å tørke og fjerne vann fra næringsmidler. Mest vanlig er fordamping, frysetørking og membranfiltrering, men sol- og lufttørking er den mest vanlige prosedyren på fisk. Tørking av fisk har lange tradisjoner i Norge, men få undersøkelser er gjennomført på hvordan tørking påvirker næringsinnholdet. Tørkeprosessen i seg selv har trolig liten betydning for næringsinnholdet, men noen næringsstoffer kan reduseres som følge av avrenning.

Før konsum blir som regel tørrfisk bløtlagt i 1-2 døgn, og denne bløtleggingen kan føre til betydelige tap av næringsstoffer. Det er kjent at lengre tids immersjon i vann kan redusere innholdet av noen næringsstoffer i kjøtt og fisk. Dette gjelder særlig vannløselige forbindelser, for eksempel sarkoplasmiske proteiner og frie aminosyrer, som kan diffundere fra fiskekjøttet til immersjonsvæsken.

## 5.4 Salting

Salting av fisk utføres på flere måter og effekt av salting på innhold av næringsstoffene er avhengig av hvilken saltemetode som benyttes. Pickle-salting innebærer at fisken legges lagvis med salt. Saltet trekker vann fra fiskemuskelen og fisken blir liggende i denne saltlake. Ved tørrsalting strøs salt på fisken som så trekker væske ut fra fisken og salt diffunderer inn i fiskekjøttet. Fisken er stablet slik at væsken, i motsetning til ved pickle-salting, renner av. Lakesalting innebærer at fisken legges i en saltlake (18-25 % NaCl), og ved injeksjonssalting sprøytes en saltløsning direkte inn i fiskekjøttet. Det benyttes også kombinasjoner av disse saltemetodene.

En generell trend ved salteprosedyrene er at samtidig som salt går inn i fiskemuskelen, trekkes det væske fra kjøttet og ut i omgivelsene. Unntaket er ved injeksjonssalting. Ved pickle-salting og lakesalting blir fisken liggende i en immersjonslake som øker sannsynlighet for tap av næringsstoffer.

Klippfisk er saltfisk som tørkes etter saltingen. På lik linje med tørrfisk, må klippfisk utvannes før konsum, og denne immersjonen i vann kan gi betydelige reduksjoner i innholdet av enkelte næringsstoffer.

## **5.5 Røyking**

Røyking av fisk foregår enten ved varmrøyking eller kaldrøyking. Før røykeprosessen blir fisken gjerne saltet, og i salteprosessen kan noen næringsstoffer reduseres som tidligere beskrevet. Kaldrøyking har trolig en mindre effekt enn varmrøyking med hensyn på reduksjon av næringsstoffer, siden proteinene ikke varmedenatureres.

## **5.6 Varmebehandling og tilberedning**

Varmebehandling omfatter prosedyrer der fisk og annen sjømat utsettes for varme som denaturer proteinene. Varmebehandling utføres enten industrielt i produksjon av halv- og helfabrikata, eller av konsumenten under tilberedning av måltidet, men i prinsippet er det de samme prosessene som foregår både i hjemmet og i fabrikkene. Industrielle prosesser som forvelling, pasteurisering og sterilisering kan påvirke næringsinnholdet, i tillegg til de mer vanlige husholdningsprosedyrene som steking, fritering, baking, damping og koking.

Studier viser at særlig koking kan ha betydning på innhold av enkelte næringsstoffer, særlig vannløselige forbindelser, mens frityrsteking har større sannsynlighet til å påvirke innholdet av fettløselige forbindelser. Frityrsteking påvirker også produktenes totale fettsyresammensetning, gjerne i en mindre sunn retning, og for sjømat innebærer dette at helseeffekten kan bli redusert.

## 6 Metoder for beregning av endring i næringsinnhold og biotilgjengelighet

Tap og/eller retensjon av næringsstoffer som følge av prosessering kan beregnes på flere måter. Man kan enten teoretisk predikere innholdet etter prosessering basert på empiriske data, eller analysere næringsmiddelet før, under og etter prosesseringen.

Biotilgjengelighet kan også estimeres på ulike måter og det omfatter både hvor stor andel av et næringsstoff som tas opp i tarmen, samt om forbindelsen er metabolsk aktiv.

### 6.1 Beregning av endring i næringsstoffer ved prosessering

For å maksimere den vitenskapelige verdien av dataene bør studier på retensjon/tap av næringsstoffer planlegges slik at analysene før, under og etter prosessering gjennomføres på mest mulig sammenlignbart materiale [45]. På fisk vil det være optimalt å benytte råstoff fra samme anatomiske del av fileten på grunn av at næringsinnholdet og sammensetningen av næringsstoffer kan variere innad i en filet. På grunn av individvariasjon er det gunstig om samme anatomiske kutt fra henholdsvis høyre- og venstrefilet kan anvendes analyser på rå og prosessert fisk. For enkelte skalldyr, f.eks blåskjell og reker, bør et representativt utvalg av rå og prosessert materiale benyttes. Variasjon kan minimeres ved å benytte råstoff fra samme batch, f.eks samme trålhal på reker, eller blåskjell fra samme lokalitet.

For å ha full kontroll på massebalansene bør vekten på råstoffet registreres i alle prosesstrinn, inkludert vekt og analyser av råmateriale som forsvinner under prosesseringen. Dette muliggjør en differensiert forklaring av eventuelle tap, eksempelvis om stoffene er ødelagt som følge av varme, eller om stoffene er tapt via lekkasjer til omgivelsene. Fullstendig registrering av vekt og kjemiske analyser kan imidlertid være utfordrende og lite gjennomførbart i enkelte forsøk, særlig hvis det er ønskelig å studere et produkt gjennom en hel produksjonslinje.

#### 6.1.1 Sann retensjon

Den mest optimale metoden for å kalkulere tap under prosessering er å beregne *sann retensjon*. Metoden fordrer at en kjenner vekt på produktet før, under og etter prosessering og at prøvene er representative i forhold til hverandre. Sann retensjon kan beregnes med formelen:

$$\% \text{ Sann Retensjon} = \frac{C_{\text{pros}} \times V_{\text{pros}}}{C_{\text{rå}} \times V_{\text{rå}}}$$

der  $C_{\text{pros}}$  og  $C_{\text{rå}}$  angir konsentrasjon av næringsstoffet i henholdsvis prosessert og rå matvare.  $V_{\text{pros}}$  og  $V_{\text{rå}}$  angir henholdsvis vekt (i gram) på prosessert og rå/ubehandlet matvare.

#### 6.1.2 Tilsynelatende retensjon

Tilsynelatende ("apparent") retensjon baserer seg på å sammenligne tørrvektkonsentrasjon av næringsstoffene i et prosessert og rått/ubehandlet produkt. Konsentrasjon på tørrvektbasis benyttes

$$\% \text{ Tilsynelatende Retensjon} = \frac{C_{\text{pros}}}{C_{\text{rå}}}$$

Anvendelse av tilsynelatende retensjon bygger på den forutsetningen om at det er lite endring i faststoff (eks proteiner og mineraler/salt) som følge av prosesseringen. For fisk og sjømat kan denne forutsetningen være svak siden enkelte prosesseringsbetingelser medfører tap av proteiner, mens andre prosesstrinn medfører tilførsel av salt til produktet. Tap eller tilførsel av annet faststoff/tørrstoff til matproduktet vil henholdsvis øke og redusere retensjonen

### **6.1.3 Predikeringsmodeller**

Det er utviklet avanserte modeller for predikering av tap/retensjon av næringsstoffer. Disse matematiske modellene krever sikre og presise data på fysiske, kjemiske og biologiske prosesser som inngår i prosesseringen. Modellene må også ta hensyn til betingelser som reaksjonshastighet, reaksjonenes termiske egenskaper og effekt av miljøvariabler som pH og ionestyrke [46]. Modellene baserer seg på multiplere regresjon eller liknende design, og de anvender ulike prosesserings- og lagringsperioder, temperaturer, konsentrasjon og andre miljøvariable.

Det er publisert store rapporter med samling av informasjon om næringsstoffer i matvarer og hvordan prosessering og varmebehandling påvirker retensjon av næringsstoffer [47, 48]. Rapportene angir retensjonsfaktorer og utbytteberegninger for ulike næringsmidler ved forskjellige prosessbetingelser. På grunn av de mange faktorene som påvirker vekt og innhold av næringsstoffer, samt de mangfoldige måtene å prosessere og tilberede mat, vil disse retensjonsfaktorene være omtrentlige. I tillegg til variabler som favner om ulike prosesseringsbetingelser, vil eksterne variabler som influerer på matvarens egenskaper, for eksempel sesongvariasjoner og geografiske forskjeller, også påvirke beregningen av retensjonsfaktorer. I en rapport fra Livsmedelsverket i Sverige er det listet opp fem ulike metoder for å kalkulere utbytte- og retensjonsfaktorer [47].

## **6.2 Evaluering av biotilgjengelighet**

Det er ikke bare innholdet av de enkelte næringsstoffene som er avgjørende for næringsverdien. Opptak av næringsstoffer over tarm, dvs biotilgjengeligheten, er avhengig av stoffenes fysio-kjemiske tilstand og/eller hvordan de er bundet til andre forbindelser. Prosessering vil påvirke både fordøyeligheten til et produkt, dvs i hvilken grad næringsstoffene brytes ned i mage-tarmsystemet, og hvor effektivt opptaket av de nedbrutte næringsstoffene er over tarm. Evaluering av biotilgjengelighet har hovedsakelig vært gjennomført ved bruk av forsøksdyr, men det er også utviklet *in vitro* modeller.

## 7 Effekt av prosessering på næringsinnhold og biotilgjengelighet

Prosessering av mat induserer ofte endringer i struktur og kjemisk sammensetning. Noen prosesseringsmetoder fører til at enkelte forbindelser brytes ned til mindre komponenter, mens andre forbindelser aggregeres og opptaket reduseres. En generell trend er at økende grad av prosessering medfører tap av næringsstoffer gjennom lekkasje til omgivelsene. Dette gjelder særlig frie lavmolekylære vannløselige forbindelser, da disse stoffene ikke er bundet til cellestrukturer, men flyter fritt i cytoplasma eller ekstracellulær væske.

### 7.1 Proteiner, peptider og aminosyrer

Prosessering kan påvirke innholdet og biotilgjengeligheten til proteiner, peptider og aminosyrer.

Proteinene i fiskemuskel kan grovt deles inn i to kategorier; strukturproteiner som i hovedsak inngår i det kontraktile apparatet og bindevevet, og løste proteiner som foreligger i fri form i sarkoplasma. Under prosessering og lagring er det hovedsakelig sarkoplasmaproteinene som reduseres som følge av diffusjon og avrenning [49], men strukturproteinene myosin og aktin kan også tapes som følge av at autolytiske enzymer spalter disse proteinene og gjør dem mer vannløselig [50]. Endring i pH og ionestyrke kan bidra til økt tap av strukturproteinene siden miljøet påvirker løseligheten til proteinene [51]. I en Nofima-rapport på proteintap under salting av fisk, ble det blant annet funnet at saltemetode, temperatur og press hadde stor betydning for proteintapet [52].

Ved høye temperaturer eller i basisk miljø kan flere av aminosyrene rasemisere fra L til D-konfigurasjon, noe som reduserer den biologiske verdien [53]. Dette skyldes at D-aminosyreresidualer ikke blir så lett brutt ned av fordøyelsesenzymene, og siden kun L-aminosyrer inngår i syntesen av proteiner *in vivo* [54]. Aminosyrene arginin, cystein og threonin kan delvis ødelegges ved høy pH. Ved lav pH vil glutamin og asparagin deamineres til henholdsvis glutamat og aspartat, samt at tryptofan ødelegges ganske lett. Høy temperatur kan også føre til såkalte Maillardreaksjoner som kan redusere næringsverdien ved at reduserende sukker reagerer med aminosyrer og danner ikke-metaboliserbare produkter. Det er dog av liten betydning i sjømat siden innholdet av karbohydrater er lavt.

Flere faktorer kan påvirke fordøyeligheten til proteiner og opptaket av aminosyrer. Proteinkonformasjonen har betydning ved at strukturen innvirker på hvor effektivt proteinene hydrolyseres av fordøyelsesenzymene. Native proteiner er generelt mindre nedbrytbare enn denaturerte proteiner, og varmebehandling vil derfor bidra til å øke biotilgjengeligheten av protein. Ekstensiv denaturering kan derimot redusere fordøyeligheten siden proteinene kan bli uløselige.

Diettens innhold av antinæringsstoffer kan også påvirke fordøyeligheten av protein, blant annet via mekanismer som inhibering av fordøyelsesenzymene, og gjennom assosiasjon med mucosaceller i tarmen som innvirker på opptaket av aminosyrer. Antinæringsstoffene er ofte varmelabile og effekten reduseres ved varmebehandling. Antinæringsstoffer har hovedsakelig vært kjent fra planter og frø, blant annet trypsinhemmere. Lektiner kan blant

annet hindre proteinfordøyelse og malabsorpsjon i tarmen. Det er gjort lite forskning på eventuelle antinæringsstoffer i sjømat.

## 7.2 Fett

Fra et helsemessig ståsted er det trolig effekten prosessering har på fett som er mest sentral. Dette fordi helseeffekten av sjømat hovedsakelig har vært knyttet til omega-3-fettsyrene EPA og DHA. Siden koblingen mellom inntak av omega-3 og kardiovaskulær helse er den best dokumenterte gunstige helseeffekten av sjømatkonsum, er det endringer i innhold, sammensetning og biotilgjengelighet av disse fettsyrene som vil være mest avgjørende for om prosessering av sjømat påvirker helsegevinsten.

Prosessering og lagring kan påvirke innholdet av fett og sammensetningen av fettsyrer. I motsetning til proteiner, er ikke avrenning og diffusjon en sentral kilde til reduksjon av lipider av i sjømat. Noe fett kan dog observeres i drypp fra fete fiskeslag. Hydrolysering og oksidasjon er de viktigste biokjemiske prosessene som påvirker næringsverdien av fett.

Fettoksidasjon er en prosess der fettsyrene, enten enzymatisk eller autolytisk, brytes ned til mindre og mer flyktige forbindelser. Sjømat er spesielt utsatt for oksidasjon på grunn av den høye andelen av flerumettede fettsyrer, siden disse fettsyrene oksiderer lettere enn mettede fettsyrer. Harskning reduserer næringsverdien både ved nedbryting av fettsyrene, og ved at sekundære oksidasjonsprodukter binder seg til aminosyrer, vitaminer eller andre forbindelser i matvaren. Harskning er først og fremst en utfordring i frysede sjømatprodukter og andre produkter som lagres over lang tid (saltede, tørkede produkter), siden mikrobiologisk aktivitet er den dominerende faktoren som forringer kjølte sjømatprodukter.

Hydrolysering av fett, også kalt lipolyse, er dannelse av frie fettsyrer fra triacylglyserol (TAG) eller fosfolipider. Frie fettsyrer oksiderer lettere enn fettsyrer bundet til en glyserolstamme. Ved frityrsteiking kan det forekomme stor grad av lipolyse på grunn av høy temperatur og vanninnhold i maten. Endogene lipaser i fiskemuskelen kan under lagring hydrolysere TAG og bidra til økt fettoksidasjon.

I studier på afrikansk malle ble det ikke funnet nevneverdige forskjeller i fettsyresammensetning mellom rå og varmebehandlet fisk, med unntak av fisk som var frityrstekt. I disse ble både fettinnholdet og fettsyresammensetningen påvirket, ved at det totale fettinnholdet økte og fettsyresammensetningen ble endret slik at de gjenspeilte en kombinasjon mellom frityroljen og fisken fettprofil [55]. Tilsvarende resultater er også fått ved ulike varmebehandlinger av laks der frityrsteking ga en signifikant økning i LA, mens andelen DHA og EPA ble redusert [56]. I varmrøkt og kaldrøkt afrikansk malle var det ingen signifikante endringer i fettsyresammensetning i forhold til rå fisk [57].

Tran og fiskeoljer må renses før de anvendes som kosttilskudd. Denne raffineringprosessen som har til hensikt å fjerne luktstoffer og miljøkontaminanter, reduserer også innholdet av andre forbindelser som kan ha helsefremmende effekt. I kliniske studier er det funnet at marine oljer som er raffinert mister noe av den antiinflammatoriske effekten [58].



### 7.3 Karbohydrater

På verdensbasis er karbohydratene den viktigste energikilden og utgjør hovedbestanddelen i korn, ris og grønnsaker. Fisk har et meget lavt innhold av karbohydrater, og effekt av prosessering på innhold og biotilgjengelighet er således mindre relevant for sjømat.

### 7.4 Vitaminer

Flere vitaminer er labile i forhold til vanlige prosesseringsbetingelser som sur eller alkalisk pH og varme, og enkelte vitaminer er utsatt for oksidasjon. Dog kan det være utfordrende å evaluere stabiliteten til vitaminer siden stabiliteten avhenger av hvilken matvare det er snakk om og hvordan vitaminene er innbakt i matrix.

Mange av vitaminene er en gruppe av strukturelt like forbindelser som utfører samme ernæringsmessige og fysiologiske funksjon *in vivo*. Dette medfører at konklusjoner om vitaminers prosesseringsstabilitet ofte forenkles og nødvendigvis ikke representerer den virkelige stabiliteten i alle sammenhenger. Tabell 4 angir en forenklet sammenfatning av de ulike vitaminenes stabilitet.

Tabell 4 Forenklet oversikt over vitaminenes stabilitet i ulike miljøbetingelser. S – stabil lav eller ingen ødeleggelse; U ustabil – betydelig ødeleggelse. Modifisert etter [59] fra [60]

	Vitamin	pH					
		Nøytal	Sur	Basisk	Luft/oksygen	Lys	Varme
A	Retinoler	S	U	S	U	U	U
D	Calciferoler	S	S	U	U	U	U
E	Tokoferoler	S	S	S	U	U	U
K	Naftoquinoner	S	U	U	S	U	S
C	Askorbinsyre	U	S	U	U	U	U
B1	Tiamin	U	S	U	U	S	U
B2	Riboflavin	S	S	U	S	U	U
B3	Niacin	S	S	S	S	S	S
B5	Pantotensyre	S	U	U	S	S	U
B6	Pyridoksin	S	S	S	S	U	U
B7	Biotin	S	S	S	S	S	U
B9	Folater	U	U	U	U	U	U
B12	Kobalaminer	S	S	S	U	U	S

Absorpsjonen avhenger av vitaminenes kjemiske form og fysiske tilstand og hvordan det er innbakt i matvaren. Disse egenskapene kan påvirkes av prosesseringsbetingelsene. Vitaminer som er kjemisk bundet til komplekser har lavere fordøyelsesgrad og absorpsjon enn vitaminer som foreligger i fri form [61]. Tilstedeværelse av andre næringsstoffer kan også øke eller redusere absorpsjonen av enkelte vitaminer. I tillegg kan biologiske forhold spille inn ved at absorpsjonsgraden styres av kroppens homeostase eller behov for vitaminet, samt at økt alder og noen sykdommer tenderer mot å redusere absorpsjonen av enkelte vitaminer.

#### 7.4.1 Vitamin A

Vitamin A er en fellesbetegnelse på stoffer som har aktivitet på linje med retinol og mengden uttrykkes gjerne i retinolekvivalenter. I fet fisk er det retinol som dominerer, mens frukt og

grønnsaker er rikest på karotenoider (provitamin A).  $\beta$ -karoten og andre karotenoider kan omdannes til vitamin A in vivo, men den fysiologiske effektiviteten er langt lavere. Dette illustreres ved at en retinolekvivalent tilsvarer  $1 \mu\text{g}$  retinol =  $6 \mu\text{g}$   $\beta$ -karoten =  $12 \mu\text{g}$  andre karotenoider [62].

Studier på tap/retensjon av vitamin A i flere kjøttprodukter viste at retensjonen var 85-100 % ved ulike tilberedningsmåter [63]. I flyndrefisk, *Solea solea*, ble retensjon målt til 94 % under tradisjonelle tilberedningsmetoder [64]. Retensjonsfaktorer for mager og fet fisk er henholdsvis 0,90 og 0,70-0,80 i tabeller som anvendes for å kalkulere næringsinnholdet i tilberedte næringsmidler [65].

Vitamin A er ganske stabil under normale lagringsbetingelser, men kan miste mye aktivitet under oppvarming og ved tilstedeværelse av oksygen, særlig ved høye temperaturer [66]. Faktorer som promoterer oksidasjon av umettede fettsyrer fører gjerne også til degradering av vitamin A. Karotenoider er mer labile enn retinol, da lys også kan føre til degradering av disse forbindelsene.

Vanligvis blir retinol effektivt tatt opp i tarmen med unntak av tilfeller der individer har malabsorpsjon av fett. Provitamin A (karotenoider) kan derimot ha betydelig lavere opptak over tarm, og således ha lavere biotilgjengelighet. Siden fisk og annen sjømat hovedsakelig inneholder retinol, kan biotilgjengeligheten av vitamin A fra sjømat anses som god.

#### **7.4.2 Vitamin D**

Fet fisk er en god kilde til vitamin D. Behovet for vitamin D via kostholdet kompliseres ved at det hovedsakelig syntetiseres i huden gjennom eksponering av sollys. I Norge og andre områder ved breddegrader som har perioder med begrenset dagslys, må vitamin D tilføres via kosten for å gi et tilstrekkelig inntak i forhold til anbefalt mengde. Eldre og mørkhudede antas å være spesielt utsatte grupper siden de har lavere kutan produksjon av vitamin D.

Stabiliteten til vitamin D er generelt god, særlig under anaerobe betingelser. Varme og basisk pH kan påvirke innholdet gjennom degradering og/eller omdanning. I likhet med andre umettede fettløselige forbindelser kan også vitamin D oksideres. Vitamin D er også labil med hensyn på lys.

I en studie med abbor, sild, regnbueørret og lagesild ble det funnet at retensjon stort sett var høy (tap < 10 %) ved tradisjonelle tilberedningsprosedyrer [67]. Innholdet av vitamin D i baltisk sild ble redusert med 23 % under baking, trolig som følge av avrenning av fett under varmebehandlingen. Retensjon av de fettløselige vitaminene A, D og E var høy under røyking av makrell [68].

Biotilgjengeligheten av vitamin D som inntas via matvarer er god. Vitamin D inkorporeres i chylomikroner og omtrent 80 % absorberes inn i lymfesystemet [69] før det videre metaboliseres i leveren.

#### **7.4.3 Vitamin E**

Vitamin E, også kjent som tokoferoler, er en betegnelse for stoffer som har aktivitet på linje med  $\alpha$ -tokoferol. Fet fisk kan inneholde noe vitamin E, men særlig brunkjøtt fra krabbe utmerker seg ved å ha et høyt innhold av vitamin E.

Tokoferoler er antioksidanter og kan dermed degraderes ved aerobe forhold og særlig ved tilstedeværelse av frie radikaler. De samme faktorene som påvirker oksidasjon av fett er også gjeldende for vitamin E. Undersøkelser på tap av vitamin E i ulike kjøttprodukter under varmebehandling og prosessering har variert fra 5-40 % [70-73].

Absorpsjonen til vitamin E er høy for individer som har en normal fettfordøyelse og lipidmetabolisme, men både fettinnholdet og matens matrix påvirker absorpsjonen [74].

#### **7.4.4 Vitamin K**

Få studier er gjennomført med hensyn på tap av vitamin K under prosessering. Dette kan skyldes at mangel ikke er et problem på verdensbasis da inntaket og produksjonen av mikroorganismer i tarmen som regel er tilstrekkelig. Generelt er vitamin K stabilt overfor tradisjonelle prosesseringsbetingelser, men forbindelsen ødelegges av UV-stråling og i alkaliske miljøer.

#### **7.4.5 Vitamin C**

Vitamin C (askorbinsyre) er en vannløselig forbindelse og en antioksidant. Siden forbindelsen er vannløselig, kan vitamin C lekke ut i omgivelsene under prosessering og varmebehandling. Større vannmengder under tilberedning og varmebehandling ser ut til å ha en negativ effekt på retensjonen [66]. Det er labilt ved nøytral og basisk pH, og siden det er en antioksidant, vil det kunne oksideres ved tilstedeværelse av oksygen og andre faktorer som bidrar til oksidasjon, deriblant transisjonsmetaller som kan katalysere oksidasjonen.

Innholdet av vitamin C i sjømat og kjøtt er lavt, mens frukt og grønnsaker kan være gode kilder. Askorbinsyre fra frukt og grønnsaker har meget høy biotilgjengelighet [75].

#### **7.4.6 Tiamin (B1)**

Tiamin inngår som et co-enzym i katabolismen av aminosyrer og karbohydrater. Sjømat regnes ikke som en sentral kilde. Det er meget labilt ved alkalisk pH og mest stabil i sure miljøer. Tiamin kan lekke til omgivelsene under prosessering/varmebehandling og det kan også degraderes av varme. Enkelte fiske- og skaldyrarter, men også noen landdyr, inneholder tiaminaser som kan degradere tiamin under lagring [76]. Biotilgjengeligheten til tiamin regnes som svært god fra alle matvarer [77].

#### **7.4.7 Riboflavin (B2)**

Riboflavin inngår som komponent i flavinukleotidene og har dermed en rolle i energimetabolismen. Riboflavin er mest stabil i sure miljø og dekomponeres raskt under basiske betingelser. Det er sensitivt overfor lys, men er relativt stabilt med hensyn på varme og oksidasjon. Under varmebehandling vil riboflavin lekke ut i omgivelsene. Biotilgjengeligheten til riboflavin er god [78].

#### **7.4.8 Niacin (B3)**

Niacin er en forløper for nikotinamider som NAD og NADP og spiller derfor en sentral rolle i kroppens metabolisme. Niacin er det mest stabile vannløselige vitaminet og prosessering og varmebehandling degraderer ikke forbindelsen, men omformer for eksempel nikotinamid til nikotinsyre som også er biologisk aktiv. Drypptap og diffundering til omgivelsene er den viktigste måten innholdet av niacin reduseres under prosessering [79]. Innholdet i sjømat er

på linje med det man finner i kjøtt. Biotilgjengeligheten er moderat, men niacinmangel forekommer sjeldent.

#### **7.4.9 Pyridoksin (B6)**

Vitamin B6 og dets derivater inngår blant annet i metabolismen av aminosyrer, og innholdet i sjømat er omtrent tilsvarende det som er i kjøtt. Vitamin B6 er relativt stabil med hensyn på varme og sur pH, men kan fotokjemisk degraderes av lys i nøytrale og alkaliske miljø. Pyridoksinene kan også danne irreversible komplekser med proteiner, peptider og aminosyrer. Labiliteten avhenger av hvilken form vitamin B6 foreligger i, og generelt er de formene man finner i fisk og kjøtt mer labile enn de forbindelsene man finner i grønnsaker. Biotilgjengeligheten til vitamin B6 er ca 75 % [80].

#### **7.4.10 Biotin (B7)**

Biotin er et koenzym i metabolismen av fettsyrer og aminosyren leucin og det inngår også i glukoseanabolismen. Retensjonen er gjerne høy under prosessering og varmebehandling, siden mye biotin er bundet til og danner komplekser med proteiner. Generelt anses biotin å være meget stabilt med hensyn på varme, lys og oksygen, men ekstreme pH verdier kan forårsake degradering. Kompleksdannelsen med proteiner fører også til at biotin har moderat til lav biotilgjengelighet, ved at protein-biotinkomplekset må hydrolyseres før opptak. Biotinmangel opptrer sjeldent siden tilstrekkelige mengder inntas via normalt kosthold, og produksjon av mikroorganismer i tarmen er en ekstra kilde til biotin.

#### **7.4.11 Folat (B9)**

Folat(er) er en samlebetegnelse på en gruppe stoffer som har lik kjemisk struktur og fysiologisk aktivitet som folsyre. Folat inngår blant annet i regulering av celledelingen og i metabolismen av aminosyren methionin. Degradering av folater som følge av prosessering avhenger av hvilken form vitaminet er på og det kjemiske miljøet. Folsyre har god retensjon under prosessering og lagring [81], mens andre derivater kan gjennomgå betydelig degradering. Derfor er det utfordrende å kvantifisere retensjonen av folat som en gruppe. Tap av folat under prosessering og varmebehandling er en kombinasjon mellom lekkasjer til omkringliggende miljø samt denaturering. Biotilgjengeligheten til folater er komplisert å beregne, men den ligger anslagsvis på 40-70 % [82]. Fisk og annen sjømat anses ikke som en sentral kilde.

#### **7.4.12 Kobalamin (B12)**

Vitamin B12 finnes bare i animalske matvarer, og konsentrasjonen er høyere i fisk enn i terrestriske pattedyr. Vitamin B12 inngår i dannelsen av blod, og mangel på vitamin B12 manifesterer seg gjennom utvikling av en type anemi, men det er hovedsakelig bare vegetarianere som er utsatt og personer med fordøyelsessykdommer.

For å ta opp vitamin B12 må det bindes til en "intrinsic factor" i magen og absorberes ved endocytose i nedre del av ileum. Omtrent 50 % absorberes over tarmen [83], men opptaket er omvendt proporsjonalt med inntaket på grunn av at reseptorer i ileum mettes med økende konsentrasjon.

## 7.5 Mineraler

I motsetning til for eksempel vitaminer og aminosyrer, kan ikke mineraler degraderes eller ødelegges av varme, lys, oksidasjon, ekstrem pH og andre faktorer som påvirker organiske forbindelser. Derimot kan mineralene omdannes til former som har lavere eller høyere biotilgjengelighet, og dette kan påvirkes av prosesseringsbetingelsene. Miljøet og i hvilken mat-matriks mineralene foreligger, vil være avgjørende for ikke bare opptak over tarm, men også fysiologisk aktivitet *in vivo*. I tillegg kan mineralene reagere med eller assosiere seg med andre organiske forbindelser som kan endre biotilgjengeligheten, enten antagonosittisk eller synergistisk. Faktorer som påvirker biotilgjengeligheten til mineraler er listet under i tabell 5.

Tabell 5 Faktorer som kan påvirke mineralers biotilgjengelighet (modifisert fra [84])

Mineralets form og egenskaper	Tungt løselige forbindelser bli dårlig absorbert Løselig kjelaterte forbindelser kan absorberes dårlig hvis kjelatet har høy stabilitet
Ligander	Ligander som danner løselig kjelaterte forbindelser med metaller kan øke absorpsjonen Ligander med stor molekylvekt som er tungt fordøyelig, eks fiber, kan redusere absorpsjonen Ligander som danner uløselige kjelater med mineraler kan redusere absorpsjonen
Redoks-forbindelser i mat	Forbindelser som reduserer eller oksiderer mineraler kan redusere eller øke biotilgjengeligheten
Mineral-mineral reaksjoner	Høy konsentrasjon av et mineral i kosten kan hemme absorpsjonen til et annet mineral
Individets fysiologi	Homeostatisk regulering i kroppen fører gjerne til økt opptak med underskudd på mineralet, og redusert opptak hvis det er tilstrekkelige mengder <i>in vivo</i> Enkelte sykdommer kan påvirke opptaket Effektiviteten av absorpsjonen reduseres gjerne med alder

Mineralinnholdet i matvarer kan dog reduseres ved lekkasjer til omgivelsene eller ved fysisk separering/avskjæring. Siden mange mineraler er lett løselig i vann, kan prosessering og/eller varmebehandling føre til at innholdet reduseres via drypptap/avrenning under lagring eller ved diffusjon til vann. En faktor som påvirker tap av mineralene under prosessering er i hvilken form de foreligger og hvordan de er bundet i mat-matriksen. Mineraler som er bundet til cellestrukturer, proteiner eller andre makroforbindelser har høyere retensjon enn mineralforbindelser som foreligger fritt i ekstra- og intracellulærvæske. Enverdige mineraler som kalium og natrium har lav affinitet for proteiner og andre organiske makromolekyler, og vil tendere til å foreligge fritt, mens to- og treverdige mineraler som kalsium, magnesium og jern er bundet i organiske molekyler.

### **7.5.1 Kalsium**

Kalsium inngår i en rekke fysiologiske prosesser og er en sentral komponent i oppbygningen og remodellering av beinvev. Absorpsjon av kalsium foregår hovedsakelig i ileum ved passiv diffusjon eller ved aktiv transport der vitamin D inngår. Absorpsjonen avhenger derfor av kroppens vitamin D-status.

Melk og meieriprodukter er de viktigste kildene til kalsium. Fisk kan også være en god kilde til kalsium dersom beina er inkludert i matvarene, som for eksempel ansjos.

### **7.5.2 Magnesium**

Magnesium inngår i reguleringen av mer enn 300 biokjemiske og fysiologiske prosesser. Absorpsjonen av magnesium er estimert til 20-60 %, og er omvendt proporsjonal med mengden inntatt [85, 86].

Innholdet av magnesium i fisk og annen sjømat er på linje med det man finner i kjøtt.

### **7.5.3 Jern**

Biologisk jern er best kjent ved at det er en den aktive forbindelsen i hemoglobin som binder oksygen, og transporterer oksygen i sirkulasjonssystemet. Absorpsjonen av jern i tarmen er mye lavere enn for en del andre mineraler, men absorpsjonen styres av kroppens jern-status ved at absorpsjonen er sentral for jern-homeostasen. En rekke forbindelser kan øke eller hemme absorpsjonen. Vitamin C øker absorpsjonen [87], og hem-jern er mer biotilgjengelig enn andre jernforbindelser [88].

Fisk er ikke en spesielt god kilde til jern og har lavere innhold enn rødt kjøtt, men innholdet kan være høyt i blåskjell og andre bløtdyr.

### **7.5.4 Selen**

Selen inngår i en rekke proteiner, hovedsakelig i form av selenocystein eller selenomethionin. De biologiske funksjonene til selenproteinene inkluderer avgiftningsreaksjoner og regulering av stoffskiftet.

Vanligvis dekkes behovet for selen via kornprodukter, men enkelte områder har selenfattig jordsmonn, og således vil kornet ha et lavt innhold. Fisk har et relativt høyt innhold av selen, og biotilgjengeligheten er høy [89].

### **7.5.5 Jod**

Jod er essensielt for planter og dyr, og er sentral i stoffskiftet ved at jod inngår i thyroidhormonet tyroksin og dets derivater. Generelt absorberes jod effektivt i tarmen, men proteinbundet jod har lavere biotilgjengelighet [90]. Jodmangel er blant de vanligste mangelsykdommene, men tilsetning av jod i salt har ført til at dette er et mindre problem i industrialiserte land.

Fisk og skalldyr har et høyt innhold av jod, og konsum vil effektivt bidra til å innta anbefalt daglig minsteinntak. Makroalger som tang og tare kan ha et veldig høyt innhold.

### 7.5.6 Sink

Sink inngår blant annet i metabolisme av proteiner, lipider og vitaminer, og er også sentral i reguleringen av genuttrykket. Absorpsjonen av sink er doseavhengig, og biotilgjengeligheten er bedre fra fisk og kjøtt enn fra grønnsaker pga av at disse kan inneholde phytate som inhiberer absorpsjonen [91].

Kjøtt, fisk og meieriprodukter er gode kilder til sink. Østers har et meget høyt innhold av sink.

## 7.6 Bioaktive forbindelser

I næringsmidler kan bioaktive forbindelser betraktes som stoffer som ikke er essensielle, men som kan utøve effekter i kroppen som påvirker fysiologiske funksjoner, herunder helseeffekter. Noen av disse bioaktive forbindelsene anses som betinget essensielle, da de i begrenset grad syntetiseres in vivo, og det kan under gitte omstendigheter føre til et underskudd av disse stoffene. Således kan et inntak via matvarer bidra til å dekke behovet.

Prosessering av sjømat forårsaker endring i innhold av noen av disse bioaktive forbindelsene, både i ernæringsmessig fordelaktig og ugunstig retning.

### 7.6.1 Antioksidanter

Antioksidanter defineres ofte forskjellig avhengig av fagområde. I næringsmiddelsammenheng er definisjonen ofte begrenset til hemming av fettoksidering i fettholdige produkter. I biologiske systemer er definisjonen bredere og definert som "ethvert stoff som reduserer, forhindrer eller fjerner oksidativ skade av et molekyl" [92]. Denne definisjonen dekker både enzymatiske antioksidanter som finnes naturlig i kroppen (dismutaser, katalaser og peroksidaser), og ikke-enzymatiske antioksidanter som må tilføres via kosten. Eksempler på slike antioksidanter er aminosyrene taurin, histidin, cystein, lysin, glycin og methionin som er godt representert i sjømat. Det er dokumentert at aminosyrene taurin, histidin og glycin direkte fjerner radikaler, mens aminosyrene methionin, lysin og cystein fanger reaktive oksygenforbindelser. Aminosyrene er i hovedsak inkorporert i proteiner. Disse eksponeres eller frigjøres under fordøyelse, og kan dermed fungere som antioksidanter i kroppen.

Ved Universitet i Tromsø er den antioksidative kapasiteten gjennom en simulert fordøyelse av sjømat studert. Etter hvert som proteinene ble nedbrutt økte den antioksidative kapasiteten [93, 94]. Det er også dokumentert at tradisjonelle tilberedningsmetoder som baking og koking av fisk, samt industriell prosessering som koking og frysing av reke ikke har negativ effekt på antioksidativ kapasitet av sjømat [95].

### 7.6.2 Taurin

Taurin karakteriseres ofte som en svovelholdig aminosyre selv om forbindelsen mangler en karboksylgruppe. Taurin inngår ikke i proteiner, men finnes eksklusivt i fri form og finnes i de fleste vev og organer. Særlig høye konsentrasjoner finnes i hjerte og skjellettmuskulatur. Sjømat, særlig marine invertebrater, har et høyt innhold av taurin, mens planter har svært lave nivåer eller mangler taurin.

Den mest kjente fysiologiske funksjonen til taurin er deltakelse i lipidmetabolismen ved at det inngår som et gallesalt. Taurin inngår også i mange andre essensielle fysiologiske reaksjoner

som under utvikling av nervesystemet, osmoregulering og membranstabilisering. Økt inntak av taurin kan redusere risiko for hjerte- og karsykdommer, enten gjennom en direkte fysiologisk påvirkning eller ved å ha synergieffekter med omega-3 fettsyrer [96-98].

Tap av taurin under prosessering av sjømat har vært undersøkt i flere studier. Både i torsk og afrikansk malle ble det funnet et tap opp mot 25 % av taurin under varmebehandling [55, 57, 99] og under lengre tids lakebehandling i ulike saltløsninger ble innholdet redusert med omtrent 50 %. Dragnes et. al [43] undersøkte innholdet av taurin i en rekke rå og prosesserte sjømatprodukter. En klar trend i studiet var at sjømat som hadde gjennomgått en mer omfattende prosessering hadde lavere innhold av taurin sammenliknet med rå, uprosesserte råvarer. Lutefisk og crabsticks ble blant annet estimert til å ha mistet all taurin sammenliknet med nivåer i henholdsvis rå torsk og Alaska pollack [43].

### **7.6.3 Steroler**

Steroler er en gruppe stoffer som forekommer naturlig i planter og dyr. Kolesterol er den forbindelsen som er mest kjent, og det har flere essensielle funksjoner i kroppen. Kolesterol er blant annet viktig for å stabilisere cellemembranene og gi membranen mykhet og fleksibilitet, samt at det er en forløper til enkelte fettløselige vitaminer og hormoner.

Sammenhengen mellom inntak av kolesterol og human helse har vært underlagt omfattende vitenskapelige undersøkelser. Et tidligere etablert dogme var at økt inntak av kolesterol medførte økt innhold av kolesterol i blodet. Forskning viser nå at sammenhengen er betraktelig mer nyansert, og at det er mange faktorer som har betydning for kolesterolnivå i blodet, blant annet inntaket av mettet fett.

Sjømat inneholder kolesterol, men har en lav andel mettet fett i motsetning til terrestriske dyr. Av økende interesse er sjømat som inneholder såkalte phytosteroler, også kjent som plantesteroler. Makro- og mikroalger, samt organismer som filtrerer alger har en høy andel plantesteroler, og det er blant annet funnet at skjell og muslinger kan inneholde minst 50 % plantesterol i sin sterol-pool [100, 101]. Plantesteroler reduserer kolesterolnivå i blodet ved at de hemmer opptak av kolesterol i tarmen [102]. Noen studier viser at inntak av phytosteroler har en gunstig effekt på blodets lipidprofil.

Det er gjennomført lite forskning på plantesteroler i sjømat, særlig innefor feltet effekt av prosessering. Ved å bruke andre fettløselige forbindelser som markør for endring under prosessering, vil et eventuelt tap i sjømat være lavt som følge av avrenning eller diffusjon. Det er imidlertid kjent at steroler, både plantesteroler og kolesterol, kan oksidere under lagring.



## 8 Referanser

1. *Nordic nutrition recommendations : NNR 2004 : integrating nutrition and physical activity*. 4th ed. Nord. 2004, Copenhagen: Nordic Council of Ministers. 435 s.
2. Helsedirektoratet. *Kostråd for å fremme folkehelsen og forebygge sykdommer i Norge*. 2010; Available from: [http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00290/Oppsummering\\_av\\_kos\\_290789a.pdf](http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00290/Oppsummering_av_kos_290789a.pdf).
3. Love, R.M., *The chemical biology of fishes : with a key to the chemical literature*. 1970, London: Academic Press. v. (1-2 >.
4. Mattilsynet, Helsedirektoratet, and Universitetet i Oslo, *Matvaretabellen*. 2006.
5. Saxholt, E., et al., *Danish Food Composition Databank, revision 7*. Department of Nutrition, National Food Institute, Technical University of Denmark., 2008.
6. Arterburn, L.M., E.B. Hall, and H. Oken, *Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2006. **83**(6): p. 1467s-1476s.
7. Burdge, G., *Alpha-linolenic acid metabolism in men and women: nutritional and biological implications*. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2004. **7**(2): p. 137-44.
8. Wang, C.C., et al., *n-3 fatty acids from fish or fish-oil supplements, but not alpha-linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary- and secondary-prevention studies: a systematic review*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2006. **84**(1): p. 5-17.
9. World Health Organisation, *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation, 2002. **WHO technical report series 935**.
10. Reeds, P.J., *Dispensable and indispensable amino acids for humans*. *J Nutr*, 2000. **130**(7): p. 1835S-40S.
11. FAO/WHO, *Protein quality evaluation*. Report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation, 1991. **FAO food Nutrition paper 51**.
12. Lylum, L. and T. Rustad, *Fisk som råstoff : holdbarhet og kvalitetssikring*. 2. utg., 2. oppl. ed. 2005, Trondheim: Tapir. 261 s.
13. Biesalski, H.K., et al., *Bioactive compounds: Definition and assessment of activity*. *Nutrition*, 2009. **25**(11-12): p. 1202-1205.
14. He, K., et al., *Accumulated evidence on fish consumption and coronary heart disease mortality - A meta-analysis of cohort studies*. *Circulation*, 2004. **109**(22): p. 2705-2711.
15. Mozaffarian, D. and E.B. Rimm, *Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits*. *JAMA*, 2006. **296**(15): p. 1885-99.
16. Andersen, J., et al., *Helhedssyn på fisk og fiskevarer*. 2003. **Fødevarer rapport 2003:17**.
17. Norwegian Scientific Committee for Food Safety, *A comprehensive assessment of fish and other seafood in the Norwegian diet*. 2006, Oslo: Vitenskapskomiteen for mattrygghet. 171 s.
18. Yaktine, A.L., M.C. Nesheim, and Institute of Medicine Committee on Nutrient Relationships in Seafood, *Seafood choices - balancing benefits and risks*. 2007, Washington, D.C.: National Academies Press. XIV, 722 s.

19. Committee on Toxicity and Scientific Advisory Committee on Nutrition, *Advice on fish consumption: benefits & risks*. 2004, London: TSO. xii, 204 p.
20. Becker, W., P.O. Darnerud, and K. Peterson-Grawe, *Fiskkonsumtion - risk og nytta*. 2007, Livsmedelverket.
21. Elvevoll, E.O., et al., *Seafood diets: Hypolipidemic and antiatherogenic effects of taurine and n-3 fatty acids*. *Atherosclerosis*, 2008. **200**(2): p. 396-402.
22. Lavigne, C., et al., *Prevention of skeletal muscle insulin resistance by dietary cod protein in high fat-fed rats*. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2001. **281**(1): p. E62-E71.
23. Ouellet, V., et al., *Consumption of dietary cod protein improves insulin sensitivity by augmenting skeletal muscle PI3-Kinase activity in overweight insulin-resistant human subjects*. *Diabetes*, 2007. **56**: p. A447-A447.
24. Micha, R., S.K. Wallace, and D. Mozaffarian, *Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis*. *Circulation*, 2010. **121**(21): p. 2271-83.
25. American Institute for Cancer Research and World Cancer Research Fund International, *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer : a global perspective*. 2007, Washington DC: American Institute for Cancer Research. 517 s.
26. Bernstein, A.M., et al., *Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in women*. *Circulation*, 2010. **122**(9): p. 876-83.
27. He, K., et al., *Fish consumption and incidence of stroke: a meta-analysis of cohort studies*. *Stroke*, 2004. **35**(7): p. 1538-42.
28. Mozaffarian, D., *Fish and n-3 fatty acids for the prevention of fatal coronary heart disease and sudden cardiac death*. *Am J Clin Nutr*, 2008. **87**(6): p. 1991S-6S.
29. Cohen, J.T., et al., *A quantitative analysis of prenatal intake of n-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive development*. *Am J Prev Med*, 2005. **29**(4): p. 366-74.
30. McCann, J.C. and B.N. Ames, *Is docosahexaenoic acid, an n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals*. *Am J Clin Nutr*, 2005. **82**(2): p. 281-95.
31. Helland, I.B., et al., *Maternal Supplementation With Very-Long-Chain n-3 Fatty Acids During Pregnancy and Lactation Augments Children's IQ at 4 Years of Age*. *Pediatrics*, 2003. **111**(1): p. e39-44.
32. Hibbeln, J.R., et al., *Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study*. *Lancet*, 2007. **369**(9561): p. 578-585.
33. Olsen, S.F., et al., *Randomised controlled trial of effect of fish-oil supplementation on pregnancy duration*. *Lancet*, 1992. **339**(8800): p. 1003-7.
34. Simopoulos, A.P., *Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases*. *J Am Coll Nutr*, 2002. **21**(6): p. 495-505.
35. James, M.J. and L.G. Cleland, *Dietary n-3 fatty acids and therapy for rheumatoid arthritis*. *Semin Arthritis Rheum*, 1997. **27**(2): p. 85-97.
36. Endres, S., R. Lorenz, and K. Loeschke, *Lipid treatment of inflammatory bowel disease*. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 1999. **2**(2): p. 117-20.
37. Turner, D., et al., *Omega 3 fatty acids (fish oil) for maintenance of remission in Crohn's disease*. *Cochrane Database Syst Rev*, 2007(2): p. CD006320.

38. Amminger, G.P., et al., *Long-chain omega-3 fatty acids for indicated prevention of psychotic disorders: a randomized, placebo-controlled trial*. Arch Gen Psychiatry, 2010. **67**(2): p. 146-54.
39. Liperoti, R., et al., *Omega-3 polyunsaturated fatty acids and depression: a review of the evidence*. Curr Pharm Des, 2009. **15**(36): p. 4165-72.
40. Lin, P.Y. and K.P. Su, *A meta-analytic review of double-blind, placebo-controlled trials of antidepressant efficacy of omega-3 fatty acids*. Journal of Clinical Psychiatry, 2007. **68**(7): p. 1056-1061.
41. MacLean, C.H., et al., *Effects of omega-3 fatty acids on cancer risk - A systematic review*. Jama-Journal of the American Medical Association, 2006. **295**(4): p. 403-415.
42. Cohen, J.T., et al., *A quantitative risk-benefit analysis of changes in population fish consumption*. Am J Prev Med, 2005. **29**(4): p. 325-34.
43. Dragnes, B.T., et al., *Impact of processing on the taurine content in processed seafood and their corresponding unprocessed raw materials*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2009. **60**(2): p. 143-152.
44. Fennema, O.R., *Effects of freeze preservation on nutrients*, in *Nutritional evaluation of food processing*, E. Karmas and R.S. Harris, Editors. 1988, Van Nostrand Reinhold: New York. p. XIII, 786 s.
45. Murphy, E.W., P.E. Criner, and B.C. Gray, *Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1975. **23**(6): p. 1153-1157.
46. Gregory, J.F., *Methodology for nutrient analysis*, in *Nutritional evaluation of food processing*, E. Karmas and R.S. Harris, Editors. 1988, Van Nostrand Reinhold: New York. p. 720-744.
47. Bergström, L., *Nutrient losses and gains in the preparation of foods*. Rapport / Livsmedelsverket. 1994, Uppsala: Livsmedelsverket.
48. Matthews, R.H. and Y.J. Garrison, *Food yields summarized by different stage of preparation*. 1975, USDA.
49. Offer, G. and P. Knight, *The structural basis of water-holding in meat Part 2: Drip losses*, in *Developments in Meat Science-4*, R. Lawrie, Editor. 1988, Elsevier Applied Science: London. p. 172-243.
50. Kristoffersen, S., et al., *Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.)*. Aquaculture Research, 2007. **38**(16): p. 1721-1731.
51. Offer, G. and P. Knight, *The structural basis of water-holding in meat Part 2: General principles and water uptake in meat processing*, in *Developments in Meat Science-4*, R. Lawrie, Editor. 1988, Elsevier Applied Science: London. p. 1-171.
52. Gildberg, A., L. Akse, and G. Martinsen, *Proteintap fra torskemuskel under salteprosessen : hvordan minimalisere tapet?* Rapport / Nofima marin. 2009, Tromsø: Nofima marin. 23 s.
53. Friedman, M., *Chemistry, nutrition, and microbiology of D-amine acids*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999. **47**(9): p. 3457-3479.
54. Damodaran, S., *Aminoacids, peptides and proteins*, in *Food chemistry*, O.R. Fennema, Editor. 1996, Marcel Dekker: New York. p. 321-425.
55. Mierke-Klemeyer, S., et al., *Retention of health-related beneficial components during household preparation of selenium-enriched African catfish (*Clarias gariepinus*) fillets*. European Food Research and Technology, 2008. **227**(3): p. 827-833.

56. Larsen, D., S.Y. Quek, and L. Eyres, *Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (Oncorhynchus tshawytscha)*. Food Chemistry, 2010. **119**(2): p. 785-790.
57. Larsen, R., et al., *Retention of health beneficial components during hot- and cold-smoking of African catfish (Clarias gariepinus) fillets*. Archiv Fur Lebensmittelhygiene, 2010. **61**(1): p. 31-35.
58. Osterud, B. and E.O. Elvevoll, *The combination of virgin olive oils and refined marine oils. Beneficial effects*. Progress in Nutrition, 2008. **10**(4): p. 230-236.
59. Gregory, J.F., *Vitamins*, in *Food chemistry*, O.R. Fennema, Editor. 1996, Marcel Dekker: New York. p. 531-616.
60. Harris, R.S., *General discussion on the stability of nutrients*, in *Nutritional evaluation of food processing*, R.S. Harris and E. Karmas, Editors. 1971, AVI: Westport. p. 1-4.
61. Ball, G.F.M., *Vitamins : their role in the human body*. 2004, Oxford: Blackwell Science. XIV, 432 s.
62. Desobry, S.A., F.M. Netto, and T.P. Labuza, *Preservation of beta-carotene from carrots*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1998. **38**(5): p. 381-396.
63. Stepanova, E., et al., *Vitamin preservation in poultry and rabbit meat during cooking*. Voporsy Pitaniya, 1982. **3**: p. 54-58.
64. Severi, S., et al., *Effects of cooking and storage methods on the micronutrient content of foods*. European Journal of Cancer Prevention, 1997. **6**: p. S21-S24.
65. Bognar, A., *Tables on weight yield of food constituents for calculation of nutrient composition of cooked foods (dishes)*. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, 2002.
66. Leskova, E., et al., *Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models*. Journal of Food Composition and Analysis, 2006. **19**(4): p. 252-276.
67. Mattila, P., et al., *Effect of Household Cooking on the Vitamin D content in Fish, Eggs, and Wild Mushrooms*. Journal of Food Composition and Analysis, 1999. **12**(3): p. 153-160.
68. Aminullah Bhuiyan, A.K.M., W.M.N. Ratnayake, and R.G. Ackman, *Nutritional Composition of Raw and Smoked Atlantic Mackerel (Scomber scombrus): Oil- and Water-Soluble Vitamins*. Journal of Food Composition and Analysis, 1993. **6**(2): p. 172-184.
69. Holick, M.F., *Vitamin D*, in *Modern nutrition in health and disease*, M. Shike and M.E. Shils, Editors. 2006, Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia. p. xxv, 2069 s.
70. Dal Bosco, A., C. Castellini, and M. Bernardini, *Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E*. Journal of Food Science, 2001. **66**(7): p. 1047-1051.
71. Bennink, M.R. and K. Ono, *Vitamin-B12, Vitamin-E and Vitamin-D Content of Raw and Cooked Beef*. Journal of Food Science, 1982. **47**(6): p. 1786-1792.
72. Driskell, J.A., et al., *Retention of vitamin B-6, thiamin, vitamin E, and selenium in grilled boneless pork chops prepared at five grill temperatures*. Journal of Food Quality, 1998. **21**(3): p. 201-210.
73. Driskell, J.A., et al., *Selenium and tocopherol content of cooked pork roasts*. Journal of Food Quality, 1995. **18**(6): p. 455-462.

74. Jeanes, Y.M., et al., *The absorption of vitamin E is influenced by the amount of fat in a meal and the food matrix*. Br J Nutr, 2004. **92**(4): p. 575-9.
75. Gregory, J.F., *Ascorbic-Acid Bioavailability in Foods and Supplements*. Nutrition Reviews, 1993. **51**(10): p. 301-303.
76. Porzio, M.A., N. Tang, and D.M. Hilker, *Thiamine Modifying Properties of Heme Proteins from Skipjack Tuna, Pork, and Beef*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1973. **21**(2): p. 308-310.
77. Roth-Maier, D., et al., *Investigations of the intestinal availability of native thiamin in selected foods and feedstuffs*. European Journal of Nutrition, 1999. **38**: p. 241-246.
78. Dainty, J.R., et al., *Quantification of the bioavailability of riboflavin from foods by use of stable-isotope labels and kinetic modeling*. American Journal of Clinical Nutrition, 2007. **85**(6): p. 1557-1564.
79. Eitenmiller, R. and W. Landen, *Vitamins*, in *Analysing food for nutrition labelling and hazardous contaminants*, I. Jeon and W. Ikins, Editors. 1995, Marcel Dekker: New York.
80. Tarr, J.B., T. Tamura, and E.L.R. Stokstad, *Availability of Vitamin-B6 and Pantothenate in an Average American Diet in Man*. American Journal of Clinical Nutrition, 1981. **34**(7): p. 1328-1337.
81. Gregory, J.F., *Chemical and nutritional aspects of folate research: analytical procedures, methods of folate synthesis, stability, and bioavailability of dietary folates*. Advances in Food Nutrition Research, 1989. **33**: p. 1-101.
82. Witthöft, C.M., et al., *Folates - food sources, analytes, retention and bioavailability*. scandinavian journal of Nutrition, 1999. **43**: p. 138-146.
83. Herbert, V., *Recommended dietary intakes (RDI) of vitamin B-12 in humans*. Am J Clin Nutr, 1987. **45**(4): p. 671-8.
84. Miller, D., *Minerals*, in *Food Chemistry*, O.R. Fennema, Editor. 1996, Marcel decker: New York. p. 617-649.
85. Lakshmanan, F.L., et al., *Magnesium intakes, balances, and blood levels of adults consuming self- selected diets*. Am J Clin Nutr, 1984. **40**(6): p. 1380-1389.
86. Schwartz, R., H. Spencer, and J.J. Welsh, *Magnesium absorption in human subjects from leafy vegetables, intrinsically labeled with stable 26Mg*. Am J Clin Nutr, 1984. **39**(4): p. 571-576.
87. Bothwell, T.H., et al., *Nutritional Iron Requirements and Food Iron-Absorption*. Journal of Internal Medicine, 1989. **226**(5): p. 357-365.
88. Hurrell, R. and I. Egli, *Iron bioavailability and dietary reference values*. Am J Clin Nutr, 2010. **91**(5): p. 1461S-1467.
89. Fox, T.E., et al., *Bioavailability of selenium from fish, yeast and selenate: a comparative study in humans using stable isotopes*. European Journal of Clinical Nutrition, 2004. **58**(2): p. 343-349.
90. Jahreis, G., et al., *Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products results of balance studies in women*. Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes, 2001. **109**(3): p. 163-167.
91. Lowe, N.M., K. Fekete, and T. Decsi, *Methods of assessment of zinc status in humans: a systematic review*. Am J Clin Nutr, 2009. **89**(6): p. 2040S-2051.
92. Halliwell, B. and J.M.C. Gutteridge, *Free radicals in biology and medicine*. 4th ed. 2007, Oxford: Oxford University Press. XXXVI, 851 s.

93. Jensen, I.J., H.K. Maehre, and E.O. Elvevoll, *Antioxidative Capacity of Saithe (Pollachius Virens) and Shrimp (Pandalus Borealis) as Affected by Digestion*. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2009. **55**: p. 448-448.
94. Jensen, I.J., et al., *Changes in Antioxidative Capacity of Saithe (Pollachius virens) and Shrimp (Pandalus borealis) during in Vitro Digestion*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009. **57**(22): p. 10928-10932.
95. Abrahamsen, H., *Effect of processing on antioxidative capacity of seafood muscle during a simulated gastrointestinal digestion*. 2009, Tromsø: H. Abrahamsen. VIII, 39 s.
96. Militante, J.D. and J.B. Lombardini, *Dietary taurine supplementation: hypolipidemic and antiatherogenic effects*. *Nutrition Research*, 2004. **24**(10): p. 787-801.
97. Mizushima, S., et al., *Fish intake and cardiovascular risk among middle-aged Japanese in Japan and Brazil*. *Journal of Cardiovascular Risk*, 1997. **4**(3): p. 191-199.
98. Yamori, Y., et al., *Distribution of twenty-four hour urinary taurine excretion and association with ischemic heart disease mortality in 24 populations of 16 countries: results from the WHO-CARDIAC study*. *Hypertension Research - Clinical & Experimental*, 2001. **24**(4): p. 453-457.
99. Larsen, R., et al., *Losses of taurine, creatine, glycine and alanine from cod (Gadus morhua L.) fillet during processing*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007. **20**(5): p. 396-402.
100. Copeman, L.A. and C.C. Parrish, *Lipids classes, fatty acids, and sterols in seafood from gilbert bay, southern Labrador*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004. **52**(15): p. 4872-4881.
101. Murphy, K.J., N.J. Mann, and A.J. Sinclair, *Fatty acid and sterol composition of frozen and freeze-dried New Zealand Green Lipped Mussel (Perna canaliculus) from three sites in New Zealand*. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2003. **12**(1): p. 50-60.
102. Ostlund, R.E., Jr., S.B. Racette, and W.F. Stenson, *Inhibition of cholesterol absorption by phytosterol-replete wheat germ compared with phytosterol-depleted wheat germ*. *Am J Clin Nutr*, 2003. **77**(6): p. 1385-9.

