MILJØGIFTER I FISK OG FISKEVARER 2021

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

Bente Nilsen , Martin Wiech og Monica Sanden (HI)





RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2022-25

Tittel (norsk og engelsk):

MILJØGIFTER I FISK OG FISKEVARER 2021

Contaminants in fish and fish products 2021

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	2022-25	06.09.2022

ISSN:1893-4536

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, én blandingsolje av fisk- og planteolje, syv fiskeoljer og to seloljer, 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 innholdet av organiske miljøgifter varierte mellom de ulike oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde nivåer av organiske miljøgifter over gjeldende øvre grenseverdier i Norge og EU for lovlig omsetning av marine oljer. Blandingsoljen av fisk- og planteolje oversteg heller ikke grenseverdiene for disse forbindelsene i vegetabilske oljer. 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-MCPD-estere og glysidylestere varierte mellom oljene, men ingen av oljene hadde nivåer av sum 3-MCPD+3-MCPD-estere eller glysidylestere over grenseverdiene for disse forbindelsene som ble innført i EU og Norge fra 2021.

Sammendrag (engelsk):

Ten different marine oils for human consumption; one mixed fish and plant oil, seven fish oils and two seal 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 that the levels of organic contaminants varied between the different oils investigated, but none of the oils had concentrations above the EU and Norwegian maximum levels for these contaminants in marine oils. The concentrations of the organic contaminants in the mixed fish- and plant oil also did not exceed the maximum levels for these contaminants in vegetable oils. 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. The levels of 3-MCPD, 3-MCPD esters and glycidyl esters varied between the oils, but none of the oils exceeded the maximum levels for sum 3-MCPD+3-MCPD esters or glycidyl esters in marine oils for human consumption, applicable in EU and Norway from 2021.

Innhold

1 Innledning 5

2 Materiale og Metoder 6

2.1 Prøveinnsamling og -opparbeiding 6

2.2 Analyser 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 har analysert miljøgifter i ulike typer sjømat hvert år, og 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 og 2021).

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. Fra 2018 har også innholdet av 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-fettsyreestere (3-MCPDE) og glysidylfettsyreestere (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 vegetabilske oljer ble en grenseverdi for GE uttrykt som glysidol innført i EU og Norge fra 2018 (EU, 2022; 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 vegetabilske oljer, og for GE (uttrykt som glysidol) i marine oljer ble innført i EU fra 1. januar 2021 (EU, 2022), 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 2007-2020 har totalt 164 prøver av kommersielle marine oljer til humant konsum vært analysert i dette overvåkningsprogrammet. Både fiskeoljer, seloljer, krilloljer, raudåteolje, hvalolje og oljer framstilt fra marine mikroalger har vært undersøkt, og blant disse har kun ni oljer hatt overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter (Nilsen og Måge, 2015 og 2016, Nilsen m.fl., 2017 og 2021). Dette var fire havmusleveroljer (analysert i 2014, 2015 og 2016), én olje av havmus og laks (2020), én haileverolje (2014), én selolje (2015), én hvalolje (2015) og én torskeleverolje (2016). De fleste av oljene med nivåer over grenseverdiene for organiske miljøgifter har vært kaldpressede oljer. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere er undersøkt for 30 marine oljer i perioden 2018-2020, og av disse var det kun en høykonsentrert fiskeolje framstilt fra ansjos og sardin analysert i 2020, som hadde en konsentrasjon av glysidylestere over grenseverdien som nå er fastsatt for disse forbindelsene i marine oljer.

Denne rapporten oppsummerer resultater for de ti marine oljene som er kjøpt inn i 2021. Én fisk- og planteolje (torskelever- og kokosolje), sju fiskeoljer (fra torskelever, laks, ansjos/sardin) og to seloljer 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, helsekostbutikker, apotek og en dagligvarebutikk i Bergen i november og desember 2021 av personell fra Havforskningsinstituttet. De ti oljene var én fisk- og planteolje, sju fiskeoljer og to seloljer (tabell 1).

Table 1. Product names and other information about the marine oils analysed. The oils were purchased from online stores and from health food stores, a pharmacy and a food shop in Bergen in November/December 2021.

Product name	Manufacturer	Sample type (source)[a)]	Formulation
Tran uten transmak	Berit Nordstrand	Fish and plant oil (87% cod liver oil, 13% MCT from coconut oil)	Liquid
Norsk naturell tran	Biopharma	Fish oil (cod liver)	Liquid
Sport Tran	Lofoten Tran/Arctic Fish Oil Company AS	Fish oil (cod liver)	Capsules
Alaska vildlaks omega 3	Nani A/S	Fish oil (sockeye salmon)	Capsules
ESKIO-3 Pure omega-3	Midsona Norge AS	Fish oil (mackerel, sardine and anchovy)	Liquid
Familie Omega	Farmateket	Fish oil (anchovy and sardine)	Capsules
Life Omega-3 70%	Life AS	Fish oil (anchovy and sardine)	Capsules
Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne	Orkla Health AS	Fish oil (anchovy)	Capsules
Selolje flytende	Farmateket	Seal oil (harp seal blubber)	Liquid
Ruis Omega-3 selolje	Vitalkost AS	Seal oil (harp seal blubber)	Liquid

[a)] Information found on the product packaging or obtained from the manufacturer.

Én av oljene, «Tran uten transmak», var en blandingsolje som besto av 87 % fiskeolje (fra torskelever) og 13 % planteolje (mediumkjedede triglyserider (MCT) fra kokosolje).

Fem 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.

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, 2022; 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.

Table 2. Undesirable substances measured, 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	20 [b]
Mercury	ICP-MS	Yes	0.007 mg/kg oil	25 [b]
Lead	ICP-MS	Yes	0.030 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/MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg	27-43
GE expressed as glycidol (calculated) [f]	GC-MS/MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg	52-60

[a] Depending on analyte.
[b] Measurement uncertainty (MU) at concentrations above 10xLOQ. At lower concentrations, MU is higher (40% for all the 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, mod. [DE Food].
[f] Determined (calculated) by Eurofins Food and Feed Testing using methods DGF-C-VI 18 (10) Part A, mod. [DE Food] and DGF-C-VI 18 (10) Part B, mod. [DE Food].

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/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

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 som ble undersøkt.

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 health food stores, a pharmacy and a food shop in Bergen in November/December 2021. 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 ----------						
Tran uten transmak	103	0.56	0.23	0.79	0.15	0.060	0.21	0.99
Norsk naturell tran	103	0.41	0.12	0.53	0.053	0.025	0.078	0.61
Sport Tran	103	0.40	0.15	0.56	0.028	0.020	0.048	0.60
Alaska vildlaks omega 3	103	0.26	0.071	0.33	0.027	0.020	0.047	0.37
ESKIO-3 Pure omega-3	105	0.26	0.083	0.34	0.027	0.021	0.047	0.39
Familie Omega	105	0.24	0.072	0.31	0.044	0.019	0.064	0.37
Life Omega-3 70%	104	0.25	0.067	0.31	0.027	0.020	0.047	0.36
Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne	105	0.41	0.12	0.53	0.10	0.021	0.12	0.66
Selolje flytende	105	0.62	0.15	0.77	1.1	0.048	1.1	1.9
Ruis Omega-3 selolje	105	0.44	0.22	0.65	1.6	0.092	1.7	2.3
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.

Konsentrasjonene av sum PCDDF+dl-PCB varierte en del mellom oljene, med verdier mellom 0,36 og 2,3 ng TE/kg olje, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner av sum PCDDF+dl-PCB over Norges øvre grenseverdi på 4,0 ng TE/kg fett (FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*) eller EUs øvre grenseverdi på 6,0 ng TE/kg fett (EU, 2022) for marine oljer. Blandingsoljen «Tran uten transmak» som er en blanding av 87 % fiskeolje og 13 % planteolje, oversteg heller ikke grenseverdien for vegetabilske oljer på 1,25 ng TE/kg fett. De høyeste konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB ble funnet i de to seloljene, «Selolje flytende» og «Ruis Omega-3 selolje» med konsentrasjoner på henholdsvis 1,9 og 2,3 ng TE/kg fett. De øvrige oljene hadde lavere konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB mellom 0,36–0,99 TE/kg fett.

Konsentrasjonene av sum PCDD/F for de ti undersøkte oljene varierte mellom 0,31 og 0,79 ng TE/kg fett (tabell 3). Ingen av oljene hadde konsentrasjoner over grenseverdien på 1,75 ng TE/kg fett som gjelder for marine oljer til humant konsum (EU, 2022; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Blandingsoljen «Tran uten transmak» hadde imidlertid en konsentrasjon av sum PCDD/F på 0,79 ng TE/kg fett som er like over grenseverdien for vegetabilske oljer på 0,75 ng TE/kg fett. Dersom vi tar hensyn til og trekker fra måleusikkerheten til metoden (30% 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 forordning (EU) 2017/644 (EU,

2017), vil blandingsoljen likevel ikke overstige grenseverdien for lovlig omsetning.

For blandingsoljer som «Tran uten transmak» som består av en blanding av fiskeolje og planteolje, gjelder de øvre grenseverdiene for sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB egentlig for utgangsoljene som inngår i blandingsoljen der grenseverdiene for fiskeoljen (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, 2022; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

«Tran uten transmak» inneholder ifølge produsenten 87 % fiskeolje og 13 % 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 0,91 ng TE/kg fett og av PCDD/F+dl-PCB på 1,1 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 6,1 ng TE/kg fett for sum PCDD/F og 7,6 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 før blanding med fiskeoljen. For at den opprinnelige planteoljen skulle hatt nivåer over grenseverdiene måtte imidlertid nivåene i den opprinnelige fiskeoljen ha vært lik eller lavere enn i den opprinnelige planteoljen. Dersom konsentrasjonene var like i de to utgangsoljene, ville konsentrasjonene av sum PCDD/F og sum PCDDF+dl-PCB i den opprinnelige planteoljen vært henholdsvis 0,79 og 0,99 ng TE/kg fett, som er like over grenseverdien for sum PCDD/F, men under grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB for vegetabilske oljer.

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 er inkludert for å lette sammenligning med tidligere data. Verken EU eller Norge har foreløpig satt grenseverdier for PBDE i oljer til humant konsum.

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 health food stores, a pharmacy and a food shop in Bergen in November/December 2021. Sums PCB6, PCB7 and PBDE7 were calculated using upperbound LOQ.

Product	PCB6	PCB7	PBDE7
	---------- µg/kg fat ----------		
Tran uten transmak	15	16	2.9
Norsk naturell tran	5.3	5.5	1.9
Sport Tran	1.5	1.7	0.90
Alaska vildlaks omega 3	1.5	1.7	0.57
ESKIO-3 Pure omega-3	1.6	1.8	0.59
Familie Omega	1.5	1.7	0.55
Life Omega-3 70%	1.6	1.8	0.58
Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne	1.9	2.1	0.58
Selolje flytende	11	12	3.4
Ruis Omega-3 selolje	29	30	2.7
Maximum level for marine oils in EU and Norway	200	-	-
Maximum level for vegetable oils in EU and Norway	40	-	-

Det var stor variasjon i konsentrasjonen av PCB6 (1,5 til 29 µg/kg fett) og PCB7 mellom oljene. De høyeste konsentrasjonene av PCB6 ble funnet i de to seloljene, «Selolje flytende» og «Ruis Omega-3 selolje», og i fisk- og planteoljen «Tran uten transmak», men konsentrasjonene i disse oljene (11-29 µg/kg fett) oversteg ikke EUs og Norges grenseverdi for marine oljer på 200 µg/kg fett (EU, 2022; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). «Norsk naturell tran» hadde en konsentrasjon av PCB6 på 5,3 µg/kg fett, mens alle de de øvrige oljene hadde svært lave konsentrasjoner av sum PCB6, under 2,0 µg/kg fett.

Blandingsoljen «Tran uten transmak» som består av 87 % fiskeolje og 13 % planteolje ble vurdert både mot grenseverdien for PCB6 i marine oljer på 200 µg/kg fett og mot grenseverdien for vegetabilske oljer på 40 µg/kg fett (EU, 2022; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*), og blandingsoljen oversteg ingen av disse grenseverdiene. Grenseverdiene gjelder imidlertid for utgangsoljene som inngår i blandingen. Ved omregning i henhold til blandingsforholdet (87 % fiskeolje og 13 % planteolje) fant vi at den opprinnelige fiskeoljen (før blanding) maksimalt kunne hatt konsentrasjoner av sum PCB6 på 17 µg/kg fett, klart under grenseverdien for marine oljer. På den annen side viste omregningen at den opprinnelige planteoljen teoretisk kunne hatt en konsentrasjon av PCB6 på 115 µg/kg fett dersom fiskeoljen ikke bidro med noe PCB6 til blandingen. Den opprinnelige planteoljen kan dermed teoretisk ha oversteget grenseverdien for PCB6 i vegetabilske oljer. Den opprinnelige planteoljen ville imidlertid bare hatt nivåer over grenseverdien dersom nivåene i den opprinnelige fiskeoljen var mye lavere enn i den opprinnelige planteoljen. Dersom konsentrasjonene var like i de to utgangsoljene eller fiskeoljen hadde høyere konsentrasjoner, ville konsentrasjonen av sum PCB6 i den opprinnelige planteoljen vært lik eller lavere enn 15 µg/kg fett, som er klart under grenseverdien for vegetabilske oljer.

Konsentrasjonen av PBDE varierte mellom 0,55 og 3,4 µg/kg fett og de høyeste konsentrasjonene ble funnet i de to seloljene, «Selolje flytende» og «Ruis Omega-3 selolje», i fisk- og planteoljen «Tran uten transmak» og i torskeleveroljen «Norsk naturell tran». Disse oljene hadde konsentrasjoner av sum PBDE7 mellom 1,9 og 3,4 µg/kg fett, mens alle de øvrige oljene hadde konsentrasjoner under 1,0 µg/kg fett.

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, 2022; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

Table 5. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, lead and selenium in marine oil samples for human consumption purchased from online stores and from health food stores, a pharmacy and a food shop in Bergen in November/December 2021.

Product	Arsenic	Cadmium	Mercury	Lead	Selenium
	---------- mg/kg wet weight ----------				
Tran uten transmak	0.10	< 0.004	< 0.006	< 0.02	0.044
Norsk naturell tran	0.27	< 0.004	< 0.006	< 0.02	0.025
Sport Tran	0.021	< 0.004	< 0.007	< 0.02	0.026
Alaska vildlaks omega 3	< 0.009	< 0.004	< 0.007	0.021	0.087
ESKIO-3 Pure omega-3	< 0.009	< 0.004	< 0.007	< 0.02	0.025
Familie Omega	0.036	< 0.004	< 0.006	< 0.02	0.030
Life Omega-3 70%	0.10	< 0.004	< 0.007	< 0.02	< 0.009
Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne	< 0.008	< 0.004	< 0.006	0.030	< 0.008
Selolje flytende	< 0.009	< 0.004	< 0.007	< 0.02	< 0.009
Ruis Omega-3 selolje	0.010	< 0.004	< 0.006	< 0.02	< 0.008
Maximum level in EU and Norway	-	1.0	0.10	3.0	-

Konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly var svært lave og lå under eller like over kvantifiseringsgrensen i alle oljene som ble undersøkt. Nivåene av disse metallene lå dermed i alle oljene langt under de gjeldende øvre grenseverdiene på 1,0 mg/kg våtvekt for kadmium, 0,3 mg/kg våtvekt for kvikksølv og 3,0 mg/kg våtvekt for bly i kosttilskudd i EU og Norge.

Konsentrasjonen av arsen var også lav i alle oljene og varierte mellom <0,008 og 0,27 mg/kg våtvekt. Ni av de ti oljene hadde nivåer 0,10 mg/kg våtvekt eller lavere. Det er ikke fastsatt noen grenseverdi for arsen i oljer til humant konsum.

Konsentrasjonen av selen var svært lav i alle oljene, med verdier mellom <0,008 og 0,087 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, sammen med grenseverdiene for sum 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) og for GE (uttrykt som glysidol) i marine og vegetabilske oljer (EU, 2022; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

Table 6. Concentrations of sums of 3-monochloropropanediol (3-MCPD), 3-MCPD fatty acid esters (3-MCPDE) and glycidyl fatty acid esters (GE) in marine oil samples for human consumption purchased from online stores and from health food stores, a pharmacy and a food shop in Bergen in November/December 2021. 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 ----------		
Tran uten transmak	170	370	220
Norsk naturell tran	270	810	600
Sport Tran	260	720	510
Alaska vildlaks omega 3	< 100	130	150
ESKIO-3 Pure omega-3	< 100	< 100	< 100
Familie Omega	640	970	370
Life Omega-3 70%	< 100	< 100	< 100
Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne	< 100	< 100	< 100
Selolje flytende	210	300	100
Ruis Omega-3 selolje	580	830	280
Maximum level for marine oils and vegetable oils in EU and Norway	2500	-	1000

Konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE varierte mellom de ulike oljene, men ingen av oljene hadde nivåer over grenseverdien for sum 3-MCPD+3-MCPDE i marine og vegetabilske oljer på 2500 µg/kg. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i ansjos/sardin-oljen «Familie Omega» og seloljen «Ruis Omega-3 selolje» med verdier på henholdsvis 640 og 580 µg/kg. Alle de øvrige oljene hadde nivåer under 300 µg/kg og fire av oljene hadde lave konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg.

Resultatene for de beregnede konsentrasjonene av GE viste at ingen av oljene hadde nivåer av GE over grenseverdien for marine og vegetabilske oljer på 1000 µg/kg. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i de to

torskeleveroljene «Norsk naturell tran» og «Sport Tran» som hadde konsentrasjoner på henholdsvis 600 og 510 µg/kg. Tre av fiskeoljene hadde lave konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen for metoden på 100 µg/kg, mens de øvrige oljene varierte mellom 100 og 370 µg/kg.

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, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner over de øvre grenseverdiene som gjelder for sum PCDD/F, sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB6 i marine oljer til humant konsum i Norge og EU.

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 og sel), hvilket område råstoffene er hentet fra og graden av rensing av oljene. Blant de totalt 164 prøvene av kommersielle marine oljer 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, én torskeleverolje og én havmusleverolje fra 2016 og en olje av havmus og laks i 2020 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; Nilsen m.fl., 2020 og 2021).

Ulike metoder har vært benyttet for rensing av oljene som har vært undersøkt i dette programmet, og et fellestrekk for mange av oljene som har oversteget grenseverdiene i tidligere år er at de har vært kaldpressede oljer, gjerne merket «Extra virgin» eller «Handcrafted». Ingen av oljene som er undersøkt i 2021 er oppgitt å være kaldpresset.

Av oljene undersøkt i 2021 var de to seloljene blant oljene med høyest konsentrasjoner av organiske miljøgifter. Konsentrasjonen av sum PCB6 i de to seloljene (11 og 29 µg/kg fett) var betydelig høyere enn i alle de andre rene fiskeoljene i denne undersøkelsen, men var lavere eller lå omtrent på samme nivå som konsentrasjonene funnet i flere andre seloljer analysert i 2013-2017 og 2019 (8,1-70 µg/kg fett) (Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016; Nilsen m.fl., 2017; Nilsen og Sanden, 2018, Nilsen m.fl.2020).

Blandingsoljen «Tran uten transmak» som besto av 87 % fiskeolje framstilt fra torskelever og 13 % planteolje framstilt fra kokos hadde også høyere konsentrasjoner av organiske miljøgifter enn de andre fiskeoljene i denne undersøkelsen. Nivåene av de organiske miljøgiftene i denne blandingsoljen lå likevel under grenseverdiene for både marine oljer og for vegetabilske oljer til humant konsum (når måleusikkerheten ble tatt hensyn til for sum PCDD/F).

I henhold til regelverket er det imidlertid utgangsoljene som inngår i blandingsoljen "Tran uten transmak" som skal vurderes opp mot grenseverdiene, og en omregning basert på blandingsforholdet mellom fiskeoljen og planteoljen viste at den opprinnelige planteoljen teoretisk kunne hatt nivåer av PCDD/F, PCDD/F+dl-PCB og PCB6 over grenseverdiene for vegetabilske oljer. Dette forutsetter imidlertid at den opprinnelige fiskeoljen i blandingen hadde nivåer av disse forbindelsene som var lik eller lavere enn nivåene i planteoljen, noe som er lite sannsynlig siden fiskeoljer normalt har *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 likevel ikke utelukke at den opprinnelige planteoljen har oversteget grenseverdiene for vegetabilske oljer.

Alle de øvrige fiskeoljene i denne undersøkelsen, to torskeleveroljer, én lakseolje, én makrell/sardin/ansjos-olje, to ansjos/sardin-oljer og én ansjosolje hadde lave konsentrasjoner av alle de organiske miljøgiftene. Én av torskeleveroljene, «Norsk naturell tran», hadde noe høyere konsentrasjon av sum PCB6 enn de øvrige rene fiskeoljene, men også for denne oljen lå konsentrasjonen langt under grenseverdien for PCB6 i marine oljer.

Resultatene for metaller viste at konsentrasjonene av kvikksølv, kadmium og bly var svært lave og lå under eller ganske nær kvantifiseringsgrensene for alle oljene i denne undersøkelsen. Ingen av oljene hadde nivåer over grenseverdiene som gjelder for disse metallene i kosttilskudd, i likhet med resultatene for alle de 164 marine oljene som tidligere er analysert i dette programmet.

Mens vi i tidligere undersøkelser ofte har sett stor variasjon i konsentrasjonen av arsen i marine oljer, hadde alle oljene i denne undersøkelsen lave nivåer av arsen. Bare én av oljene, torskeleveroljen «Norsk naturell tran», hadde en konsentrasjon på 0,27 mg/våtvekt som er like innenfor 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 svært lave konsentrasjoner av arsen. 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 i oljene (Schmeisser m.fl., 2005; Sele m.fl., 2013).

Innholdet av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere i marine oljer er tidligere undersøkt for til sammen 30 marine oljer i dette programmet i 2018-2020 (Nilsen og Sanden, 2019; Nilsen m.fl., 2020 og 2021). Grenseverdier for sum 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) i marine og vegetabilske oljer, og for GE (uttrykt som glysidol) i marine oljer ble innført i EU fra 1. januar 2021 (EU, 2022), 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 vegetabilske oljer ble en grenseverdi for GE (uttrykt som glysidol) innført i EU og Norge allerede i 2018 (EU, 2022; 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 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).

Nivåene av sum 3-MCPD+3-MCPDE varierte mellom de marine oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner over grenseverdien for sum 3-MCPD+3-MCPDE i marine og vegetabilske oljer på 2500 µg/kg. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i ansjos/sardin-oljen «Familie Omega» og seloljen «Ruis Omega-3 selolje» med verdier på henholdsvis 640 og 580 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 andre seloljen, «Ruis Omega-3 selolje», de to torskeleveroljene «Norsk naturell tran» og «Sport Tran» samt blandingsoljen «Tran uten transmak» hadde lavere konsentrasjoner av sum 3-MCPD+3-MCPDE (170-270 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 lakseoljen «Alaska vildlaks omega-3», makrell/sardin/ansjos-oljen «ESKIO-3 Pure omega-3», ansjos/sardin-oljen «Life Omega-3 70%» og ansjosoljen «Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne», som alle hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg.

Også konsentrasjonen av GE varierte mellom de ti oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene oversteg grenseverdien på 1000 µg/kg. De høyeste nivåene ble funnet i de to torskeleveroljene «Norsk naturell tran» og «Sport Tran», men konsentrasjonene i disse oljene var likevel godt under grenseverdien, med verdier på henholdsvis 600 og 510 µg/kg. Alle de øvrige oljene hadde nivåer av GE under 400 µg/kg og tre av oljene, makrell/sardin/ansjos-oljen «ESKIO-3 Pure omega-3», ansjos/sardin-oljen «Life Omega-3 70%» og ansjosoljen «Möller's Pharma Høykonsentrert omega-3 Hjerne» hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 100 µg/kg. Disse resultatene stemmer godt overens med resultater fra 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. Resultatene er også i overensstemmelse med resultatene for de fleste oljene som tidligere har vært analysert for GE i dette programmet, der konsentrasjonene har

variert mellom 34 og 920 µg/kg. Bare en ansjos/sardin-olje analysert i 2020 hadde en mye høyere konsentrasjon av GE på 12.000 µg/kg (Nilsen m.fl., 2021). Det er ikke kjent hvorfor den høykonsentrerte ansjos/sardin-oljen fra 2020 hadde så mye høyere konsentrasjon av GE enn de øvrige oljene analysert i dette programmet, inkludert de to ansjos/sardin-oljene analysert i denne undersøkelsen, men forskjeller i produksjonsprosesser kan være mulige forklaringer på dette.

5 - Konklusjon

Nivået av organiske miljøgifter varierte mellom de ulike marine oljene som ble undersøkt. De høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter ble funnet i to seloljer og en blandingsolje av fisk- og planteolje, men i likhet med de fleste oljer som tidligere er analysert i dette overvåkningsprogrammet, hadde alle oljene i undersøkelsen lave konsentrasjoner av miljøgifter, med nivåer til dels langt under grenseverdiene som gjelder for marine oljer til humant konsum i EU og Norge. Blandingsoljen av fisk- og planteolje, oversteg heller ikke de lavere grenseverdiene som gjelder for vegetabilske oljer.

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

Også nivåene av 3-MCPD, 3-MCPDE og glysidylestere (GE) varierte mellom oljene, men ingen av oljene hadde nivåer over gjeldende grenseverdier i EU og Norge for disse forbindelsene i marine og vegetabilske oljer.

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* **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 (2022). 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 01.01.2022. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1881-20220101.

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., 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 brislingprodukter. NIFES-rapport, 30 sider.

Julshamn, K., Duinker, A., Valdersnes, 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. *European Journal of Lipid Science and Technology* **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., 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., 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.

Nilsen, B.M., Wiech, M. og Sanden, M. (2021). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2020 – Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum. Rapport fra Havforskningen Nr. 2021-36 (ISSN 1893-4536 (online)), 19 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. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **405**, 5179-5190.

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no