MILJØGIFTER I FISK OG FISKEVARER 2018

Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum

Bente Nilsen og Monica Sanden (HI)

RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2019-33

Tittel (norsk og engelsk):

Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2018

Contaminants in fish and fish products 2018

Undertittel (norsk og engelsk):

Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum

Organic contaminants, heavy metals, 3-MCPD and glycidyl esters in marine oils for human consumption.

Rapportserie:	**År - Nr.:**	**Dato:**
Rapport fra Havforskningen	2019-33	09.10.2019
ISSN:1893-4536		

Forfatter(e):

Bente Nilsen og Monica Sanden (HI)

Forskningsgruppeleder(e): *Monica Sanden (Fremmed- og smittestoff (FRES))* Godkjent av: Forskningsdirektør(er): *Gro-Ingunn Hemre* Programleder(e): *Livar Frøyland*

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15223

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Oppdragsgivers referanse:

M17120 Tiltaksnummer 43390

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

23

Sammendrag (norsk):

Ti ulike marine oljer til humant konsum, fem fiskeoljer, to blandingsoljer av fiskeolje og planteolje, én krillolje og to mikroalgeoljer, ble analysert for dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere, arsen, kadmium, kvikksølv, bly, selen, 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere. Prosjektet er gjennomført på oppdrag fra Mattilsynet, og alle analysene ble utført med metoder akkreditert i henhold til NS-EN ISO 17025. Resultatene viste at det var stor variasjon i innholdet av organiske miljøgifter mellom de ulike marine oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde nivåer over gjeldende øvre grenseverdier i Norge og EU for lovlig omsetning av marine oljer. Blandingsoljene av fiskeolje og planteolje oversteg heller ikke de lavere grenseverdiene som gjelder for vegetabilske oljer. De høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter ble funnet i en kaldpresset torskeleverolje, mens resten av oljene hadde betydelig lavere nivåer av de organiske miljøgiftene. Konsentrasjonene av tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensene for alle oljene, og konsentrasjonen av arsen varierte, men var svært lav i de fleste oljene. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere ble undersøkt for første gang i dette programmet. De høyeste nivåene av 3-MCPD+3-MCPD-estere ble funnet i to marine mikroalgeoljer, men ingen av oljene hadde nivåer over verdien som er foreslått som ny grenseverdi for disse forbindelsene i marine oljer. Nivåene av glysidylestere var forholdsvis lave i alle oljene der glysidylestere ble bestemt, og ingen av oljene hadde nivåer over verdien som er foreslått som ny grenseverdi for glysidylestere i marine oljer.

(Denne rapporten er revidert 15.05.2020 etter at ny kunnskap har vist at analysemetoden for 3-MCPD, 3-MCPDE og GE som ble benyttet i denne rapporten ikke var egnet for krilloljer. Metoden kan ha gitt feilaktig høye nivåer av disse forbindelsene i krilloljen som ble analysert i denne undersøkelsen. Disse resultatene er derfor fjernet og teksten er revidert i henhold til dette.)

Sammendrag (engelsk):

Ten different marine oils for human consumption; five fish oils, two mixed fish- and plant oils, one krill oil and two microalgae oils, were analysed for dioxins, dioxin-like PCBs, non-dioxin-like PCBs, polybrominated flame retardants, arsenic, cadmium, mercury, lead, selenium, 3-MCPD, 3-MCPD esters and glycidyl esters. The project was commissioned by the Norwegian Food Safety Authority, and all analyses were performed using methods accredited according to NS-EN ISO 17025. The results showed a large variation in the levels of organic contaminants between the different oils investigated, but none of the oils exceeded the EU maximum levels for these contaminants in marine oils. Neither did the mixed fish- and plant oils exceed the lower maximum levels for organic contaminants in vegetable oils. The highest levels of organic contaminants were found in a cold pressed (extra virgin) cod liver oil, whereas all the other oils had significantly lower levels of the organic contaminants. The concentrations of the heavy metals cadmium, mercury and lead were very low and below the limit of quantification for all the oils, and the arsenic concentrations varied, but were low for most of the oils. The levels of 3-MCPD, 3-MCPD esters and glycidyl esters were investigated in this programme for the first time. The highest levels of sum 3-MCPD+ 3-MCPD esters were found in the two microalgae oils, but none of the oils exceeded the proposed new maximum level for these compounds in marine oils. The levels of glycidyl esters were relatively low in all the oils where glycidyl esters were determined. and none of the oils exceeded the proposed new maximum level glycidyl esters in marine oils.

(This report has been revised 15.05.2020 because of new knowledge showing that the method of analysis for 3-MCPD, 3-MCPDE and GE used in this report was not suitable for krill oils. The method may have significantly overestimated the concentrations of these substances in the krill oil analysed in this study. These results have therefore been removed and the text has been revised accordingly.)

Innhold

1 Innledning/Introduction 5

2 Materiale og Metoder/Materials and Methods 6

2.1 Prøveinnsamling og -opparbeiding 6

2.2 Analyser 7

3 Resultater/Results 9

3.1 Dioksiner og dioksinlignende PCB 9

3.2 Ikke-dioksinlignende PCB (PCB_6) og PBDE 11

3.3 Metaller 12

3.4 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere 13

4 Diskusjon/Discussion 15

5 Konklusjon/Conclusion 19

6 Anbefalinger/Recommendations 20

7 Referanser/References 21

1 - Innledning/Introduction

Overvåkingsprogrammet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» gjennomføres på oppdrag fra Mattilsynet, Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler, og ble startet i 2008 for å kartlegge ulike problemstillinger knyttet til norsk sjømat. Programmet er en videreføring av en kartlegging av dioksiner og PCB som startet i 2003 på bakgrunn av en anbefaling fra EU-kommisjonene for å innhente data til risikovurderinger og fastsettelse av grenseverdier.

Programmet har undersøkt ulike typer sjømat hvert år og de siste årene har det vært analysert miljøgifter i makrell, ål og svolværpostei (Julshamn og Frantzen, 2009), brisling og brislingprodukter (Julshamn m.fl., 2011), dypvannsfisk og skalldyr fra Hardangerfjorden (Måge m.fl., 2012), kongekrabbe (Julshamn m.fl., 2013a) og Atlantisk kveite (Nilsen m.fl., 2016). I tillegg har programmet hvert år undersøkt innholdet av miljøgifter i kommersielle marine oljer til humant konsum (Julshamn og Frantzen, 2009 og 2010, Julshamn m.fl., 2011, Måge m.fl., 2012, Julshamn m.fl., 2013a, Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016, Nilsen m.fl., 2017).

I programmet for marine oljer har hovedfokus vært på innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og polybromerte flammehemmere (PBDE). Urensede marine oljer kan ha svært høye nivåer av disse fettløselige organiske miljøgiftene, og marine oljer til humant konsum må derfor som regel renses for å redusere innholdet av disse fremmedstoffene til et lovlig nivå. Overvåkning av innholdet av organiske miljøgifter i det brede utvalget av konsumferdige marine oljer er viktig for å kontrollere at renseprosedyrene som benyttes er gode nok til å sikre at nivåene av de organiske miljøgiftene ikke overskrider EUs og Norges øvre grenseverdier for lovlig omsetning.

I perioden 2007-2017 har totalt 134 prøver av kommersielle marine oljer til humant konsum vært analysert i dette overvåkningsprogrammet. Både fiskeoljer, seloljer, krilloljer, en raudåteolje, en hvalolje og en olje framstilt fra mikroalgen *Crypthecodinium cohnii* har vært undersøkt, og blant disse oljene har kun to havmusleveroljer og en haileverolje analysert i 2014, en havmusleverolje, en selolje og en hvalolje analysert i 2015 og en torskeleverolje og en havmusleverolje i 2016 hatt overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter (Nilsen og Måge, 2015 og 2016, Nilsen m.fl. 2017). De fleste av oljene med nivåer over grenseverdiene har vært kaldpressede oljer. Oljer fra havmuslever, hailever og hval hadde ikke vært undersøkt før 2014, og de høye nivåene av fettløselige organiske miljøgifter for disse oljene førte til en anbefaling om å inkludere flere slike sjeldne oljer i dette overvåkingsprogrammet.

I 2018 har det for første gang også vært fokus på innholdet av 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-fettsyreestere (3-MCPDE) og glysidylfettsyreestere (GE) i de marine oljene. Disse forbindelsene dannes under raffinering av oljer og har flere ulike toksiske effekter. I en risikovurdering publisert i 2016 konkluderte EFSA (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) at eksponering for 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere fra mat er en potensiell helserisiko for barn under 10 år (EFSA CONTAM Panel, 2016). Nye grenseverdier er under utarbeidelse for summen av 3-MCPD og 3-MCPD-estere i vegetabilske og marine oljer og for glysidylestere i marine oljer.

Denne rapporten omhandler resultater for de ti marine oljene som er kjøpt inn i 2018. Til sammen fire fiskeoljer (fra torskelever, havsil og silderogn), tre blandingsoljer av fiskeolje (sardin, ansjos og makrell) og planteoljer (rapsolje, solsikkeolje/nattlysolje og palmeolje/sheaolje/solsikkelecithin), én krillolje og to oljer fremstilt fra marine mikroalger (*Schizochytrium* sp.) ble analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB_6), polybromerte flammehemmere ($PBDE_7$), arsen, kvikksølv, kadmium, bly, selen, sum 3-MCPD og 3-MCPDE og GE uttrykt som glysidol. Det er første gang en marin olje fra fiskerogn analyseres i dette programmet.

2 - Materiale og Metoder/Materials and Methods

2.1 - Prøveinnsamling og -opparbeiding

Det ble kjøpt inn ti ulike marine oljer til humant konsum fra ulike nettbutikker og helsekostbutikker i Bergen i november 2018 av personell fra Havforskningsinstituttet. De ti oljene var fire fiskeoljer, tre blandingsoljer av fiskeolje og planteolje, én krillolje og to mikroalgeoljer fremstilt fra marine mikroalger (*Schizochytrium* sp.) (tabell 1).

Table 1. *Product names and other information about the fish-, krill and microalgae oils analysed. The oils were purchased from online shops and shops in Bergen in November 2018.*

Product name	Manufacturer	Sample type (source)	Formulation
Möllers Pharma Min Første tran	Möller's	Fish oil (cod liver)	Liquid
Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil	Realfoods&Rare wonders	Fish oil (cod liver)	Liquid
Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak	Midsona	Fish oil (anchovies)+Plant oil (rapeseed)	Liquid
Eye Q flytende sitron	New Nordic AS	Fish oil (sardine, anchovies)+Plant oil (sunflower and evening primrose)	Liquid
Wellvita iQmega	Wellvita	Fish oil (sandeel)	Capsules
Complete Omega-3 med appelsinsmak	Weifa AS	Fish oil (anchovy, sardine, mackerel)+Plant oil (oil palm, shea nut and sunflower)	Capsules
Romega Arctic caviar oil	Arctic Nutrition AS	Fish oil (herring roe)	Capsules
Life k^3 krill oil	Life	Krill oil	Capsules
Nycoplus vegetabilsk omega-3	Nycomed/Takeda AS	Microalgae oil (*Schizochytrium* sp.)	Capsules
DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje	Dansk farmaceutisk industri AS	Microalgae oil (*Schizochytrium* sp.)	Capsules

Tre av oljene var blandingsoljer av fiskeolje og planteolje. «Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti» besto av 50% fiskeolje (ansjos) og 50% rapsolje, «Eye Q flytende sitron» inneholdt 18% fiskeolje (ansjos og sardin) og 82% planteolje (77% solsikkeolje og 4,5% nattlysolje) og «Complete Omega-3 med appelsinsmak» besto av 72% fiskeolje (hovedsakelig ansjos, men kan også komme fra sardiner og makrell) og 28% planteolje (hovedsakelig palmeolje, men også noe sheaolje og solsikkelecithin) (opplysninger fra produsentene).

Fire av de marine oljene var i væskeform og ble analysert som de var. Fem av de marine oljene var i kapselform, og for disse ble kapslene åpnet og oljen inne i kapslene ble tatt ut og analysert. Den siste oljen, «Complete Omega 3 med appelsinsmak» var i en formulering der oljen var inkorporert i en fast tyggekapsel. For denne oljen ble tyggekapslene homogenisert hele, og homogenatet av de fullstendige tyggekapslene ble analysert.

2.2 – Analyser

Oljeprøvene ble analysert for følgende analytter: dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB_6), PCB_7, polybromerte difenyletere ($PBDE_7$), arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen. I tillegg ble oljeprøvene analysert for fettinnhold samt 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-estere (3-MCPDE) og glysidylestere (GE). Prinsipper for analysemetodene samt akkrediteringsstatus og kvantifiseringsgrenser (LOQ) er gitt i tabell 2. Analysemetodene er akkreditert i henhold til NS-EN-ISO 17025. For ytterligere metodedetaljer vises det til årsrapport for 2012 (Julshamn m.fl., 2013a).

Table 2. *Undesirable substances included, analytical methods used, accreditation status of the methods, limits of quantification (LOQ) and measurement uncertainty (MU) for the marine oils analysed.*

Analyte	Method	Status Accreditation	LOQ	MU (%)
Arsenic	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg oil	20 c)
Cadmium	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg oil	20 c)
Mercury	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg oil	25 c)
Lead	ICP-MS	Yes	0.03 mg/kg oil	25 c)
Selenium	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg oil	25 c)
PCDDs and PCDFs	HRGC/HRMS	Yes	0.000024-0.5 pg TEQ/g oil b)	25 d)
dl-PCBs, non-ortho PCBs	HRGC/HRMS	Yes	0.00006-0.04 pg TEQ/g oil b)	25 d)
dl-PCBs, mono-ortho PCBs	GC-MSMS	Yes a)	0.0024-0.003 pg TEQ/g oil b)	25 d)
PCB_6	GC-MSMS	Yes	0.3 ng/g oil	30 e)
$PBDE_7$	GC-MS	Yes	0.05-0.10 ng/g oil)	25
Fat content	Gravimetry-ethyl acetate	Yes	0.1 g/100 g oil	5 f)
Fat content	Gravimetry- acid hydrolysis	Yes	1.0 g/100 g ww	5 f)
3-MCPD and 3-MCPDE g)	GC-MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg	25-29%
GE expressed as glycidol (calculated) h)	GC-MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg	50%

a) The method is not accredited for mono-ortho PCB-123.
b) Depending on analyte and matrix.
c) Measurement uncertainty (MU) at concentrations above 10xLOQ. At lower concentrations, MU is higher (70% for mercury and 40% for the other elements).
d) MU at concentrations between 1 and 10 ng TEQ/kg ww. At lower concentrations MU is higher (30-35%), at higher concentration MU is lower (20%).
e) MU at concentrations between 1 and 5 µg/kg ww. At lower concentration MU is higher (45%), at higher concentrations the MU is lower (25%).
f) MU at concentrations between 5 and 100 g/100 g. At lower concentration, MU is higher (10-15%).
g) Determined by Eurofins Food and Feed Testing using method DGF-C-VI 18 (10) Part B
h) Determined (calculated) by Eurofins Food and Feed Testing using methods DGF-C-VI 18 (10) Part A and DGF-C-VI 18 (10) Part B.

Ved bestemmelse av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) ble det kvantifisert syv kongenere av dioksiner (PCDD), ti kongenere av furaner (PCDF), fire kongenere av non-orto PCB (PCB-77, -81, -126 og -169) og åtte kongenere av mono-orto PCB (PCB-105, -114, -118, -123, -156, -157, -167 og -189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble bestemt ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer, WHO-TEF 2005. Ved beregning av sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB for vurdering opp mot EUs og Norges grenseverdier ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ) slik regelverket for grenseverdier krever (EU, 2018*; Forskrift 3. juli 2015 Nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Èn av oljene, «Complete Omega 3 med appelsinsmak», inneholdt mindre enn 100 g olje/100 g produkt og for denne oljen ble konsentrasjonene regnet om til fettvekt før vurdering opp mot grenseverdiene.

Ved bestemmelse av ikke-dioksinlignende PCB (PCB_6) ble følgende seks kongenere kvantifisert: PCB-28, -52, -101, -138, -153 og -180. Sum PCB_6 ble beregnet med upperbound LOQ slik regelverket krever når verdiene skal vurderes opp mot EUs og Norges øvre grenseverdier.

Metoden for bestemmelse av PBDE kvantifiserer ti ulike kongenere av PBDE, inkludert syv kongenere som summeres til en "standard sum $PBDE_7$" (PBDE-28, -47, -99, -100, -153, -154 og -183). Sum $PBDE_7$ ble beregnet med upperbound LOQ.

Fettinnhold ble bestemt ved gravimetri etter ekstraksjon med etylacetat for de fleste oljene. For én av oljene, «Complete Omega 3 for barn», der oljen var inkorporert i en fast tyggekapsel, ble fettinnholdet bestemt ved hjelp av gravimetri etter syrehydrolyse og ekstraksjon med heptan og petroleumsbensin.

Bestemmelse av 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-estere (3-MCPDE) og glysidylestere (GE) ble gjennomført av Eurofins Food and Feed Testing ved akkrediterte metoder. LOQ og måleusikkerhet for metodene er oppgitt i tabell 2. Det ble benyttet indirekte metoder der alle analyttene ble kvantifisert som fritt 3-MCPD ved GC-MS etter spalting av esterbindingene i 3-MCPDE og GE. To ulike metoder med ulik prøveopparbeidelse ble brukt, der metode DGF-C-VI 18 (10) Part B kvantifiserte summen av 3-MCPD og 3-MCPDE, uttrykt som 3-MCPD, og metode DGF-C-VI 18 (10) Part A kvantifiserte summen av 3-MCPD, 3-MCPDE og GE, alt uttrykt som 3-MCPD. Konsentrasjonen av 3-MCPD dannet fra GE i oljene ble deretter beregnet fra differansen mellom konsentrasjonen av 3-MCPD fra disse to metodene, og den beregnede konsentrasjonen av 3-MCPD fra GE ble til slutt omregnet til glysidol. Siden konsentrasjonen av glysidol er beregnet fra differansen av resultater fra to ulike metoder er måleusikkerheten betydelig høyere for denne forbindelsen enn for sum 3-MCPD+3-MCPDE som kvantifiseres ved en enkelt metode (se tabell 2).

3 - Resultater/Results

3.1 – Dioksiner og dioksinlignende PCB

Tabell 3 viser konsentrasjonene av dioksiner (PCDD), furaner (PCDF), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), non-orto PCB, mono-orto PCB og sum dioksinlignende PCB (dl-PCB) samt totalsummen av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) i de ti ulike produktene av marine oljer til humant konsum som ble innkjøpt over internett og i helsekostbutikker i Bergen i 2018. Ni av produktene som ble undersøkt var rene oljer (100 g fett per 100 g produkt), mens ett av produktene, «Complete Omega-3 med appelsinsmak» inneholdt henholdsvis 64 gram fett per 100 gram av produktet (tabell 3). Konsentrasjonene av alle oljene i tabell 3 er oppgitt på fettvektsbasis for vurdering mot grenseverdiene, og for «Complete Omega-3 med appelsinsmak» betyr dette at konsentrasjonen omregnet til fettvekt i tabell 3 er omtrent 1,6 ganger høyere enn i det opprinnelige produktet.

Table 3. *Concentrations of fat, dioxins (PCDD), furans (PCDF), sum of dioxins and furans (PCDD/F), non-ortho PCBs, mono-ortho PCBs, sum of dl-PCBs and the overall sum PCDD/F+dl-PCB in marine oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2018. Concentrations were calculated as ng WHO-TEQ/kg fat, using TEF-2005 and upperbound LOQ.*

Product	Fat content[a)]	Sum PCDD	Sum PCDF	Sum PCDD/F	Non- ortho PCB	Mono- ortho PCB	Sum dl-PCB	Sum PCDD/F +dl-PCB
	g/100 g	----------ng TEQ/kg fat ----------						
Möllers Pharma Min Første tran	103	0.16	0.058	0.22	0.011	0.032	0.043	0.26
Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil	98	0.14	0.065	0.20	0.20	0.30	0.51	0.71
Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak	98	0.15	0.058	0.20	0.0087	0.029	0.037	0.24
Eye Q flytende sitron	99	0.29	0.048	0.33	0.022	0.021	0.043	0.38
Wellvita iQmega	97	0.16	0.055	0.21	0.010	0.034	0.043	0.25
Complete Omega-3 med appelsinsmak[b)]	64	0.33	0.067	0.40	0.030	0.015	0.045	0.44
Romega Arctic caviar oil	99	0.16	0.095	0.25	0.31	0.073	0.39	0.64
Life k^3 krill oil	98	0.16	0.085	0.24	0.042	0.036	0.078	0.32
Nycoplus vegetabilsk omega-3	100	0.17	0.055	0.22	0.0049	0.031	0.036	0.26
DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje	98	0.18	0.061	0.24	0.0085	0.031	0.040	0.28
Max. level for marine oils, EU				1.75				6.0
Max. level for marine oils, Norway				1.75				4.0
Max. level for vegetable oils, EU and Norway				0.75				1.25

a) Due to measurement uncertainty, some oils show values for fat content above 100 g/100 g product.
b) The concentrations of all sums for this product was measured in the original product and recalculated based on fat weight.

Konsentrasjonene av alle summer som er oppgitt i tabell 3 er beregnet med upperbound LOQ slik det er fastsatt i regelverket når summene skal vurderes opp mot grenseverdiene for næringsmidler til humant konsum *jf.* EU, 2018*; Forskrift 3. juli 2015 Nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler*. Upperbound LOQ betyr at alle kongenere med verdier under kvantifiseringsgrensen for metoden (LOQ) er satt lik LOQ ved beregning av summene. Veldig

mange av kongenerne som inngår i summene i tabell 3 hadde verdier under LOQ i alle oljene, og verdiene i tabell 3 er derfor trolig til dels betydelig overestimert for alle oljene.

Konsentrasjonene av sum PCDD/F var lave i alle de ti undersøkte oljene og varierte mellom 0,20 og 0,40 ng TE/kg fett. Alle oljene hadde dermed konsentrasjoner godt under grenseverdien på 1,75 ng TE/kg fett som gjelder for marine oljer til humant konsum (EU, 2018*; Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Også konsentrasjonene av sum PCDDF+dl-PCB var lave i alle oljene, med verdier mellom 0,24 og 0,71 ng TE/kg olje. Ingen av oljene hadde konsentrasjoner av sum PCDDF+dl-PCB over Norges øvre grenseverdi på 4,0 ng TE/kg fett (*Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*) eller EUs øvre grenseverdi på 6,0 ng TE/kg fett (EU, 2018). De høyeste konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB ble funnet i torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» og i silderogn-oljen «Romega Arctic caviar oil», men konsentrasjonene på henholdsvis 0,71 ng TE/kg fett og 0,63 ng TE/kg fett i disse oljene, var betydelig lavere enn grenseverdiene.

Tre av oljene som ble innhentet i 2018, «Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti», «Eye Q flytende sitron» og «Complete Omega-3 med appelsinsmak» var blandingsoljer av fiskeolje og planteolje. De øvre grenseverdiene for sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB gjelder for utgangsoljene som inngår i disse blandingsoljene der grenseverdiene for fiskeoljene (før blanding) er 1,75 ng TE/kg fett for PCDD/F og 4,0/6,0 for PCDD/F+dl-PCB, og grenseverdiene for den vegetabilske oljen (før blanding) er 0,75 ng TE/kg fett for PCDD/F og 1,25 ng TE/kg fett for PCDD/F+dl-PCB (EU, 2018*; Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

I følge opplysninger innhentet fra produsenten inneholder «Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti» 50% fiskeolje og 50% planteolje. Omregning i henhold til dette blandingsforholdet viste at den opprinnelige fiskeoljen som inngår i denne blandingsoljen maksimalt kunne hatt konsentrasjoner av PCDD/F på 0,40 ng TE/kg fett og av PCDD/F+dl-PCB på 0,48 ng TE/kg fett dersom planteoljen ikke bidro med noe PCDD/F eller dl-PCB til blandingen. Likeledes kunne den opprinnelige planteoljen maksimalt hatt de samme konsentrasjonene (0,40 ng TE/kg fett for sum PCDD/F og 0,48 ng TE/kg fett for sum PCDD/F+dl-PCB) dersom fiskeoljen ikke bidro med noe PCDD/F eller dl-PCB til blandingen. Konsentrasjonene i utgangsoljene som inngår i «Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti» lå dermed klart under de øvre grenseverdiene for sum PCDD/F og sum PCDD/+dl-PCB både i marine oljer og vegetabilske oljer til humant konsum.

For «Eye Q flytende sitron», som ifølge produsenten inneholder 18% fiskeolje og 82% planteolje, viste omregning at den opprinnelige fiskeoljen maksimalt kunne hatt konsentrasjoner av PCDD/F på 1,86 ng TE/kg fett og av PCDD/F+dl-PCB på 2,1 ng TE/kg fett dersom planteoljen ikke bidro med noe PCDD/F eller dl-PCB til blandingen. Mens den beregnede maksimalverdien for PCDD/F+dl-PCB lå klart under grenseverdien for fiskeoljer på 4,0/6,0 ng TE/kg fett, viste utregningen at den beregnede maksimalverdien for PCDD/F i den opprinnelige fiskeoljen lå like over grenseverdien for fiskeoljer på 1,75 ng TE/kg olje. Fiskeoljen ville imidlertid likevel ikke overstige grenseverdien for lovlig omsetning når vi tar hensyn til og trekker fra måleusikkerheten til metoden (25% i dette konsentrasjonsområdet) som angitt i *Forskrift 10. juli 2017 Nr.1198 om prøvetaking og analyse for offentlig kontroll av visse forurensende stoffer i næringsmidler* som gjennomfører EU-forordning 2017/644 (EU, 2017). Den opprinnelige planteoljen som inngår i «Eye Q flytende sitron» kunne maksimalt hatt en konsentrasjon av PCDD/F på 0,40 ng TE/kg fett og av PCDD/F+dl-PCB på 0,46 ng TE/kg fett dersom fiskeoljen ikke bidro med noe PCDD/F til blandingen, og planteoljen lå dermed klart under grenseverdiene for PCDD/F og PCDD/F+dl-PCB i vegetabilske oljer til humant konsum.

«Complete Omega-3 med appelsinsmak» inneholder ifølge produsenten 72% fiskeolje og 28% planteolje. Omregning i henhold til dette blandingsforholdet viste at den opprinnelige fiskeoljen som inngår i denne blandingsoljen maksimalt kunne hatt konsentrasjoner av PCDD/F på 0,56 ng TE/kg fett og av PCDD/F+dl-PCB på 0,63 ng TE/kg fett dersom planteoljen ikke bidro med noe PCDD/F eller dl-PCB til blandingen. Konsentrasjonene i den opprinnelige fiskeoljen lå dermed klart under grenseverdiene for marine oljer. På den annen side viste omregningen at den opprinnelige planteoljen teoretisk kunne hatt konsentrasjoner på 1,4 ng TE/kg fett for sum PCDD/F og 1,6 ng TE/kg fett for sum PCDD/F+dl-PCB dersom fiskeoljen ikke bidro med noe PCDD/F eller dl-PCB til blandingen. Den opprinnelige planteoljen kan dermed teoretisk ha oversteget grenseverdiene for både PCDD/F og PCDD/F+dl-PCB i vegetabilske oljer til humant konsum. For at den opprinnelige planteoljen skulle hatt nivåer over grenseverdiene måtte imidlertid

nivåene i den opprinnelige fiskeoljen ha vært mye lavere enn i den opprinnelige planteoljen. Dersom konsentrasjonene var like i de to utgangsoljene eller fiskeoljen hadde høyere konsentrasjoner, ville konsentrasjonene av sum PCDD/F og sum PCDDF+dl-PCB i den opprinnelige planteoljen vært lik eller lavere enn henholdsvis 0,40 ng TE/kg og 0,44 ng TE/kg, som er betydelig lavere enn grenseverdiene for vegetabilske oljer.

3.2 - Ikke-dioksinlignende PCB (PCB_6) og PBDE

Konsentrasjonen av PCB_6, PCB_7 og $PBDE_7$ i de ti ulike produktene av marine oljer er vist i tabell 4. Resultater er vist for både PCB_6 og PCB_7 da EU og Norge har grenseverdier for innholdet av PCB_6 i matvarer mens PCB_7 (PCB_6 + PCB-118) ikke har egen grenseverdi, men har vært rapportert tidligere og derfor er inkludert for å lette sammenligning med tidligere data. PCB_7 er også av interesse i forbindelse med miljøvurderinger der denne summen fremdeles er i bruk. Verken EU eller Norge har foreløpig satt grenseverdier for PBDE i oljer til humant konsum. Konsentrasjonene av alle oljene i tabell 4 er oppgitt på fettvektsbasis for vurdering mot grenseverdien for PCB_6, og for «Complete Omega-3 med appelsinsmak» betyr dette at konsentrasjonen omregnet til fettvekt i tabell 4 er omtrent 1,6 ganger høyere enn i det opprinnelige produktet.

Konsentrasjonene av alle summer i tabell 4 er beregnet med upperbound LOQ. De fleste oljene hadde svært lave nivåer under kvantifiseringsgrensen for alle eller nesten alle PCB-kongenerne som inngår i sum PCB_6 og sum PCB_7 og konsentrasjonene for sum PCB_6 og PCB_7 i de fleste oljene er derfor trolig betydelig overestimert. Bare «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» og «Romega Arctic caviar oil» hadde kvantifiserbare konsentrasjoner av alle PCB-kongenerne som inngår i PCB_6 og PCB_7.

Det var stor variasjon i konsentrasjonen av PCB_6 (0,80 til 130 µg/kg fett) og PCB_7 og noe mindre variasjon i konsentrasjonen av $PBDE_7$ (0,20 til 6,2 µg/kg fett) mellom oljene. Den høyeste konsentrasjonen av PCB_6 og PCB_7 ble funnet i «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil», men konsentrasjonen av PCB_6 på 130 µg/kg fett i denne oljen oversteg ikke EUs og Norges grenseverdi for marine oljer på 200 µg/kg fett. Silderognoljen «Romega Arctic caviar oil» hadde en konsentrasjoner av sum PCB_6 på 9,7 µg/kg fett, mens alle de øvrige oljene hadde konsentrasjoner av sum PCB_6, på 3 µg/kg fett eller lavere. Blandingsoljene «Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti», «Eye Q flytende sitron» og µg/kg fett «Complete Omega-3 med appelsinsmak», som alle er blandinger av en fiskeolje og en vegetabilsk olje, ble vurdert både mot grenseverdien på 200 µg/kg fett for marine oljer og mot grenseverdien for vegetabilske oljer på 40 µg/kg fett (EU, 2018*; Forskrift 3. juli 2015 Nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Grenseverdiene gjelder for utgangsoljene som inngår i blandingen, og ved omregning i henhold til blandingsforholdet (50% fiskeolje og 50% planteolje i «Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti», 18% fiskeolje og 82% planteolje i «EyeQ flytende sitron» og 72% fiskeoljer og 28% planteolje i «Complete Omega-3 med appelsinsmak») fant vi at de opprinnelige fiskeoljene (før blanding) maksimalt kunne hatt konsentrasjoner av sum PCB_6 på 2,8 µg/kg fett («Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti»), 6,1 µg/kg fett («Eye Q flytende sitron») og 1,1 µg/kg fett «Complete Omega-3 med appelsinsmak») mens de opprinnelige planteoljene (før blanding) maksimalt kunne hatt konsentrasjoner på 2,8 µg/kg fett («Eskimo-3 Kids Tutti-Frutti»), 1,3 µg/kg fett («Eye Q flytende sitron») og 2,9 µg/kg fett «Complete Omega-3 med appelsinsmak»). Verdiene for utgangsoljene som inngår i disse tre blandingsoljene lå således langt under de øvre grenseverdiene for sum PCB_6 i henholdsvis marine oljer og vegetabilske oljer til humant konsum.

Også for PBDE ble den høyeste konsentrasjonen funnet i «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» som hadde en konsentrasjon på 6,2 µg/kg fett. «Romega Arctic Caviar Oil» og Möllers Min første tran» hadde konsentrasjoner på henholdsvis 1,1 og 0,8 µg/kg fett, mens alle de øvrige oljene hadde konsentrasjoner under 0,3 µg/kg fett. Fire av oljene, blandingsoljen «Eskimo 3 kids Tutti-frutt», krilloljen «Life k3 krill oil» samt de to marine mikroalgeoljene «Nycoplus vegetabilsk omega-3» og «DFI vegetabilsk Omega-3 algeolje», hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen for alle PBDE-kongenerne.

Kongenerprofilen varierte lite mellom de ulike oljene. For oljene som hadde kvantifiserbare nivåer av en eller flere PCB- og PBDE-kongenere, var det PCB-153 og PCB-138 som var de dominerende kongenerne i sum PCB_6 og PBDE-47 som var den dominerende kongeneren i $PBDE_7$.

Table 4. *Concentrations of sum PCB_6 (PCB-28, 52, 101, 138, 153 and 180) sum PCB_7 (PCB_6 + PCB-118) and sum $PBDE_7$ (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183) in marine oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2017. Sums PCB_6, PCB_7 and $PBDE_7$ were calculated based on fat weight and using upperbound LOQ.*

Product	PCB_6	PCB_7	$PBDE_7$
	---------- µg/kg fat ----------		
Möllers Pharma Min Første tran	3.0	3.3	0.80
Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil	130	130	6.2
Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak	1.4	1.5	0.17
Eye Q flytende sitron	1.1	1.2	0.27
Wellvita iQmega	1.7	1.8	0.20
Complete Omega-3 med appelsinsmak*	0.80	0.86	0.20
Romega Arctic caviar oil	9.7	11	1.1
Life k^3 krill oil	1.8	1.9	0.21
Nycoplus vegetabilsk omega-3	1.6	1.7	0.19
DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje	1.6	1.7	0.18
Maximum level for marine oils in EU and Norway	200	-	-
Maximum level for vegetable oils in EU and Norway	40	-	-

* The concentrations of all sums for this product was measured in the original product and recalculated based on fat weight.

3.3 - Metaller

Konsentrasjonen av grunnstoffene arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen er gitt i tabell 5, sammen med grenseverdiene for kadmium, kvikksølv og bly i kosttilskudd som er gjeldende både i EU og i Norge (EU, 2018; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler)*. Siden disse grenseverdiene gjelder for kosttilskudd slik det selges, er konsentrasjonene i tabell 5 ikke omregnet til fettvekt.

Konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensene i alle oljene. Nivåene av disse metallene lå dermed i alle oljene langt under de øvre grenseverdiene som gjelder for kosttilskudd både i EU og Norge.

Konsentrasjonen av arsen varierte mellom 0,013 og 4,4 mg/kg våtvekt. Det er ikke fastsatt noen grenseverdi for arsen i oljer til humant konsum. De høyeste konsentrasjonene av arsen ble funnet i «Life k^3 krill oil», «Romega Arctic caviar oil» og «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» som inneholdt henholdsvis 4,4, 2,8 og 1,2 mg/kg våtvekt. De øvrige oljene hadde lave konsentrasjoner av arsen under 0,03 mg/kg våtvekt.

Konsentrasjonen av selen var svært lav i de fleste oljene med nivåer mellom <0,008 og 0,025 mg/kg våtvekt i åtte av oljene. De to oljene «Romega Arctic caviar oil» og «Life k^3 krill oil» hadde mye høyere nivåer med konsentrasjoner av selen på henholdsvis 0,87 og 0,55 mg/kg våtvekt.

Table 5. *Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, lead and selenium in oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2018.*

Product	Arsenic	Cadmium	Mercury	Lead	Selenium
	---------- mg/kg wet weight ----------				
Möllers Pharma Min Første tran	0.021	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.025
Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil	1.2	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.025
Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak	0.026	< 0.005	< 0.005	< 0.02	< 0.009
Eye Q flytende sitron	0.027	< 0.004	< 0.004	< 0.02	< 0.009
Wellvita iQmega	0.013	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.026
Complete Omega-3 med appelsinsmak	0.018	< 0.004	< 0.004	< 0.02	< 0.008
Romega Arctic caviar oil	2.8	< 0.005	< 0.005	< 0.02	0.87
Life k^3 krill oil	4.4	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.55
Nycoplus vegetabilsk omega-3	0.019	< 0.005	< 0.005	< 0.02	< 0.009
DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje	0.017	< 0.004	< 0.004	< 0.02	< 0.009
Maximum level in EU and Norway	-	1.0	0.10	3.0	-

3.4 - 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere

Konsentrasjonen av summen av fri 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere (sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE) og summen av fri 3-MCPD og 3-MCPD-estere (sum 3-MCPD+3-MCPDE) ble analytisk bestemt og er oppgitt i tabell 6. Konsentrasjonen av glysidylestere (GE) ble beregnet fra differansen mellom disse to summene, og de beregnede konsentrasjonene av GE uttrykt som 3-MCPD og som glysidol er også oppgitt i tabellen. For krilloljen «Life k^3 krill oil» er konsentrasjonen av disse forbindelsene ikke oppgitt i tabell 6. Ny kunnskap etter at alle analyser var fullført, viste at analysemetoden som ble benyttet var uegnet for krilloljer. Metoden overestimerte konsentrasjonen av disse forbindelsene i krilloljer, og resultatene for «Life k^3 krill oil» er derfor ikke oppgitt.

Det er foreløpig ingen grenseverdier for 3-MCPD, 3-MCPDE eller GE i marine oljer, men for vegetabilske oljer ble en grenseverdi for GE uttrykt som glysidol innført i EU fra februar 2018 (EU, 2018) og i Norge fra juli 2018 (*Forskrift av 9. juli 2018 Nr. 1164 om endring i forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Nye grenseverdier er nå under utarbeidelse for summen av 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) og for GE (uttrykt som glysidol) i både vegetabilske og marine oljer, og konsentrasjonene av disse er derfor av interesse i denne undersøkelsen.

Resultatene viser at det var stor variasjon i konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE mellom de ulike oljene. Den kaldpressede torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» hadde en lav konsentrasjon under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg olje, mens de to oljene fremstilt fra marine mikroalger «Nycoplus vegetabilsk omega-3» og «DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje» hadde mye høyere verdier med konsentrasjoner av sum 3-MCPD+3-MCPDE på henholdsvis 1400 og 2300 µg/kg olje. Alle de øvrige oljene hadde konsentrasjoner mellom 420 og 860 µg/kg olje. Forslaget til ny grenseverdi for sum 3-MCPD+3-MCPDE uttrykt som 3-MCPD i vegetabilske og marine oljer er 2500 µg/kg olje, og alle oljene i denne undersøkelsen lå under denne verdien. Fire oljer i denne undersøkelsen som var spesielt merket til bruk for barn, «Möllers Pharma Min Første Tran», «Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak», «Wellvita iQmega» og «Complete Omega-3 med appelsinsmak», hadde konsentrasjoner av sum 3-MCPD+3-MCPDE mellom 420 og 860 µg/kg olje, betydelig lavere enn den foreslåtte grenseverdien.

De beregnede konsentrasjonene av GE uttrykt som glysidol varierte mellom 67 µg/kg og 410 µg/kg i seks av de marine oljene. For fire av oljene oppga Eurofins at konsentrasjonen av GE ikke var mulig å beregne (n.a.) fordi målt konsentrasjon av sum 3-MCPD+3-MCPDE var lik eller høyere enn konsentrasjonen av sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE. Det er sannsynlig at dette betyr at konsentrasjonen av GE er lav i forhold til konsentrasjonen av sum 3-MCPD+3-

MCPDE i disse oljene, men måleusikkerheten i metodene gjør det umulig å beregne en konsentrasjon for GE. For «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» der konsentrasjonen av sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE (uttrykt som 3-MCPD) ligger under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg er det imidlertid trolig at også konsentrasjonen av GE (uttrykt som glysidol) er lav og ligger under eller nær kvantifiseringsgrensen.

De fire oljene som var spesielt merket til bruk for barn, «Möllers Pharma Min Første Tran», «Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak», «Wellvita iQmega» og «Complete Omega-3 med appelsinsmak» hadde beregnede konsentrasjoner av GE mellom 67 og 410 µg/kg, klart lavere enn den foreslåtte grenseverdien for marine oljer.

Blandingsoljene «Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak» som inneholder 50% fiskeolje og 50% planteolje og «Complete Omega-3 med appelsinsmak» som inneholder 72% fiskeolje og 28% planteolje hadde lave konsentrasjoner av GE på henholdsvis 67 µg/kg og 90 µg/kg. Den øvre grenseverdien for GE i vegetabilske oljer på 1000 µg/kg gjelder her for den opprinnelige planteoljen som inngår i blandingsoljen. Omregning i henhold til blandingsforholdet viste at planteoljen før innblanding i blandingsoljen maksimalt kunne hatt en konsentrasjon av GE (uttrykt som glysidol) på 134 µg/kg («Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak») eller 321 µg/kg («Complete Omega-3 med appelsinsmak») dersom fiskeoljene som inngår i blandingene ikke bidro med noe GE til blandingen. Grenseverdien for GE i vegetabilske oljer ble dermed ikke oversteget for noen av disse oljene.

Table 6. *Concentrations of sums of 3-monochloropropanediol (3-MCPD), 3-MCPD fatty acid esters (3-MCPDE) and glycidyl fatty acid esters (GE) in oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2018. Concentrations of sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE and sum 3-MCPD +3-MCPDE were analytically determined and both sums are expressed as 3-MCPD. The concentration of GE were calculated from the difference between the two sums and is expressed as 3-MCPD or as glycidol in separate columns.*

Product	Sum 3-MCPD+ 3-MCPDE+ GE (expressed as 3-MCPD)	Sum 3-MCPD+ 3-MCPDE (expressed as 3-MCPD)	GE (expressed as 3-MCPD) (calculated)	GE (expressed as glycidol) (calculated)
	---------- µg/kg ----------			
Möllers Pharma Min Første tran	860	490	370	410
Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil	<100	<100	n.a.*	n.a.*
Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak	490	430	60	67
Eye Q flytende sitron	470	550	n.a.*	n.a.*
Wellvita iQmega	1000	860	140	160
Complete Omega-3 med appelsinsmak	500	420	80	90
Romega Arctic caviar oil	860	760	100	110
Life k^3 krill oil	n.d.**	n.d.**	n.d.**	n.d.**
Nycoplus vegetabilsk omega-3	1200	1400	n.a.*	n.a*.
DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje	2300	2300	n.a.*	n.a.*
Maximum level for vegetable oils in EU	-	-	-	1000

*n.a.= not applicable. The concentration of GE could not be calculated when the concentration of sum 3-MCPD+3-MCPDE was equal to or larger than the sum 3-MCPD+3-MCPDE+ GE.

**n.d. = not determined. The results for "Life k^3 krill oil" which was presented in an earlier version of this report has been removed 15.05.2020 because of new knowledge showing that the method of analysis used in this report was not suitable for krill oils. The method of analysis used may have significantly overestimated the results for this oil, and the results have therefore been removed.

4 - Diskusjon/Discussion

Innholdet av de organiske miljøgiftene dioksiner, dioksinlignende PCB og ikke-dioksinlignende PCB varierte mellom de ti marine oljene til humant konsum som ble analysert i denne undersøkelsen. Særlig konsentrasjonene av sum PCB_6 varierte mye mellom oljene med verdier fra 0,8 til 130 µg/kg olje, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner over den øvre grenseverdien for PCB_6 på 200 µg/kg olje som gjelder for marine oljer til humant konsum i Norge og EU. Også innholdet av $PBDE_7$ varierte mye mellom oljene, fra 0,17 til 6,4 µg/kg olje. Konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB var lave i alle oljene med verdier mellom 0,24 og 0,71 ng TE/kg olje, og ingen av oljene hadde konsentrasjoner over Norges eller EUs grenseverdier på henholdsvis 4,0 og 6,0 ng TE/kg olje.

Den store variasjonen i innholdet av organiske miljøgifter reflekterer trolig både hvilket råstoff som er benyttet til oljene (ulike typer fisk, fiskelever, fiskerogn, krill og marine mikroalger), hvilket område råstoffene er hentet fra og graden av rensing av oljene. Marine oljer framstilt fra fiskerogn har ikke tidligere vært analysert i dette overvåkningsprogrammet, men blant de totalt 134 prøvene av kommersielle marine oljer til humant konsum som har vært undersøkt tidligere, har det vært oljer framstilt fra en rekke ulike råstoffer. Både fiskeoljer, seloljer, krilloljer, én raudåteolje, én hvalolje og en olje framstilt fra mikroalgen *Crypthecodinium cohnii* har vært undersøkt, og blant disse oljene er det bare to havmusleveroljer og én haileverolje analysert i 2014, én havmusleverolje og én hvalolje fra 2015 samt én torskeleverolje og én havmusleverolje fra 2016 som har hatt overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter (Julshamn og Frantzen, 2008, 2009 og 2010; Julshamn m.fl., 2011; Måge m.fl., 2012; Julshamn m.fl., 2013a; Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016; Nilsen m.fl., 2017; Nilsen og Sanden, 2018).

Ulike metoder har vært benyttet for rensing av oljene som har vært undersøkt i dette programmet, og et fellestrekk for de fleste av oljene som har oversteget grenseverdiene de siste årene er at de har vært kaldpressede oljer, gjerne merket «Extra virgin» eller «Handcrafted». Selv om ikke alle oljene merket kaldpresset og/eller «Extra virgin» har oversteget grenseverdiene, har de ofte hatt høyere verdier av organiske miljøgifter i forhold til andre analyserte oljer, og det er derfor tydelig at metoden(e) som benyttes ved fremstilling av disse oljene ofte ikke er tilstrekkelig for å sikre et lavt nivå av organiske miljøgifter i oljen. Selv om en mer forsiktig ekstrahering og rensing av marine oljer kan være en fordel for å bevare innholdet av fettløselige positive næringsstoffer som for eksempel vitamin E og D i oljene, må rensingen likevel være tilstrekkelig for å sikre at innholdet av miljøgifter ikke overskrider grenseverdiene for lovlig omsetning.

Ingen av oljene som ble innkjøpt i 2018 hadde nivåer av organiske miljøgifter over grenseverdiene, men også i denne undersøkelsen ble det funnet at en kaldpresset olje hadde et høyere nivå av særlig sum PCB_6 enn de andre oljene som ble undersøkt. Den kaldpressede torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» hadde det høyeste nivået av sum PCB_6 i denne undersøkelsen med en konsentrasjon av sum PCB_6 på 130 µg/kg olje. Nivået av sum PCB_6 i denne torskeleveroljen var mye høyere enn nivåene i de fleste torskeleveroljer som tidligere har vært undersøkt i dette programmet, og bare to kaldpressede torskeleveroljer analysert i 2015 og 2016, hadde konsentrasjoner av PCB_6 på tilsvarende og litt høyere nivå. Den kaldpressede torskeleveroljen analysert i 2016 var fra samme produsent som «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» og hadde en konsentrasjon av sum PCB_6 på 160 µg/kg olje, mens den kaldpressede torskeleveroljen fra 2015 inneholdt 200 µg PCB_6/kg olje (Nilsen og Måge 2016; Nilsen m.fl., 2017). Selv om «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» hadde nesten like høye nivåer av sum PCB_6 som disse to tidligere analyserte oljene, var nivået av sum PCDD/F+dl-PCB mye lavere. Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» var 0,71 ng TE/kg olje og dermed klart lavere enn grenseverdiene på 4,0 og 6,0 ng/TE/kg i Norge og EU, mens nivået i den kaldpressede torskeleveroljen fra 2015 (3,0 ng TE/kg olje) og i den kaldpressede torskeleveroljen fra samme produsent analysert i 2016 (5,35 ng TE/kg olje) var betydelig høyere og for sistnevnte over den norske grenseverdien for lovlig omsetning.

Selv om disse kaldpressede torskeleveroljene har vesentlig høyere nivåer av organiske miljøgifter enn raffinerte torskeleveroljer som f.eks. «Möllers Pharma Min Første tran», er nivåene i disse kaldpressede torskeleveroljene lavere enn det som kan forventes i en helt urenset torskeleverolje. I basisundersøkelsen for torsk ble det funnet at torskelever

fra Barentshavet (som har lavere nivåer enn torskelever fra Nordsjøen) i gjennomsnitt hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB_6 på henholdsvis 14,2 ng TE/kg vv og 92 µg/kg vv (Julshamn m.fl., 2013b). Siden gjennomsnittlig fettinnhold i torskelever er omtrent 50 g/100 g (Julshamn m.fl., 2013b) betyr dette at en helt urenset torskeleverolje fra Barentshav-torsk vil få konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB_6 på henholdsvis rundt 28 ng TE/kg olje og rundt 180 µg/kg olje. For sum PCDD/F+dl-PCB er denne konsentrasjonen mye høyere enn det vi finner i alle de kaldpressede torskeleveroljene, mens konsentrasjonen av sum PCB_6 ligger nær det vi har funnet i de to kaldpressede torskeleveroljene fra 2015 og 2016 og bare litt høyere enn det vi fant for «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» i denne undersøkelsen. Produksjonsmetodene som er benyttet for de kaldpressede torskeleveroljene ser derfor ut til å ha ført til en vesentlig reduksjon i nivået av sum PCDD/F+dl-PCB, mens innholdet av sum PCB_6 ikke er redusert i samme grad.

En av de undersøkte oljene i 2018 var framstilt fra silderogn. Oljer framstilt fra fiskerogn har aldri tidligere vært analysert i dette programmet, og resultatene viste at «Romega Arctic caviar oil» hadde noe høyere nivåer av sum PCDD/F+dl-PCB, PCB_6 og $PBDE_7$ enn de fleste andre oljene som ble undersøkt. Nivåene var likevel lave og langt under grenseverdiene for disse forbindelsene.

De øvrige fiskeoljene som ble undersøkt i 2018, torskeleveroljen «Möllers Pharma Min Første Tran» og havsiloljen «Wellvita iQmega», hadde svært lave verdier av både sum PCDD/F, sum PCDDF+dl-PCB, sum PCB_6 og sum $PBDE_7$. Oljer framstilt fra kun havsil har ikke tidligere vært analysert i dette programmet, men en olje framstilt fra laks og tobis (tobis er en samlebetegnelse for flere sil-arter, inkludert havsil) analysert i 2016 hadde høyere nivåer av organiske miljøgifter (Nilsen m.fl., 2017). De lave nivåene i den rene havsiloljen analysert i 2018 skyldes trolig at havsil er en art lavt i næringskjeden som inneholder lave nivåer av organiske miljøgifter.

Også de tre blandingsoljene av ansjos/sardin/makrelloljer og planteoljer, «Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak», «Eye Q flytende sitron» og «Complete Omega-3 med appelsinsmak», hadde lave nivåer av organiske miljøgifter i likhet med andre ansjos/sardin-oljer og en blandingsolje framstilt fra ansjos, sild, makrell og kokos som har vært analysert tidligere (Nilsen og Måge, 2014; Nilsen m.fl., 2017, Nilsen og Sanden, 2018). De lave nivåene i disse oljene kan skyldes både forholdsvis lave nivåer av organiske miljøgifter i fiskeartene som er benyttet, men også at disse blandingsoljene inneholder vegetabilske oljer som normalt har lave nivåer av organiske miljøgifter. Nivåene av organiske miljøgifter i de tre blandingsoljene lå under grenseverdiene for både marine oljer og for vegetabilske oljer til humant konsum. I henhold til regelverket er det imidlertid utgangsoljene som inngår i disse blandingsoljene som skal vurderes opp mot grenseverdiene, og i denne undersøkelsen ble det derfor foretatt en omregning basert på blandingsforholdet mellom fiskeoljen og planteoljen for å beregne hvilke konsentrasjoner de opprinnelige oljene kunne hatt dersom bare en av oljene (enten fiskeoljen eller planteoljen) bidro med organiske miljøgifter til blandingen. For de to blandingsoljene «Eskimo-3 Kids m/Tutti-Frutti smak» og «Eye Q flytende sitron» viste resultatene at ingen av utgangsoljene i blandingene kunne hatt nivåer over grenseverdiene. For «Complete Omega-3 med appelsinsmak» som inneholder 72% fiskeolje og 28% planteolje, ble det funnet at den opprinnelige planteoljen teoretisk kunne hatt nivåer av PCDD/F og PCDD/F+dl-PCB over grenseverdiene for vegetabilske oljer. Dette forutsetter imidlertid at den opprinnelige fiskeoljen i blandingen hadde betydelig lavere nivåer av disse forbindelsene enn planteoljen, noe som er lite sannsynlig siden fiskeoljer normalt har vesentlig *høyere* nivåer av organiske miljøgifter enn planteoljer (Jacobs m.fl., 2004; Måge m.fl., 2010; Martí m.fl., 2010; Roszko m.fl., 2012). I mangel av analysedata for de opprinnelige oljene kan vi ikke utelukke at den opprinnelige planteoljen har oversteget grenseverdiene for vegetabilske oljer, men sannsynligheten for dette er trolig likevel lav.

Blant de marine oljene analysert i 2018 var det også to marine oljer fremstilt fra mikroalger (*Schizochytrium* sp.). Begge disse oljene hadde, i likhet med en mikroalgeolje framstilt fra mikroalgen *Crypthecodinium cohnii* som ble analysert i 2017 (Nilsen og Sanden, 2018), svært lave nivåer av alle de organiske miljøgiftene som ble analysert. Nivåene for begge oljene lå godt under grenseverdiene for PCDD/F, PCDD/F+dl-PCB og PCB_6.

Resultatene for metaller viste at konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensene for alle oljene i denne undersøkelsen, i likhet med resultatene for nesten alle andre oljer som

tidligere er analysert i dette programmet. Bare en haileverolje analysert i 2017 og fire havmusleveroljer analysert i 2014, 2015 og 2016 hadde målbare, men svært lave konsentrasjoner av kvikksølv, og en hvalolje analysert i 2015 hadde et høyt innhold av bly på 0,57 mg/kg olje (Nilsen og Måge, 2015 og 2016; Nilsen m.fl., 2017, Nilsen og Sanden, 2018).

Det var stor variasjon i nivået av arsen i oljene som ble undersøkt. De høyeste nivåene ble funnet i krilloljen «Life k^3 krill oil», silderognoljen «Romega Arctic caviar oil» og den kaldpressede torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» som hadde nivåer på henholdsvis 4,4, 2,8 og 1,2 mg/kg olje. Disse nivåene lå innenfor det området som er vanlig å finne i ulike urensede fiskeoljer (0,2-19 mg/kg olje; Sele m.fl., 2012). Silderognoljer har ikke tidligere vært undersøkt, men konsentrasjonen av arsen i krilloljen stemte godt overens med tidligere resultater for krilloljer der nivåene av arsen har variert mellom 2,2 og 5,5 mg/kg olje (Julshamn og Frantzen, 2010, Julshamn m.fl., 2011, Måge m.fl., 2012, Julshamn m.fl., 2013a, Nilsen og Måge, 2014 og 2015). Konsentrasjonen i den kaldpressede torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver Oil» var imidlertid noe lavere enn nivåene i de to kaldpressede torskeleveroljene analysert i 2015 og 2016 som inneholdt henholdsvis 4,2 og 2,9 mg arsen/kg olje (Nilsen og Måge, 2016; Nilsen m.fl., 2017). Alle de øvrige oljene hadde svært lave konsentrasjoner av arsen mellom 0,013 og 0,027 mg/kg olje.

Det er sannsynlig at den store variasjonen i arsennivåer har sammenheng med hvilke rensemetoder som er benyttet ved framstilling av disse oljene. Arsen i marine oljer foreligger primært som arsenolipider (Schmeisser m.fl., 2005; Sele m.fl., 2012). Det er tidligere vist at rensede fiskeoljer inneholder mye lavere nivåer av arsen enn urensede fiskeoljer, noe som trolig skyldes at de renseprosedyrene som benyttes for å anrike omega-3 fettsyrene og redusere innholdet av organiske miljøgifter i oljene også bidrar til å redusere innholdet av arsenolipider (Schmeisser m.fl., 2005; Sele m.fl., 2013). Hvor mye av arsenolipidene som fjernes ved slik rensing vil trolig være avhengig både av rensemetoden og av i hvilken form arsenolipidene foreligger i den urensede oljen, men det var i denne undersøkelsen tydelig at oljene med lavest arsenkonsentrasjon for det meste var de samme oljene som hadde lavest konsentrasjon av dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB_6. Det er ikke kjent om arsenolipider foreligger i samme form(er) i de ulike marine oljene som er analysert i denne undersøkelsen.

Innholdet av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere i marine oljer har ikke tidligere vært undersøkt i dette programmet. Nye grenseverdier er imidlertid for tiden under utarbeidelse for summen av 3-MCPD og 3-MCPD-estere i både vegetabilske og marine oljer og for glysidylestere i marine oljer.

3-MCPD-estere og glysidylestere er ikke miljøgifter, men forbindelser som dannes under raffinering av oljer når oljene varmes opp til temperaturer over 200°C. Dersom kloridion er tilstede vil glyserol eller glyserolderivater som mono- og diglyserider i oljene kunne reagere og danne 3-MCPD-estere og glysidylestere (EFSA CONTAM panel 2016, Merkle m.fl., 2017, Zelinkova m.fl., 2006). Både raffineringsmetodene og nivåene av mono- og diglyserider i utgangsoljene vil kunne ha betydning for nivåene av 3-MCPD-estere og glysidylestere i de raffinerte oljene. I fordøyelsen vil disse forbindelsene brytes ned til 3-MCPD som kan ha toksisk effekt på nyrer og testikler og glysidol som kan ha genotoksiske og karsinogene effekter avhengig av dosen (EFSA CONTAM Panel, 2016). I en risikovurdering publisert i 2016 konkluderte EFSA (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) at eksponering for 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere fra mat er en potensiell helserisiko for barn under 10 år (EFSA CONTAM Panel, 2016).

Analyse av 3-MCPD-estere (3-MCPDE) og glysidylestere (GE) er komplisert, og en svakhet med metoden som benyttes i denne undersøkelsen er at GE ikke blir bestemt direkte, men i stedet blir beregnet fra differansen mellom konsentrasjonen av 3-MCPD+3-MCPDE+GE (uttrykt som 3-MCPD) som bestemmes med én metode og konsentrasjonen av 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) som bestemmes med en annen metode. For oljer der konsentrasjonen av GE er lav i forhold til 3-MCPD+3-MCPDE, kan måleusikkerheten i metodene medføre at målt konsentrasjon av sum 3-MCPD+3-MCPDE kan bli lik eller høyere enn målt konsentrasjon av sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE, og i slike tilfeller er det ikke mulig å beregne en konsentrasjon for GE. Dette var tilfelle for fire av oljene som ble undersøkt i dette arbeidet, det vil si begge de to oljene fremstilt av marine mikroalger «Nycoplus vegetabilsk omega-3» og «DFI Vegetabilske omega-3 algeolje», blandingsoljen «Eye Q flytende sitron» og den kaldpressede torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver oil». En annen svakhet med metoden som ble benyttet i denne undersøkelsen var at metoden i ettertid viste seg å ikke være egnet for krilloljer. Krilloljer inneholder naturlig høyere

nivåer av fosfolipider, frie fettsyrer og mono- og di-glyserider enn andre marine oljer, som interferer i analysen og kan føre til overestimering av konsentrasjonen av sum 3-MCPD+3-MCPDE og GE i slike oljer. Nivåene av disse forbindelsene i krilloljen «Life k^3 krill oil» kunne derfor ikke bestemmes i denne undersøkelsen.

Det var stor variasjon i nivåene av både sum 3-MCPD+3-MCPDE som varierte mellom <100 µg/kg og 2300 µg/kg og glysidylestere som varierte mellom 67 og 410 µg/kg i de marine oljene som ble undersøkt. Det laveste nivået av sum 3-MCPD+3-MCPDE, <100 µg/kg, ble funnet i den kaldpressede torskeleveroljen «Rosita Extra Virgin Cod Liver oil». Konsentrasjonen av GE kunne ikke beregnes for denne oljen, men var trolig svært lav siden også summen av 3-MCPD+3-MCPDE+GE var under 100 µg/kg. At konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE og GE er svært lave i denne oljen stemmer godt overens med at dette er en uraffinert, kaldpresset olje, og tilsvarende lave nivåer av disse forbindelsene er tidligere funnet i urensede fiskeoljer fra en rekke ulike fiskearter (Merkle m.fl., 2017). Alle de øvrige åtte oljene som ble målt hadde nivåer av sum 3-MCPD+3-MCPDE mellom 420 og 2300 µg/kg (0,42-2,3 mg/kg) som er tilsvarende det som tidligere er funnet i raffinerte fiskeoljer. Kommersielle, raffinerte marine fiskeoljer er tidligere undersøkt av Merkle m.fl. (2017), Kuhlmann (2011) og Jedrkiewicz m.fl. (2016) som fant nivåer av 3-MCPDE på henholdsvis mellom 160 og 2800 µg/kg, mellom 700 og 13 000 µg/kg og mellom 1500 og 5500 µg/kg i til sammen 20 ulike fiskeoljer. De fleste oljene i denne undersøkelsen, inkludert alle de fire marine oljene som var spesielt merket til bruk for barn, hadde nivåer av sum 3-MCPD+3-MCPDE under 900 µg/kg, betydelig lavere enn 2500 µg/kg som er foreslått som ny grenseverdi for denne summen i marine oljer. Bare de to oljene framstilt fra marine mikroalger, dvs «Nycoplus vegetabilsk omega-3» og «DFI Vegetabilsk Omega-3 algeolje» hadde høyere nivåer på henholdsvis 1400 og 2300 µg/kg. Dette var betydelig høyere enn nivåene i alle de andre oljene som ble undersøkt, men likevel under den foreslåtte nye grenseverdien.

Nivåene av GE i de fem oljene der GE ble beregnet var forholdsvis lave, med nivåer mellom 67 og 410 µg/kg som er klart lavere enn den foreslåtte generelle grenseverdien for marine oljer på 1000 µg/kg. Nivåene av GE i disse oljene lå innenfor det som er funnet i tidligere studier av raffinerte fiskeoljer der Merkle m.fl. (2017) fant nivåer mellom 60 og 1000 µg/kg, og Kuhlmann (2011) fant nivåer mellom <100 og 1200 µg/kg.

5 - Konklusjon/Conclusion

Det var store forskjeller i nivået av miljøgifter i de ulike marine oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde nivåer over grenseverdiene for organiske miljøgifter i marine oljer til humant konsum. To blandingsoljer av fisk- og planteoljer som ble undersøkt oversteg heller ikke de lavere grenseverdiene som gjelder for vegetabilske oljer. Som tidligere år, ble det også i årets undersøkelse funnet en tydelig forskjell i nivåene av miljøgifter mellom en kaldpresset olje og de øvrige oljene, med høyere nivåer i den kaldpressede oljen. De øvrige oljene som ble analysert hadde, i likhet med de fleste oljer som tidligere er analysert i dette overvåkningsprogrammet, lave konsentrasjoner av miljøgifter, med nivåer til dels langt under grenseverdiene som gjelder for marine oljer og kosttilskudd til humant konsum i EU og Norge. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere som ble undersøkt for første gang i dette programmet, varierte også mye mellom oljene. De høyeste nivåene av 3-MCPD+3-MCPD-estere ble funnet i to marine mikroalgeoljer, men ingen av oljene hadde nivåer over verdien som er foreslått som ny grenseverdi for disse forbindelsene i marine oljer. Nivåene av glysidylestere var forholdsvis lave i alle oljene der glysidylestere ble bestemt, og ingen av oljene hadde nivåer over verdien som er foreslått som ny grenseverdi for glysidylestere i marine oljer.

6 - Anbefalinger/Recommendations

Ut fra funnene i undersøkelsene som er gjennomført de fem siste årene, bør prøvetaking av sjeldne oljer og kaldpressede oljer fremdeles inkluderes i dette programmet for å undersøke om det finnes flere slike oljer med høye nivåer av organiske miljøgifter. Bestemmelse av nivåer av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere i oljene bør fortsatt inkluderes i programmet, for å øke kunnskapen om nivåene av disse forbindelsene i marine oljer.

7 - Referanser/References

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) (2016).Scientific opinion on the risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol(MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. EFSA Journal 2016; 14(5):4426, 159 sider. Doi:10.2903/j.efsa.2016.4426.

EU (2018). Commission regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. Consolidated version 19.03.18. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20180319&from=EN

EU (2017). Commission regulation (EU) 2017/644 of 5 April 2017 laying down methods of sampling and analysis for the control of levels of dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in certain foodstuffs and repealing regulation (EU) No 589/2014. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0644&from=EN

FOR-2015-07-03-870: Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler, § 3 Gjennomføring av forordning (EF) nr. 1881/2006. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870

FOR-2018-07-09-1164: Forskrift om endring i forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-07-09-1164

Jacobs, M.N., Covaci, A., Gheorghe, A., and Schepens, P. (2004) Time Trend Investigation of PCBs, PBDEs, and Organochlorine Pesticides in Selected n−3 Polyunsaturated Fatty Acid Rich Dietary Fish Oil and Vegetable Oil Supplements; Nutritional Relevance for Human Essential n−3 Fatty Acid Requirements. *J. Agric. Food Chem*. **52**, 1780−1788.

Jedrkiewicz, R., Głowacz, A., Gromadzka, J. og Namiesnik, J. (2016). Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market. *Food Control* **59**, 487-492. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.039

Julshamn, K., Øygard, J. og Måge, A. (2008) Rapport 2007 for kartleggingsprosjektene: Dioksiner, dioksinlignende PCB og andre PCBer i fiskevarer og konsumferdige fiskeoljer, bromerte flammehemmere og andre nye miljøgifter i sjømat og tungmetaller i sjømat. NIFES-rapport, 31 sider.

Julshamn, K. og Frantzen, S. (2009) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2008 - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i oljer, makrell, ål og Svolværpostei. NIFES-rapport, 26 sider.

Julshamn, K. og Frantzen, S. (2010) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2009 - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB_7, arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen i oljer til humant konsum. NIFES-rapport, 13 sider.

Julshamn, K., Frantzen, S., Valdersnes, S. og Lunestad, B.T. (2011). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2010-en rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB7, polybromerte flammehemmere (PBDE), perfluorerte alkylstoffer (PFAS), tungmetaller og Salmonella i oljer til humant konsum, brisling og brilsingprodukter. NIFES-rapport, 30 sider.

Julshamn, K., Duinker, A., Valdersnes, S., Lunestad, B.T. og Måge, A. (2013a). Mattilsynets program: Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2012. - Undersøkelse av fremmedstoffer i kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*) og oljer. NIFES-rapport, 28 sider.

Julshamn, K., Duinker, A., Berntssen, M., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Maage, A. (2013b). A baseline study on levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, non-ortho and mono-ortho PCBs, non-dioxin-like PCBs and polybrominated diphenyl ethers in in Northeast Arctic cod (Gadus morhua) from different parts of the Barents Sea. *Mar. Pollut. Bull* **75**, 250-258.

Kuhlmann, J. (2011). Determination of bound 2,3-epoxy-1-propanol (glycidol) and bound monochloropropanediol

(MCPD) in refined oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **113**, 335-344. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ejlt.201000313

Martí, M., Ortiz, X. Gasser, M., Martí, R., Montaña, M.J. and Díaz-Ferrero, J. (2010) Persistent organic pollutants (PCDD/Fs, dioxin-like PCBs, marker PCBs, and PBDEs)in health supplements on the Spanish market. *Chemosphere* **78**, 1256–1262.

Merkle, S.; Giese, E., Rohn, S., Karl, H., Lehmann, I., Wohltmann, A. og Fritsche, J. (2017) Impact of fish species and processing technology on minor fish oil components. *Food control* **73**, 1379-1387. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.003.

Måge, A., Julshamn, K., Espe, M. og Lunestad, B.T. (2010) Årsrapport 2008 og 2009-Overvakingsprogram for fôrvarer til fisk og andre akvatiske dyr. NIFES-rapport, 69 sider.

Måge, A., Bjelland, O., Olsvik, P., Nilsen, B. og Julshamn, K. (2012) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2011: Kvikksølv i djupvassfisk og skaldyr frå Hardangerfjorden samt miljøgifter i marine oljer. NIFES-rapport, 31 sider.

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2014) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2013: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport, 16 sider.

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2015) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2014: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-28-1), 18 sider.

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2016) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2015: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-42-7), 21 sider.

Nilsen, B.M., Kjell Nedreaas og Måge, A. (2016). Kartlegging av fremmedstoffer i Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*). Sluttrapport for programmet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2013-2015. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-43-4), 81 sider.

Nilsen, B.M., Sanden, M. og Måge, A. (2017) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2016: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-50-2), 21 sider.

Nilsen, B.M. og Sanden, M. Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2017 - Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer til humant konsum. Rapport fra Havforskningen Nr 29-2018 (ISSN 1893-4536 (online)).

Roszko, M., Szterk, A., Szymczyk, K. and Waszkiewicz-Robak, B. (2012) PAHs, PCBs, PBDEs and Pesticides in Cold-Pressed Vegetable Oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **89**, 389–400.

Schmeisser, E., Goessler, W., Kienzl, N. og Francesconi, K.A. (2005). Direct measurement of lipid-soluble arsenic species in biological samples with HPLC-ICPMS. *Analyst.* **130**, 948-955.

Sele, V., Sloth, J., Lundebye, A.-K.; Larsen, E.H., Berntssen, M.H.G. og Amlund, H. (2012). Arsenolipids in marine oils and fats: A review of occurrence, chemistry and future research needs. In: *Food Chemistry* **Vol. 133**, No.3, pp 618-630.

Sele, V., Amlund, H., Berntssen, M.H.G., Berntzen, J., Skov, K. og Sloth, J. (2013). Detection of arsenic-containing hydrocarbons in a range of commercial fish oils by GC-ICPMS analysis. *Anal Bioanal Chem* **405**, 5179-5190.

Zelinková, Z., Svejkovská, B., Velíšek, J. og Doležal, M. (2006) Fatty acid esters of 3-chloropropane-1,2-diol in edible oils. *Food Additives and Contaminants*, **23**:12, 1290-1298, DOI: 10.1080/02652030600887628

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
E-post: post@hi.no
www.hi.no