



MILJØGIFTER I FISK OG FISKEVARER 2020

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

Bente Nilsen, Martin Wiech og Monica Sanden (HI)



Tittel (norsk og engelsk):

MILJØGIFTER I FISK OG FISKEVARER 2020
Contaminants in fish and fish products 2020

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:

Rapport fra havforskningen
ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2021-36

Dato:

02.09.2021

Forfatter(e):

Bente Nilsen, Martin Wiech 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:

15462

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Oppdragsgivers referanse:

M17120 Tiltaksnummer 43390

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

19

Sammendrag (norsk):

Ti ulike marine oljer til humant konsum, ni fiskeoljer og en mikroalgeolje, 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 oljene som ble undersøkt, men ni av de ti oljene hadde nivåer som lå under gjeldende øvre grenseverdier i Norge og EU for lovlig omsetning av marine oljer. Én av oljene, en fiskeolje framstilt fra havmus og laks, hadde imidlertid konsentrasjoner av organiske miljøgifter som oversteg både EUs og Norges grenseverdi for sum dioksiner og Norges øvre grenseverdi for sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Konsentrasjonene av tungmetallene kvikksølv, kadmium og bly var lave i alle oljene som ble undersøkt, og ingen av oljene hadde nivåer over gjeldende øvre grenseverdier for tungmetaller i kosttilskudd. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPDE og glysidylestere varierte mye mellom oljene, men ingen av oljene hadde nivåer av sum 3-MCPD+3-MCPDE over grenseverdien som ble innført i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021. Én av oljene, en høykonsentrert fiskeolje framstilt fra ansjos og sardin, hadde imidlertid en svært høy konsentrasjon av glysidylestere som var 12 ganger høyere enn grenseverdien for glysidylestere i marine oljer, gjeldende i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021. Oljen var imidlertid innkjøpt i november 2020, før grenseverdien trådte i kraft, og var derfor ikke ulovlig å omsette på kjøpstidspunktet. De øvrige oljene som ble undersøkt, hadde alle nivåer av glysidylestere under den nylig innførte grenseverdien.

Sammendrag (engelsk):

Ten different marine oils for human consumption; nine fish oils and one microalgae oil, 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 for nine of the ten oils the levels were below the EU and Norwegian maximum levels for these contaminants in marine oils. But one of the oils, a fish oil prepared from ratfish and salmon, had concentrations of organic contaminants that exceeded both the EU and Norwegian maximum level for sum dioxins and the Norwegian maximum level for sum dioxins and dioxin-like PCBs. The concentrations of the heavy metals mercury, cadmium and lead were low in all the oils investigated, and none of the oils had levels above the maximum levels for heavy metals in food supplements. There was a large variation in the levels of 3-MCPD, 3-MCPD esters and glycidyl esters between the oils, but none of the oils exceeded the new maximum levels for sum 3-MCPD+3-MCPDE in marine oils for human consumption, applicable in EU from 1 January 2021 and in Norway from March 2021. On the other hand, one of the oils, a concentrated fish oil prepared from anchovies and sardines, had a very high concentration of glycidyl esters 12 times higher than the new maximum level for glycidylesters in marine oils which was applied in EU from 1 January 2021 and in Norway from March 2021. Since this oil was purchased in November 2020, before the maximum level came into force, the oil was not illegal to trade at the time of purchase. The other nine oils investigated, all had levels of glycidyl esters below the new maximum level.

Innhold

1	Innledning	5
2	Materiale og Metoder	6
2.1	Prøveinnsamling og -oppbeiding	6
2.2	Analysen	6
3	Resultater	8
3.1	Dioksiner og dioksinlignende PCB	8
3.2	Ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og polybromerte flammehemmere (PBDE7)	9
3.3	Metaller	10
3.4	MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere	11
4	Diskusjon	13
5	Konklusjon	16
6	Referanser	17

1 - Innledning

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-kommisjonen 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., 2013), Atlantisk kveite (Nilsen m.fl., 2016) og snabeluer/vanlig uer (Nilsen m.fl., 2020). 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., 2013, Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016, Nilsen m.fl., 2017, Nilsen og Sanden, 2018 og 2019, Nilsen m.fl., 2020).

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. Overvåking 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. Fra 2018 har også innholdet av 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-fettsyreestere (3-MCPDE) og glysidylfetsyreestere (GE) vært undersøkt 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). For vegetabiliske oljer ble en grenseverdi for GE uttrykt som glysidol innført i EU fra februar 2018 (EU, 2020) og i Norge fra juli 2018 (FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Nye grenseverdier for sum 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) i marine og vegetabiliske oljer, og for GE (uttrykt som glysidol) i marine oljer ble innført i EU fra 1. januar 2021 (EU, 2020), og denne forordningen ble gjennomført i norsk forskrift i mars 2021 (FOR-2021-03-22-943 *Forskrift om endring i forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

I perioden 2007-2019 har totalt 154 prøver av kommersielle marine oljer til humant konsum vært analysert i dette overvåkingsprogrammet. Både fiskeoljer, seloljer, krilloljer, raudåteolje, hvalolje og oljer framstilt fra marine mikroalger 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. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere er undersøkt for 20 marine oljer i 2018 og 2019, og resultatene viste at nivåene lå under de øvre grenseverdiene som nå er fastsatt for disse forbindelsene i marine oljer.

Denne rapporten omhandler resultater for de ti marine oljene som er kjøpt inn i 2020. Ni fiskeoljer (fra torskelever, havmus, havmus/laks, hailever, ansjos, ansjos/sardin og ansjos/sardin/makrell) samt en marin mikroalgeolje (fra *Schizochytrium* sp.) ble analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB6), polybromerte flammehemmere (PBDE7), arsen, kvikksølv, kadmium, bly, selen, sum 3-MCPD og 3-MCPDE og GE uttrykt som glysidol.

2 - Materiale og Metoder

2.1 - Prøveinnsamling og -opparbeiding

Det ble kjøpt inn ti ulike marine oljer til humant konsum fra ulike nettbutikker, apotek og en helsekostbutikk i Bergen i november 2020 av personell fra Havforskningsinstituttet. De ti oljene var ni fiskeoljer og én marin mikroalgeolje (tabell 1).

Table 1. Product names and other information about the marine oils analysed. The oils were purchased from online stores and from pharmacies and a health food store in Bergen in November 2020.

Product name	Manufacturer	Sample type (source) ^{a)}	Formulation
Havfruenes Tran	Havfruenes mermaids	Fish oil (cod liver)	Liquid
Children's DHA strawberry	Nordic naturals	Fish oil (cod liver)	Liquid
Bioform Omega-3 olje	Bioform AS	Fish oil (70% ratfish oil, 30% salmon oil)	Liquid
Bioform Sølvhaiolje	Bioform AS	Fish oil (ratfish)	Capsules
Swanson Ultra Shark liver oil	Urtesenteret (Distributor)	Fish oil (shark liver)	Capsules
Pikasol Høykonsentrert Omega-3	Orkla Health AS	Fish oil (anchovies)	Capsules
Triomar Hjerne Omega-3	Orkla Health AS	Fish oil (anchovies)	Capsules
Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg	Takeda AS	Fish oil (anchovies, sardine, mackerel)	Capsules
Metode Omega-3 Høykonsentrert	Apotek1	Fish oil (anchovies, sardine)	Capsules
Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3	Möller's Pharma	Microalgae oil (<i>Schizochytrium</i> sp.)	Capsules

^{a)} Information found on the product packaging or obtained from the manufacturer.

Tre av de marine oljene var i væskeform og ble analysert som de var. Syv av de marine oljene var i kapselform, og for disse ble kapslene åpnet og oljen inne i kapslene ble tatt ut og analysert.

2.2 - Analyser

Oljeprøvene ble analysert for følgende analytter: dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB6), PCB7, polybromerte difenyletere (PBDE7), 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.

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, 2020; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

Ved bestemmelse av ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) ble følgende seks kongenere kvantifisert: PCB-28, -52, -101, -138, -153 og -180. Sum PCB6 ble beregnet med upperbound LOQ slik regelverket krever når verdiene skal vurderes opp mot EUs og Norges øvre grenseverdier. Metoden for bestemmelse av polybromerte difenyletere (PBDE) kvantifiserer ti ulike kongenere av PBDE, inkludert syv kongenere som summeres til en "standard sum PBDE7" (PBDE-28, -47, -99, -100, -153, -154 og -183). Sum PBDE7 ble beregnet med upperbound LOQ.

Fettinnhold ble bestemt ved gravimetri etter ekstraksjon med etylacetat.

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).

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 ^{b)}
Cadmium	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg oil	30 ^{b)}
Mercury	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg oil	25 ^{b)}
Lead	ICP-MS	Yes	0.03 mg/kg oil	25 ^{b)}
Selenium	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg oil	25 ^{b)}
PCDDs and PCDFs	HRGC/HRMS	Yes	0.2-2.0 pg/g oil ^{a)}	25 ^{c)}
Non-ortho PCBs	HRGC/HRMS	Yes	0.8 pg/g oil	25 ^{c)}
Mono-ortho PCBs	GC-MSMS	Yes	60-240 pg/g oil ^{a)}	25 ^{c)}
PCB6	GC-MS MS	Yes	0.25-0.4 ng/g oil ^{a)}	30 ^{c)}
PBDE7	GC-MSMS	Yes	0.025-0.2 ng/g oil ^{a)}	30
Fat content	Gravimetry-ethyl acetate	Yes	0.1 g/100 g oil	5 ^{d)}
3-MCPD and 3-MCPDE ^{e)}	GC-MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg	25-39
GE expressed as glycidol (calculated) ^{f)}	GC-MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg	50-53

^{a)} Depending on analyte.

^{b)} Measurement uncertainty (MU) at concentrations above 10xLOQ. At lower concentrations, MU is higher (70% for mercury and 40% for the other elements).

^{c)} MU for sum TEQ 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%).

^{d)} MU at concentrations between 5 and 100 g/100 g. At lower concentration, MU is higher (10-15%).

^{e)} Determined by Eurofins Food and Feed Testing using method DGF-C-VI 18 (10) Part B

^{f)} 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.

3 - Resultater

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 helsekostbutikk og apotek i Bergen i 2020. Konsentrasjonene av alle summer som er oppgitt i tabell 3 er beregnet med upperbound LOQ slik regelverket krever når summene skal vurderes opp mot grenseverdiene.

Table 3. Concentrations of fat, dioxins (PCDD), furans (PCDF), sum of dioxins and furans (PCDD/F), non-ortho PCBs, mono-ortho PCBs, sum of dioxin-like PCBs (dl-PCBs) and the overall sum PCDD/F+dl-PCB in marine oil samples for human consumption purchased from online stores and from pharmacies and a health food store in Bergen in 2020. 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 -----						
Havfruenes Tran	108	0.51	0.12	0.63	0.041	0.014	0.056	0.69
Children's DHA strawberry	107	0.34	0.12	0.45	0.020	0.014	0.033	0.49
Bioform Omega-3 olje ^{b)}	102	0.85	1.6	2.4	3.1	0.33	3.4	5.8
Bioform Sølvhaiolje	102	0.56	0.50	1.1	1.8	0.13	1.9	3.0
Swanson Ultra Shark liver oil	102	1.1	0.31	1.4	0.14	0.027	0.17	1.5
Pikasol Høykonsentrert Omega-3	108	0.41	0.099	0.51	0.17	0.014	0.18	0.69
Triomar Hjerne Omega-3	108	0.34	0.10	0.44	0.23	0.015	0.25	0.69
Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg	107	0.38	0.099	0.48	0.022	0.015	0.037	0.51
Metode Omega-3 Høykonsentrert	102	0.69	0.15	0.85	0.14	0.020	0.16	1.0
Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3	109	0.64	0.11	0.75	0.059	0.014	0.073	0.82
Max. level for marine oils, EU				1.75				6.0
Max. level for marine oils, Norway				1.75				4.0

^{a)} Due to measurement uncertainty, some oils show values for fat content above 100 g/100 g product.

^{b)} Due to concentrations above the maximum levels, this oil was analysed twice, and the results shown in the table are mean values of the replicate samples.

Konsentrasjonene av sum PCDD/F for de ti undersøkte oljene varierte mellom 0,44 og 2,4 ng TE/kg fett (tabell 3). For ni av oljene lå konsentrasjonene klart under grenseverdien på 1,75 ng TE/kg fett som gjelder for marine oljer til humant konsum (EU, 2020; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*), men for én olje, havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje», var konsentrasjonen av sum PCDD/F på 2,4 ng TE/kg fett klart over denne grenseverdien.

Også konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB varierte mye mellom oljene, med verdier mellom 0,51 og 5,8 ng TE/kg fett (tabell 3). Igjen lå konsentrasjonene for ni av oljene klart under gjeldende grenseverdier for sum PCDD/F+dl-PCB i marine oljer. Én av oljene, havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje», hadde imidlertid en konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB på 5,8 ng TE/kg fett som er over Norges øvre grenseverdi på 4,0 ng TE/kg fett (FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*), men ikke over EUs øvre grenseverdi på 6,0 ng TE/kg fett (EU, 2020).

«Bioform Omega-3 olje» oversteget både grenseverdien for sum PCDD/F (gjeldende i både Norge og EU) og den norske

grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Dersom vi, i henhold til EU forordning 2017/644 (EU, 2017) og *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*, tar hensyn til og trekker fra måleusikkerheten til metoden som er på 25 % i dette konsentrasjonsområdet, vil denne oljen fremdeles overskride begge disse grenseverdiene. Oljen ble analysert to ganger, og reanalysen bekreftet resultatet fra den første analysen. Verdiene som er oppgitt i tabell 3 for denne oljen er gjennomsnittsverdier for de to analysene.

Blant de ni oljene som *ikke* oversteg grenseverdiene, ble de høyeste konsentrasjonene av dioksiner og dioksinlignende PCB funnet i havmusoljen «Bioform Sølvhaiolje» og haileveroljen «Swanson Ultra Shark liver oil» som hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F på henholdsvis 1,1 og 1,4 ng TE/kg fett, og konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB på henholdsvis 3,0 og 1,5 ng TE/kg fett. De øvrige oljene hadde lavere konsentrasjoner på 0,44–0,85 TE/kg fett for sum PCDD/F og 0,49–1,0 ng TE/kg fett for sum PCDD/F+dl-PCB.

3.2 - Ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og polybromerte flammehemmere (PBDE7)

Konsentrasjonen av sum ikke-dioksinlignende PCB (PCB6), PCB7 og sum polybromerte difenyletere (PBDE7) i de ti ulike produktene av marine oljer er vist i tabell 4. Resultater er vist for både PCB6 og PCB7 da EU og Norge har grenseverdier for innholdet av PCB6 i matvarer mens PCB7 (PCB6 + PCB-118) ikke har egen grenseverdi, men har vært rapportert tidligere og derfor er inkludert for å lette sammenligning med tidligere data. PCB7 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 summer som er oppgitt i tabell 4 er beregnet med upperbound LOQ slik regelverket krever for PCB6 når summene skal vurderes opp mot grenseverdiene.

Table 4. Concentrations of non-dioxin-like PCBs (sum PCB6: PCB-28, 52, 101, 138, 153 and 180), sum PCB7 (PCB6 + PCB-118) and polybrominated diphenyl ethers (sum PBDE7: PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183) in marine oil samples for human consumption purchased from online stores and from pharmacies and a health food store in Bergen in 2020. Sums PCB6, PCB7 and PBDE7 were calculated using upperbound LOQ.

Product	PCB6	PCB7	PBDE7
	----- µg/kg fat -----		
Havfruenes Tran	1.3	1.5	1.1
Children's DHA strawberry	1.1	1.3	1.1
Bioform Omega-3 olje ^{a)}	80	88	4.5
Bioform Sølvhaiolje	19	22	2.0
Swanson Ultra Shark liver oil	8.3	8.6	1.1
Pikasol Høykonsentrert Omega-3	1.2	1.3	0.41
Triomar Hjerne Omega-3	1.3	1.4	0.43
Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg	1.2	1.3	0.43
Metode Omega-3 Høykonsentrert	3.9	4.2	0.83
Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3	1.1	1.2	0.41
Maximum level for marine oils in EU and Norway	200	-	-

^{a)} Due to concentrations of dioxins and dioxin-like PCBs above the maximum levels, this oil was analysed twice for all organic contaminants including PCB6, PCB7 and PBDE7. The results shown in the table are mean values of the replicate samples.

Det var stor variasjon i konsentrasjonen av PCB6 (1,1 til 80 µg/kg fett) og PCB7 og noe mindre variasjon i konsentrasjonen av PBDE7 (0,41 til 4,5 µg/kg fett) mellom oljene. De høyeste konsentrasjonene av PCB6 og PCB7 ble funnet i havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» og havmusoljen «Bioform Sølvhaiolje», men konsentrasjonene av PCB6 på henholdsvis 80 og 19 µg/kg fett i disse oljene var likevel langt under EUs og Norges grenseverdi for marine oljer på 200 µg/kg fett (EU, 2020; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Haileveroljen «Swanson Ultra Shark liver oil» hadde en konsentrasjon av PCB6 på 8,3 µg/kg fett, mens alle de de

Øvrige oljene hadde svært lave konsentrasjoner av sum PCB6, under 4,0 µg/kg fett.

Også for PBDE ble de høyeste konsentrasjonene funnet i havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» og havmusoljen «Bioform Sølvhaiolje» som hadde konsentrasjoner av sum PBDE7 på henholdsvis 4,5 og 2,0 µg/kg fett. Alle de øvrige oljene hadde konsentrasjoner på 1,1 µg/kg fett eller lavere.

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, 2020; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

Table 5. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, lead and selenium in oil samples for human consumption purchased from online stores and from pharmacies and a health food store in Bergen in 2020.

Product	Arsenic	Cadmium	Mercury	Lead	Selenium
	----- mg/kg wet weight -----				
Havfruenes Tran	0.20	< 0.005	< 0.005	0.028	0.27
Children's DHA strawberry	0.14	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.33
Bioform Omega-3 olje	21	< 0.004	0.042	< 0.02	0.52
Bioform Sølvhaiolje	5.2	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.13
Swanson Ultra Shark liver oil	0.45	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.27
Pikasol Høykonsentrert Omega-3	0.010	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.058
Triomar Hjerne Omega-3	0.042	0.018	< 0.004	< 0.02	0.076
Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg	0.018	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.063
Metode Omega-3 Høykonsentrert	0.11	< 0.004	< 0.004	< 0.02	< 0.008
Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3	0.010	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.011
Maximum level in EU and Norway	-	1.0	0.10	3.0	-

Konsentrasjonen av bly var svært lav og lå under eller like over kvantifiseringsgrensen i alle oljene som ble undersøkt, og dermed langt under den øvre grenseverdien som gjelder for bly i kosttilskudd både i EU og Norge. For ni av de ti oljene var også konsentrasjonene av kvikksølv og kadmium svært lave og lå under kvantifiseringsgrensene på 0,004–0,005 mg/kg våtvekt i alle ni oljer. Den konsentrerte fiskeoljen, «Triomar Hjerne Omega-3» hadde en målbar konsentrasjon av kadmium, men konsentrasjonen var lav og langt lavere enn den øvre grenseverdien for kadmium i kosttilskudd på 1,0 mg/kg våtvekt. Havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» hadde en betydelig høyere konsentrasjon av kvikksølv enn de øvrige oljene, men konsentrasjonen i denne oljen på 0,042 mg/kg våtvekt lå likevel klart under den øvre grenseverdien for kvikksølv i kosttilskudd på 0,10 mg/kg våtvekt.

Konsentrasjonen av arsen varierte mellom 0,010 og 21 mg/kg våtvekt. De høyeste konsentrasjonene av arsen ble funnet i havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» som hadde en konsentrasjon på 21 mg/kg våtvekt, og i havmusoljen «Bioform Sølvhaiolje» med en konsentrasjon på 5,2 mg/kg våtvekt. De øvrige oljene hadde lave konsentrasjoner av arsen på 0,45 mg/kg våtvekt eller lavere. Det er ikke fastsatt noen grenseverdi for arsen i oljer til human konsum.

Konsentrasjonen av selen varierte mye mellom oljene. Havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» hadde den høyeste konsentrasjonen av selen på 0,52 mg/kg våtvekt, mens de fire høykonsentrerte fiskeoljene og mikroalgeoljen «Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3» hadde svært lave selenkonsentrasjoner mellom <0,008 og 0,076 mg/kg våtvekt.

3.4 - 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 den beregnede konsentrasjonen av GE uttrykt som glysidol er også oppgitt i tabellen.

Nye grenseverdier for sum 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) i marine og vegetabiliske oljer, og for GE (uttrykt som glysidol) i marine oljer ble innført i EU fra 1. januar 2021 (EU, 2020) og i Norge fra mars 2021 (FOR-2021-03-22-943 *Forskrift om endring i forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). For vegetabiliske oljer ble en grenseverdi for GE uttrykt som glysidol innført i EU fra februar 2018 (EU, 2020) og i Norge fra juli 2018 (FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Siden oljene som er undersøkt i dette arbeidet ble innkjøpt i november 2020, før de nye grenseverdiene trådte i kraft, er kun grenseverdien for GE i vegetabiliske oljer oppført i tabell 6.

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 stores and from pharmacies and a health food store in Bergen in 2020. 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 was calculated from the difference between the two sums and is expressed as glycidol.

Product	Sum 3-MCPD+3-MCPDE (expressed as 3-MCPD)	Sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE (expressed as 3-MCPD)	GE (expressed as glycidol) (calculated)
	----- µg/kg -----		
Havfruenes Tran	200	740	600
Children's DHA strawberry	290	640	390
Bioform Omega-3 olje	< 100	< 100	< 100
Bioform Sølvhaiolje	< 100	< 100	< 100
Swanson Ultra Shark liver oil	380	1200	920
Pikasol Høykonsentrert Omega-3	1200	1200	< 100
Triomar Hjerne Omega-3	860	810	< 100
Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg	350	360	< 100
Metode Omega-3 Høykonsentrert ^{a)}	1150	12000	12000
Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3	< 100	< 100	< 100
Maximum level for vegetable oils in EU	-	-	1000

^{a)} Due to high levels of GE, this oil was analysed twice, and the results shown in the table are mean values of the replicate samples.

Resultatene viser at konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE varierte mellom de ulike oljene. De to fiskeoljene «Bioform Omega-3 olje» og «Bioform Sølvhaiolje» samt mikroalgeoljen «Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3» hadde lave konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg. De øvrige fiskeoljene hadde konsentrasjoner av 3-MCPD+3-MCPDE mellom 200 og 1200 µg/kg, med de høyeste konsentrasjonene i de tre høykonsentrerte fiskeoljene «Pikasol Høykonsentrert Omega-3», «Triomar Hjerne Omega-3» og «Metode Omega-3 Høykonsentrert». Ingen av fiskeoljene hadde konsentrasjoner av 3-MCPD+3-MCPDE over 2500 µg/kg, som er den nye grenseverdien for sum 3-MCPD+3-MCPDE som ble gjeldende i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021.

De beregnede konsentrasjonene av GE uttrykt som glysidol varierte svært mye mellom oljene. Fem av fiskeoljene og mikroalgeoljen hadde svært lave konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen for metoden på 100 µg/kg.

Mikroalgeoljen «Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3» hadde dermed en konsentrasjon av glysidol langt under grenseverdien for vegetabiliske oljer på 1000 µg/kg. Konsentrasjonen av glysidol i de øvrige fire fiskeoljene varierte mellom 390 og 12 000 µg/kg, med den høyeste konsentrasjonen i den høykonsentrerte fiskeoljen «Metode Omega-3 Høykonsentrert». Denne oljen ble analysert to ganger, reanalysen bekreftet resultatet fra den første analysen, og verdiene som er oppgitt i tabell 6 for denne oljen er gjennomsnittsverdier for de to analysene. Konsentrasjonen av glysidol i denne oljen på 12 000 µg/kg, var 12 ganger høyere enn grenseverdien for glysidol i marine oljer på 1000 µg/kg som ble gjeldende i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021. Oljene som er undersøkt i dette arbeidet ble imidlertid innkjøpt i november 2020, før de nye grenseverdiene trådte i kraft. Haileveroljen «Swanson Ultra Shark liver oil» hadde også en forholdsvis høy konsentrasjon av glysidol på 920 µg/kg, like under den nye grenseverdien.

4 - Diskusjon

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 PCB6 varierte mye mellom oljene med verdier fra 1,1 til 80 µg/kg fett, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner over den øvre grenseverdien for PCB6 på 200 µg/kg fett som gjelder for marine oljer til humant konsum i Norge og EU.

Også konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB varierte mye mellom oljene, og for ni av oljene lå konsentrasjonene under Norges og EUs grenseverdier på henholdsvis 4,0 og 6,0 ng TE/kg fett. Én av oljene, havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje», hadde imidlertid en konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB på 5,8 ng TE/kg fett som er over Norges øvre grenseverdi på 4,0 ng TE/kg fett (FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Den andre havmusoljen som ble analysert i dette arbeidet «Bioform Sølvhaiolje » hadde også en forholdsvis høy konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB på 3,0 ng TE/kg fett, selv om nivået var klart under grenseverdien. En tidligere batch av denne havmusoljen ble undersøkt i dette programmet i 2014, og hadde den gang overskridelser av grenseverdiene for både sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB (Nilsen og Måge, 2015). Vi har også tidligere funnet høye verdier av sum PCDD/F+dl-PCB i flere andre oljer fremstilt fra havmuslever. To havmusleveroljer analysert i 2014, en havmusleverolje analysert i 2015 og en havmusleverolje i 2016 har alle hatt overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter (Nilsen og Måge, 2015 og 2016, Nilsen m.fl. 2017). Av totalt syv havmus- og havmus/laks-oljer som har vært analysert i dette programmet mellom 2014 og 2020, har fem hatt konsentrasjoner av organiske miljøgifter over grenseverdiene.

Den store variasjonen i innholdet av organiske miljøgifter mellom de ulike marine oljene som ble undersøkt, reflekterer trolig både hvilket råstoff som er benyttet til oljene (ulike typer fisk, mikroalger), hvilket område råstoffene er hentet fra og graden av rensing av oljene. Blant de totalt 154 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, raudåteolje, én hvalolje og oljer framstilt fra marine mikroalger 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., 2013; Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016; Nilsen m.fl., 2017; Nilsen og Sanden, 2018 og 2019).

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 i tidligere år er at de har vært kaldpressede oljer, gjerne merket «Extra virgin» eller «Handcrafted».

Blant oljene innkjøpt i 2020 er torskeleveroljen «Havfruenes Tran» oppgitt å være kaldpresset, men denne oljen hadde likevel lave nivåer av organiske miljøgifter, med verdier langt under grenseverdiene både for sum PCDD/F, sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB6. Den andre torskeleveroljen som ble analysert i denne undersøkelsen var «Children's DHA strawberry», og i samsvar med tidligere resultater for de aller fleste torskeleveroljer undersøkt i dette programmet, hadde også denne svært lave nivåer av organiske miljøgifter.

Også haileveroljen «Swanson Ultra Shark liver oil» hadde lave nivåer av de organiske miljøgiftene. Tidligere analyser av fire ulike haileveroljer som ble analysert i dette programmet i 2014, 2015, 2016 og 2017, har vist svært ulike nivåer av organiske miljøgifter i haileveroljer. To kaldpressede haileveroljer analysert i 2014, 2016 og 2017, hadde høye nivåer av organiske miljøgifter, særlig PCB6. Den ene av disse kaldpressede oljene, der to ulike batcher ble analysert i 2014 og 2016, hadde overskridelser for både sum PCDD/F+dl-PCB og PCB6 i 2014 (Nilsen og Måge, 2015; Nilsen m.fl. 2017; Nilsen og Sanden, 2018). På den annen side hadde to andre haileveroljer analysert i 2015 og 2016, som i likhet med haileveroljen i dette arbeidet *ikke* var oppgitt å være kaldpresset, mye lavere nivåer av alle de organiske miljøgiftene (Nilsen og Måge, 2016; Nilsen m.fl. 2017). Forskjellen i fremmedstoffnivåer mellom ulike haileveroljer skyldes trolig forskjeller i rensemetodene som er benyttet, og resultatene tyder på at de kaldpressede haileveroljene kan

ha mye høyere nivåer av organiske miljøgifter enn haileveroljer framstilt på andre måter.

De fire høykonsentrerte fiskeoljene i denne undersøkelsen, som var framstilt fra ansjos («Pikasol Høykonsentrert Omega-3» og «Triomar Hjerne Omega-3»), ansjos og sardin («Metode Omega-3 Høykonsentrert»), eller ansjos, sardin og makrell («Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg»), hadde alle lave konsentrasjoner av alle de organiske miljøgiftene, med verdier langt under grenseverdiene. Dette stemte overens med resultatene for andre ansjos/sardinoljer og blandingsoljer framstilt fra ansjos, sild, makrell og planteoljer som har vært analysert tidligere (Nilsen og Måge, 2014; Nilsen m.fl., 2017, Nilsen og Sanden, 2018; Nilsen m.fl., 2019). De lave nivåene av organiske miljøgifter i disse oljene kan skyldes forholdsvis lave nivåer av organiske miljøgifter i fiskeartene som er benyttet.

Blant de marine oljene analysert i 2020 var det også en marin olje framstilt fra mikroalgen *Schizochytrium* sp.. I likhet med en mikroalgeolje fra *Cryptocodinium cohnii* analysert i 2017 og to mikroalgeoljer fra *Schizochytrium* sp. analysert i 2018 (Nilsen og Sanden, 2018, 2019), hadde denne oljen svært lave nivåer av alle de organiske miljøgiftene som ble analysert. Nivåene lå godt under alle grenseverdiene for PCDD/F, PCDD/F+dl-PCB og PCB6.

Resultatene for metaller viste at konsentrasjonene av kadmium og bly var svært lave og lå under eller ganske nær kvantifiseringsgrensene for alle oljene i denne undersøkelsen, i likhet med resultatene for nesten alle andre oljer som tidligere er analysert i dette programmet. For ni av de ti oljene var også konsentrasjonen av kvikksølv svært lav og lå under kvantifiseringsgrensen i alle ni oljer. Bare havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» hadde en noe høyere konsentrasjon av kvikksølv på 0,042 mg/kg våtvekt, men også dette var klart lavere enn grenseverdien for kvikksølv i kosttilskudd på 0,10 mg/kg våtvekt. I dette programmet er det bare en haileverolje analysert i 2017 og fire havmusoljer analysert i 2014, 2015 og 2016 som tidligere har hatt målbare (men svært lave) konsentrasjoner av kvikksølv (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. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet i havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje» med en arsenkonsentrasjon på 21 mg/kg våtvekt, fulgt av havmusoljen «Bioform Sølvhaiolje» med en konsentrasjon på 5,2 mg/kg våtvekt. Nivåene av arsen i begge disse oljene, samt i haileveroljen «Swanson Ultra Shark liver oil» (0,45 mg/kg våtvekt) og den kaldpressede torskeleveroljen «Havfruenes tran» (0,20 mg/kg våtvekt, lå innenfor (eller like over) det konsentrasjonsområdet som er vanlig å finne i ulike urensede fiskeoljer (0,2–19 mg/kg våtvekt; Sele m.fl., 2012). Alle de øvrige oljene hadde lave konsentrasjoner av arsen på 0,14 mg/kg våtvekt eller lavere.

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 hvilken form arsenolipidene foreligger i den urensede oljen, men det var i denne undersøkelsen tydelig at oljene med høyest arsenkonsentrasjon for det meste var de samme oljene som hadde høyest konsentrasjon av dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB6. 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 er tidligere undersøkt for til sammen 20 marine oljer i dette programmet i 2018 og 2019 (Nilsen og Sanden, 2019; Nilsen m.fl., 2020). Nye grenseverdier for sum 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) i marine og vegetabiliske oljer, og for GE (uttrykt som glysidol) i marine oljer ble innført i EU fra 1. januar 2021 (EU, 2020), og denne forordningen ble gjennomført i norsk forskrift i mars 2021 (FOR-2021-03-22-943 *Forskrift om endring i forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). For vegetabiliske oljer ble en grenseverdi for GE uttrykt som glysidol innført i EU fra februar 2018 (EU, 2020) og i Norge fra juli 2018 (FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

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 kloridioner er til stede 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 raffineringemetodene 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 helseisiko for barn under 10 år (EFSA CONTAM Panel, 2016).

Det var betydelig variasjon i nivåene av sum 3-MCPD+3-MCPDE i de marine oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner over grenseverdien for sum 3-MCPD+3-MCPDE i marine oljer på 2500 µg/kg som ble gjeldende i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021. De høyeste nivåene ble funnet i tre av de høykonsentrerte, raffinerte fiskeoljene framstilt fra ansjos («Pikasol Høykonsentrert Omega-3» og «Triomar Hjerter Omega-3») og ansjos/sardin («Metode Omega-3 Høykonsentrert»), som hadde konsentrasjoner mellom 860 og 1200 µg/kg. 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. Den fjerde høykonsentrerte oljen «Nycoplus Høykonsentrert Omega-3 1000 mg», torskeleveroljen «Children's DHA strawberry» og haileveroljen «Swanson Ultra Shark liver oil» hadde lavere konsentrasjoner av sum 3-MCPD+3-MCPDE (290-380 µg/kg), men også for disse oljene lå nivåene innenfor konsentrasjonsområdet som tidligere er funnet i raffinerte marine fiskeoljer. De laveste konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE, ble funnet i havmus/laks-oljen «Bioform Omega-3 olje», havmusoljen «Bioform Sølvhaiolje» og mikroalgeoljen «Vegetabilsk omega-3 og vitamin D3», som alle hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg. Den kaldpressede torskeleveroljen «Havfruenes tran» hadde også en forholdsvis lav konsentrasjon av 3-MCPD+3-MCPDE på 200 µg/kg, som kan stemme overens med at dette er en uraffinert olje.

Resultatene for GE uttrykt som glysidol, viste at det var svært stor variasjon i konsentrasjonen av denne forbindelsen i de ti marine oljene som ble undersøkt. Seks av oljene hadde svært lave nivåer under kvantifiseringsgrensen for metoden på 100 µg/kg, og lå dermed langt under grenseverdien for GE i marine oljer på 1000 µg/kg som ble gjeldende i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021. De to torskeleveroljene «Havfruenes tran» og «Children's DHA strawberry» holdt seg også godt under denne grenseverdien, med konsentrasjoner på henholdsvis 600 og 390 µg/kg, mens haileveroljen hadde en forholdsvis høy konsentrasjon på 920 µg/kg, like under grenseverdien. Men den høyeste konsentrasjonen av GE uttrykt som glysidol ble funnet i en av de høykonsentrerte fiskoljene «Metode Omega-3 Høykonsentrert», som hadde en konsentrasjon på 12 000 µg/kg, 12 ganger høyere enn den nylig innførte grenseverdien. Siden denne oljen ble innkjøpt i november 2020, før den nye grenseverdien for marine oljer trådte i kraft, var oljen ikke ulovlig å omsette på kjøpstidspunktet. Nivået av GE i denne oljen var imidlertid svært mye høyere enn nivåene i alle de oljene som tidligere har vært analysert for GE i dette programmet, der konsentrasjonene har variert mellom 34 og 1900 µg/kg, og også mye høyere enn 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. Det er ikke kjent hvorfor denne høykonsentrerte ansjos/sardin-oljen hadde så mye høyere konsentrasjon av GE enn de øvrige oljene, men forskjeller i produksjonsprosesser kan være mulige forklaringer på dette.

5 - Konklusjon

Det var store forskjeller i nivået av miljøgifter i de ulike marine oljene som ble undersøkt. De høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter ble funnet i en havmus/laks-olje og en havmusolje, der havmus/laks-oljen oversteg både grenseverdien for sum PCDD/F og den norske grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. De øvrige oljene som ble undersøkt hadde alle lave nivåer av organiske miljøgifter.

Konsentrasjonene av tungmetaller var lave i alle oljene som ble undersøkt, og ingen av oljene hadde nivåer over gjeldende øvre grenseverdier for tungmetaller i kosttilskudd.

Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPDE og glysidylestere (GE) varierte mye mellom oljene, men ingen av oljene hadde nivåer av sum 3-MCPD+3 MCPDE over grenseverdien som ble innført i EU fra 1. januar 2021 og i Norge fra mars 2021. En av oljene, en høykonsentrert fiskeolje framstilt fra ansjos og sardin, hadde imidlertid en svært høy konsentrasjon av GE som var 12 ganger høyere enn grenseverdien for GE i marine oljer som ble innført i EU og Norge fra henholdsvis januar og mars 2021. Siden denne oljen var innkjøpt i november 2020, før grenseverdien trådte i kraft, var den likevel ikke ulovlig å omsette på kjøpstidspunktet. De øvrige oljene som ble undersøkt, hadde alle nivåer av GE under den nylig innførte grenseverdien.

6 - Referanser

- 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 (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 (Text with EEA relevance.) Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0644>
- EU (2020). 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 14.10.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1881-20201014>.
- 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-2021-03-22-943: Forskrift om endring i forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler. 22.03.2021. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2021-03-22-943>
- Jedrkiewicz, R., Glowacz, 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. 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, PCB₇, arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen i oljer til humant konsum. NIFES-rapport, 13 sider.
- Julshamn, K., Frantzen, S., Valdernesnes, 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 brislingprodukter. NIFES-rapport, 30 sider.
- Julshamn, K., Duinker, A., Valdernesnes, S., Lunestad, B.T. og Måge, A. (2013). Mattilsynets program: Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2012. - Undersøkelse av fremmedstoffer i kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*) og oljer. NIFES-rapport, 28 sider.
- 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>
- 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., 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. (2018). 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)), 21 sider.

Nilsen, B.M. og Sanden, M. (2019). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2018 – Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum. Rapport fra Havforskningen Nr 2019-33 (ISSN 1893-4536 (online)), 23 sider.

Nilsen, B.M., Frantzen, S. og Sanden, M. (2020). Fremmedstoffer i snabeluer (*Sebastes mentella*) og vanlig uer (*Sebastes norvegicus*). Sluttrapport for programmet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2016-2018. Rapport fra Havforskningen (ISSN 1893-4536 (online)), 63 sider.

Nilsen, B.M., Wiech, M. og Sanden, M. (2020). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2019 – Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum. Rapport fra Havforskningen Nr 2020-25 (ISSN 1893-4536 (online)), 21 sider.

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. *Food Chemistry*. 133, 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.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

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