Umweltschadstoffe in Speisefischen: eine Gefahr für das Ungeborene?

Fisch ist reich an wertvollen Nährstoffen für den Menschen. In jüngster Zeit wurde jedoch in den Medien verschiedentlich von erhöhten Schadstoffgehalten, insbesondere von Methylquecksilber sowie von Dioxinen und dioxinähnlichen Verbindungen in Fischen berichtet. Weil diese Substanzen auch auf das ungeborene Kind toxisch wirken, stellt sich für Schwangere die Frage, ob der Fischkonsum dem Ungeborenen mehr nützt oder schadet. Um diese Frage beantworten zu können, ist es notwendig zu wissen, welche Speisefischarten erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen, welches die tolerierbaren Aufnahmemengen dieser Schadstoffe sind und wie hoch das gesundheitliche Risiko einzustufen ist. Eine Expertengruppe der Eidgenössischen Ernährungskommission (EEK) hat die aktuellen Daten ausgewertet und kommt zum Schluss, dass mittels Verzicht und Einschränkung des Verzehrs von einigen wenigen Fischarten eine starke Reduktion der Schadstoffbelastung aus dem Fischkonsum während der Schwangerschaft erreicht werden kann. Befolgen Schwangere die Ernährungsempfehlungen der EEK, überwiegt der gesundheitliche Nutzen des Fischverzehrs bei weitem die möglichen Risiken für das ungeborene Kind.

Beat J. Brüschweiler

Fisch ist reich an Proteinen, bestimmten Vitaminen (A, B_{12} und D) und Mineralstoffen (Jod und Selen) sowie essenziellen Fettsäuren, weshalb er einen wichtigen Beitrag zu einer gesunden und ausgewogenen Ernährung während der Schwangerschaft leistet. Insbesondere die in fettreichem Fisch enthaltenen n-3 mehrfach ungesättigten Fettsäuren (LC n-3 PUFA = long-chain n-3 poly-unsaturated fatty acids) üben einen positiven Einfluss auf die Entwicklung des Ungeborenen (1), unter anderem auf Gehirn und Sehfähigkeit, aus (2, 3). Sie bilden wichtige Bausteine in den Membranen des Nervensystems und in den Sehzellen der Retina. Zu den fettreichen Fischen gehören beispielsweise Lachs, Hering, Heilbutt, Makrele und Thunfisch (4, 5). Auf der anderen Seite kann Fisch signifikant zur ernährungsbedingten Exposition mit bestimmten Umweltschadstoffen beitragen. Die wichtigsten unter diesen sind Methylquecksilber sowie Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen.

Methylquecksilber

Quecksilber (Hg) gelangt in anorganischer (Hg-Salze, metallisches Hg) oder organischer Form (Alkyl-Hg-Verbindungen) in die Umwelt. Durch Mikroorganismen werden die wasserlöslichen anorganischen Verbindungen in Methylquecksilber (Methyl-Hg) umgewandelt, das sich entlang der Nahrungskette anreichert (6). So sind bestimmte Raubfischarten, die am Ende der Nahrungskette stehen, in Abhängigkeit des Lebensalters stärker mit Methyl-Hg belastet als andere Fischarten und können wesentliche Aufnahmequellen von Methyl-Hg für den Menschen darstellen. Bei oraler Aufnahme ist Methyl-Hg deutlich toxischer als anorganisches Hg, weil es gut aus dem Gastrointestinaltrakt resorbiert wird, eine lange Halbwertszeit von etwa zehn Wochen aufweist und sowohl die Blut-Hirn-Schranke als auch die Plazentaschranke leicht passiert (7). Methyl-Hg wirkt toxisch auf das Nervensystem, insbesondere auf das sich entwickelnde Gehirn (geistige und motorische Defizite beim Neugeborenen). So zeigten Kinder neuronale Entwicklungsstörungen nach hoher Exposition während und nach der Schwangerschaft durch den mütterlichen Verzehr von Methyl-Hg-belastetem Fisch aus der Minamata Bay in Japan in den Fünfzigerjahren oder von mit Methyl-Hg behandeltem Saatgut im Irak im Jahr 1971 (8). Die Schwangerschaft und das Kleinkindalter gelten deshalb als empfindlichster Zeitraum für eine Methyl-Hg-Exposition (7, 9, 10).

Basierend auf epidemiologischen Studien an Mutter-Kind-Paaren auf den Seychellen (11) und Färöer Inseln (12, 13) – beides Bevölkerungsgruppen mit einem hohen Konsum von Fischereiprodukten – hat das FAO/WHO-Expertengremium für Lebensmittelzusatzstoffe (JECFA) im Jahr 2003 eine provisorisch tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (PTWI = provisional tolerable weekly intake) von 1,6 µg/kg Körpergewicht (KG) Methyl-Hg festgelegt (9). Dies entspricht bei einem angenommenen Körpergewicht von 60 kg einer wöchentlichen Aufnahmemenge von 100 µg Methyl-Hg. Dieser PTWI hat das JECFA für die sensitivste Bevölkerungsgruppe, die Schwangeren mit ihren Ungeborenen, im Jahr 2006 bestätigt (14). Wie verschiedene Untersuchungen von Fischen während der letzten Jahre gezeigt haben, weisen Hai, Marlin (Speerfisch), Schwertfisch und – in etwas geringerem Masse – auch Thunfisch (frisch, nicht aus Konserven) sowie ausländischer Hecht höhere Methyl-Hg-Konzentrationen auf als andere Fischarten (5, 15–18). Für die oben genannten Fischarten gilt in der schweizerischen Fremd- und In-

haltsstoffverordnung (FIV) ein Grenzwert von 1 mg Hg/kg (19). Die vom grenztierärztlichen Dienst des Bundesamtes für Veterinärwesen (BVET) in den Jahren 2003, 2004 und 2005 erhobenen Proben lagen beim Hai zu 35 Prozent, 38 Prozent und 12 Prozent, beim Marlin zu 21 Prozent, 11 Prozent und 32 Prozent, beim Schwertfisch zu 42 Prozent, 32 Prozent und 35 Prozent und beim Thunfisch (frisch, nicht aus Konserven) zu 18 Prozent, 7 Prozent und 11 Prozent über dem Grenzwert (20) *(Tabelle)*. Bei im Jahr 2006 erhobenen Proben sind zwar weniger, jedoch immer noch teilweise massive Überschreitungen des Grenzwertes zu beobachten (21). Es gilt hier anzumerken, dass es sich nicht um repräsentative Erhebungen handelte, da vor allem Fischproben von Lieferanten untersucht wurden, bei denen bereits früher Fische mit erhöhten Hg-Gehalten gefunden wurden.

Thunfisch aus der Konserve weist normalerweise niedrigere Hg-Konzentrationen auf, weil für die Konserve andere Thunfischarten (Skipjack und Yellowfin) und/oder kleinere Fische mit tieferer Methyl-Hg-Belastung verwendet werden (5). Neuere Messungen in Speisefisch (Egli, Felchen, Rotauge, Hecht) aus Schweizer Gewässern ergaben Hg-Gehalte deutlich unterhalb der entsprechenden FIV-Grenzwerte (22, 23).

Die europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) hat die Hg-Exposition über die Nahrung für die Bevölkerung in verschiedenen Mitgliedstaaten abgeschätzt (18) und zu den gesundheitlichen Risiken Stellung genommen (24). Werden die Befunde auf die Schweiz übertragen, so ist die durchschnittliche Methyl-Hg-Exposition der Verbraucherinnen via Nahrung als unbedenklich einzustufen. Beim Konsum bestimmter Fischarten wie beispielsweise Schwertfisch, Hai oder Thunfisch (frisch, nicht aus Konserven) könnte es jedoch zu einer Überschreitung des PTWI kommen. Der PTWI des JECFA (1,6 µg/kg KG/Woche) wird bereits bei einem wöchentlichen Konsum von 100 g Fisch mit einer Konzentration von 1 mg Methyl-Hg pro kg Fisch vollständig ausgeschöpft (Annahme 60 kg KG).

In den vergangenen Jahren haben verschiedene für die Lebensmittelsicherheit verantwortliche nationale Behörden Empfehlungen zum Fischkonsum für Frauen im gebärfähigen Alter sowie schwangere Frauen und stillende Mütter abgegeben. So hat etwa die britische Food Standard Agency (FSA) geraten, keinen Hai, Schwertfisch oder Marlin zu konsumieren (25–28). Die US-amerikanische Food and Drug Administration (FDA) hat empfohlen, keinen Hai, Schwertfisch, Königsmakrele oder Ziegelfisch zu essen (29, 30). Die europäische Kommission hat generell empfohlen, pro Woche nicht mehr als eine kleine Portion (< 100 g) Hai, Schwertfisch, Marlin oder Hecht zu konsumieren (31). Falls die obigen Fischarten auf den Teller kommen, sollen keine weiteren Fische während der betreffenden Wochen gegessen werden.

Tabelle: Quecksilbergehalte* in Raubfischen: Überschreitung des Grenzwerts von 1 mg Hg/kg (gemäss Angaben des BVET (20).

Fischart	Anzahl Proben > 1 mg/kg	%	Mittelwert	Standardabweichung	Maximalwert
	2003		(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Hai	9 von 26	35	0,847	0,586	2,3
Marlin	5 von 24	21	1,049	1,876	9,5
Schwertfisch	36 von 86	42	1,042	0,829	3,64
Thunfisch	15 von 84	18	0,687	0,665	4
	2004				
Hai	7 von 12	38	1,708	1,486	5,44
Marlin	2 von 12	11	0,904	1,52	5,36
Schwertfisch	20 von 52	32	1,033	0,862	5,11
Thunfisch	7 von 100	7	0,445	0,349	1,65
	2005				
Hai	2 von 17	12	0,605	0,928	3,5
Marlin	9 von 28	32	0,717	0,664	2,3
Schwertfisch	21 von 80	35	0,952	0,708	2,6
Thunfisch	9 von 82	11	0,536	0,426	2,4

*gemessen wurde der Hg-Totalgehalt. Der überwiegende Anteil des Quecksilbers liegt in Form von Methyl-Hg vor.

Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen

Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF) umfassen insgesamt 210 verschiedene Verbindungen (Kongenere), die sich in ihrem Chlorgehalt und der Stellung der Chloratome am Ringsystem unterscheiden *(Abbildung 1)*. Zu den dioxinähnlichen Verbindungen werden auch die koplanaren polychlorierten Biphenyle (cPCB) gezählt. Das sind diejenigen PCB-Kongenere, die in der ortho-Stellung nur einen oder gar keinen Substituenten tragen. Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen kommen überall in der Umwelt vor. Hauptquellen sind heute Verbrennungsprozesse (unsachgemässe Abfallverbrennung, Waldbrände, Vulkanausbrüche), lokal begrenzt auch bestimmte industrielle Prozesse (Chlorbleichung in der Papierindustrie) und Altlasten mit polyhalogenierten aromatischen Verbindungen. Über die Luft werden sie verteilt und lagern sich auf Böden, Gewässern und Pflanzen ab. PCB fanden aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften weite Anwendung als Kühl- und Isolierflüssigkeiten in Transformatoren, als Weichmacher für Lacke und Klebstoffe sowie als hydraulische Flüssigkeiten und Wärmeüberträgeröle.

Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen sind chemisch sehr stabil, sehr gut fettlöslich, und viele sind biologisch schlecht abbaubar. Aufgrund dieser Eigenschaften können sie sich in der Nahrungsmittelkette anreichern. Hauptexpositionsquellen für den Menschen sind Milch und Milchprodukte sowie Fleisch und Fisch *(Abbildung 2* [32]).

Die Toxizität der verschiedenen PCDD und PCDF unterscheidet sich stark. Die giftigste Verbindung ist das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (2, 3,7,8-TCDD, «Seveso-Gift») *(Abbildung 1)*. Bei akuten Vergiftungen von Menschen steht eine Hautkrankheit, die sogenannte Chlorakne, im Vordergrund. 2,3,7,8-TCDD wurde von der internationalen Krebsforschungsagen-

tur (IARC) als menschliches Kanzerogen (Gruppe 1) eingestuft (33). In Vietnam, nach dem Einsatz des mit Dioxinen verunreinigten Entlaubungsmittels «Agent Orange», konnte ein Zusammenhang zwischen der Dioxinbelastung der Eltern und der Häufigkeit von Missbildungen bei Kindern festgestellt werden. In tierexperimentellen Untersuchungen erwiesen sich Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen als reproduktionstoxisch, immuntoxisch, neurotoxisch und kanzerogen und zeigten hormonähnliche Wirkungen. Entwicklungsstörungen des Reproduktions- und Immunsystems nach Exposition in utero waren die empfindlichsten Effekte (34). Somit ist auch für diese Stoffgruppe die Schwangerschaftszeit der empfindlichste Zeitraum für die Auslösung negativer gesundheitlicher Effekte.

Weil Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen mit dem gleichen Wirkungsmechanismus nicht als einzelne Kongenere sondern als komplexe Mischungen vorliegen, werden in der Risikobewertung sogenannte Toxizitätsäquivalenz-Faktoren (TEF) zu Hilfe genommen, mit denen sich die Gesamttoxizität solcher Gemische erfassen lässt (TEQ-Konzept, siehe *Kasten*).

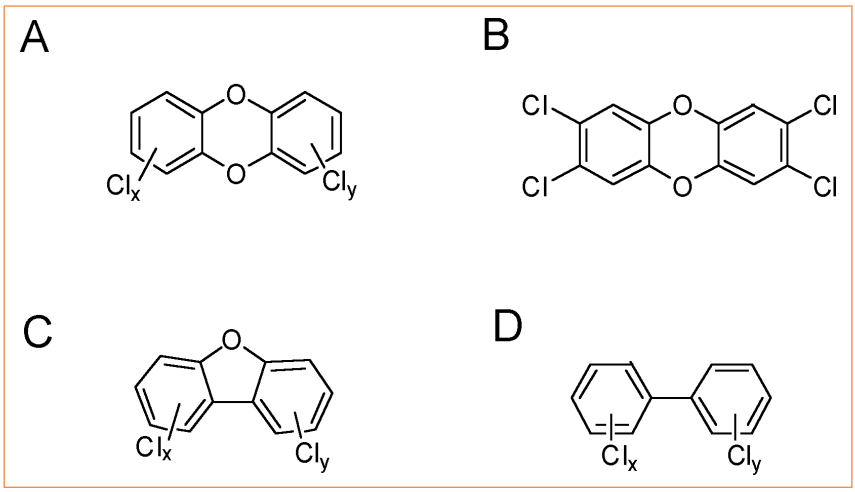

Abbildung 1:
A) Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD)
B) 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD, «Seveso-Gift»)
C) Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)
D) Polychlorierte Biphenyle (PCB)

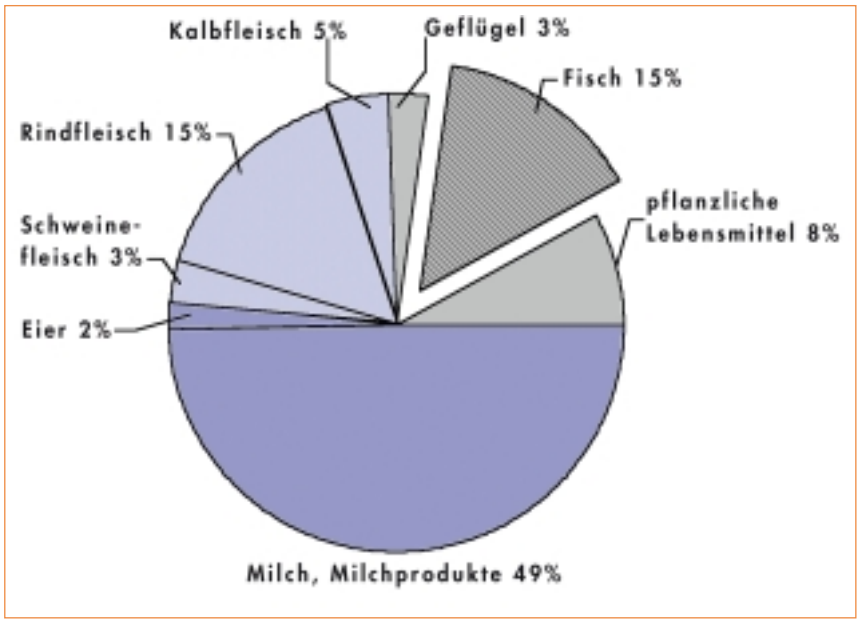

Abbildung 2: Verteilung der Gesamtbelastung der Schweizer Bevölkerung mit der Summe an PCDD, PCDF und cPCB (in TEQ) in Prozent durch Lebensmittel (entnommen aus [32]).

Das TEQ-Konzept

Die Belastung der Lebensmittel mit PCDD, PCDF und cPCB wird in Form von sogenannten Toxizitätsäquivalenten (TEQ) ausgedrückt, das heisst, die Belastung wird in Beziehung zur Referenzsubstanz 2,3,7,8-TCDD gesetzt. Dazu wird die Menge der Kongenere mit einem Toxizitätsäquivalenz-Faktor (TEF) in 2,3,7,8-TCDD-Äquivalente umgerechnet. TEF gibt den toxischen Effekt relativ zur Vergleichssubstanz 2,3,7,8-TCDD, dessen TEF = 1 ist. Die Multiplikation der Konzentration beziehungsweise Dosis jedes vorliegenden Kongeneres mit dem zugehörigen TEF und die anschliessende Aufsummierung aller TEQ ergeben den Gesamtwert eines Gemisches.

In einer WHO-Konsultation im Jahr 1998 wurde ein TDI-Wert von 1 bis 4 pg TEQ/kg KG/Tag festgelegt (35). Der wissenschaftliche Lebensmittelausschuss der EU (SCF) hat im Jahr 2000 eine provisorische wöchentlich tolerierbare Aufnahmemenge (PTWI) von 0 bis 14 pg TEQ/kg KG festgelegt (36). Das FAO/WHO-Expertengremium für Lebensmittelzusatzstoffe (JECFA) leitete 2002 eine provisorische monatlich tolerierbare Aufnahmemenge (PTMI) von 0 bis 70 pg TEQ/kg KG/Monat ab (37).

Die durchschnittliche Aufnahme der Schweizer Bevölkerung von PCDD und PCDF beträgt 0,7 pg TEQ/kg KG/Tag und von cPCB 1,8 pg TEQ/kg KG/Tag, im Total also 2,5 pg TEQ/kg KG/Tag (32). Damit ist klar, dass ein Teil der Schweizer Bevölkerung den PTMI beziehungsweise den PTWI überschreitet. Weil Dioxine und dioxinähnliche PCB Halbwertszeiten im menschlichen Körper von mehreren Jahren aufweisen, ist die Belastung der Mutter bis zum Zeitpunkt der Schwangerschaft wesentlich entscheidender für die Exposition des Feten als diejenige während der Schwangerschaft und Stillzeit.

Insgesamt deuten die Daten zum Vorkommen von Dioxinen und dioxinähnlichen Verbindungen in fettreichen Fischen darauf hin, dass pro Woche bis zu zwei Portionen fettreicher Fisch konsumiert werden können, ohne dass es zu einer Überschreitung des PTWI kommen sollte (5, 25). Aber auch hier kann die Wahl der konsumierten Fischart die Exposition des Menschen mit diesen Stoffen beein-

flussen: Ostseehering und wilder Ostseelachs enthalten durchschnittlich 3,5- bis 5-mal höhere Konzentrationen an Dioxin und dioxinähnlichen PCB als Hering aus anderen Gewässern und Zuchtlachs (5). Art, Saison und Ernährung sowie Ort, Lebensphase und Alter der Fische wirken sich in erheblichem Masse auf deren Nähr- und Schadstoffkonzentrationen aus, sowohl bei Wild- als auch bei Zuchtfisch. Aufgrund der begrenzt zur Verfügung stehenden Daten scheint es, dass die möglicherweise auftretenden Unterschiede zwischen Zucht- und Wildfisch unter Berücksichtigung der oben genannten Faktoren gering sind (5, 34).

Ernährungsempfehlungen für Schwangere im Hinblick auf den Fischkonsum

Basierend auf aktuellen Schadstoffgehalten der in der Schweiz vermarkteten Speisefische hat eine Expertengruppe der Eidgenössischen Ernährungskommission (EEK) Empfehlungen zum Fischkonsum für schwangere Frauen (sowie stillende Mütter) erarbeitet. Sie empfiehlt, auf den Konsum von Schwertfisch, Marlin und Hai zu verzichten und pro Woche höchstens eine Portion (ca. 130 g pro Portion) Thunfisch (frisch, nicht aus Konserven) oder ausländischen Hecht oder höchstens vier Portionen Thunfisch aus Konserven zu konsumieren. Vom Verzehr von Ostseehering und Ostseelachs wird wegen der teilweise hohen Gehalte an Dioxinen und dioxinähnlichen Verbindungen abgeraten (1). Von anderen fettreichen Fischarten sollen und können Schwangere ohne Bedenken bis zu zwei Portionen pro Woche konsumieren. Befolgen Schwangere diese Ernährungsempfehlungen, überwiegt der gesundheitliche Nutzen des Fischkonsums, insbesondere durch die Zufuhr von LC n-3 PUFA, bei weitem die möglichen Risiken durch Umweltschadstoffe (16, 25, 38, 39). ■

Korrespondenzadresse:
Dr. Beat J. Brüschweiler
Bundesamt für Gesundheit
Sektion Ernährungs- und Toxikologische Risiken
Stauffacherstrasse 101
8004 Zürich
E-Mail: beat.brueschweiler@bag.admin.ch

Literatur:

1. Eidgenössische Ernährungskommission (EEK). Ernährung in Schwangerschaft und Stillzeit. Gefahren für Mutter und Kind? 2007. www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00211/03529/03839/index.html?lang=de___
2. Cohen JT, Bellinger DC, Connor WE, Shaywitz BA. A quantitative analysis of prenatal intake of n-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive development. Am. J Prev. Med. 2005; 29: 366–374.
3. Hornstra G. Essential fatty acids during pregnancy. Impact on mother and child. Nestlé. Nutr. Workshop Ser. Pediatr.Program. 2005; 83–96.
4. Souci, Fachmann, Kraut. Die Zusammensetzung der Lebensmittel – Nährwert-Tabellen. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsges. mbH, 2000.
5. European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European Parliament related to the safety assessment of the wild and farmed fish. Question N° EFSA-Q-2004-23. The EFSA Journal 2005; 236: 1–118.
6. United Nations Environment Program (UNEP). Global mercury assessment. 1–258. 2002. Geneva, Switzerland.
7. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Methylmercury. World Health Organization. WHO Food Additives Series 44. 2000. Geneva, Switzerland.
8. Clarkson TW. The three modern faces of mercury. Environ Health Perspect. 2002; 110 Suppl 1: 11–23.
9. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Methylmercury (addendum). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the sixty-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). IPCS. 52, 565–623. 2004. Rome. WHO Food Additives Series.
10. European Food Safety Authority (EFSA). EFSA provides risk assessment on mercury in fish: Precautionary advice given to vulnerable groups. 2004.
11. Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Palumbo D, Cernichiari E, Sloane-Reeves J, Wilding GE, Kost J, Huang LS, Clarkson TW. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. Lancet 2003; 361: 1686–1692.
12. Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N, Dahl R, Jorgensen PJ. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. Neurotoxicol.Teratol. 1997; 19: 417–428.
13. Grandjean P, White RF, Weihe P, Jorgensen PJ. Neurotoxic risk caused by stable and variable exposure to methylmercury from seafood. Ambul.Pediatr. 2003; 3: 18–23.
14. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Summary and conclusions. Sixty-seventh meeting. Rome, 20–29 June. 2006.
15. Bolger PM, Schwetz BA. Mercury and health. N.Engl.J Med. 2002; 347: 1735–1736.
16. Mozaffarian D, Rimm EB. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. JAMA 2006; 296: 1885–1899.
17. Tressou J, Crepet A, Bertail P, Feinberg MH, Leblanc JC. Probabilistic exposure assessment to food chemicals based on extreme value theory. Application to heavy metals from fish and sea products. Food Chem Toxicol 2004; 42: 1349–1358.
18. European Commission (EC). Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU member states. European Commission and Directorate-General Health and Consumer Protection. Report of experts participating in Task 3.2.11, 1–125. 2004.
19. Eidgenössisches Departement des Innern. Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV). Änderung vom 23. November 2005. SR 817.021.23. RS 817.021.23. 2005.
20. Bundesamt für Veterinärwesen (BVET). Persönliche Mitteilung. 2005.
21. Bundesamt für Veterinärwesen (BVET). Persönliche Mitteilung. 2007.
22. Haldimann M, Blanc A, Dudler V. Mercury in some edible freshwater fish. Mitt. Lebensm. Hyg. [submitted]. 2007.
23. Kantonales Labor Bern. Jahresbericht 2003.
24. European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to mercury and methylmercury in food. Request N° EFSA-Q-030. The EFSA Journal 34, 1–14. 2004.
25. Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN). Advice on fish consumption: benefits and risks. 2004. London.
26. Food Standard Agency (FSA). FSA issues new advice on oily fish consumption. 2004.
27. Food Standard Agency (FSA). Agency updates advice to pregnant and breastfeeding women on eating certain fish. 2003.
28. Food Standard Agency (FSA). Agency issues precautionary advice on eating shark, swordfish and marlin. 2002.
29. FDA/EPA. Overview of the draft FDA/EPA methylmercury (MeHg) consumer advisory. 2003.
30. FDA/EPA. What you need to know about mercury in fish and shellfish. 2004.
31. European Commission (EC), Health & Consumer Protection Directorate-General. Information Note: Methylmercury in fish and fishery products. 1–3. 2004.
32. Kuchen A. Rückstände von Umweltkontaminanten in Lebensmitteln. In: Eichholzer M, Camenzind-Frey E, Matzke A, Amadó R, Ballmer ME et al. (eds.). Fünfter Schweizerischer Ernährungsbericht. Bern: Bundesamt für Gesundheit. 2005: 389–402.
33. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. [69]. 1997.
34. European Food Safety Authority (EFSA). EFSA Scientific Colloquium. Summary Report. Dioxins. Methodologies and principles for setting tolerable intake levels for dioxins, furans and dioxin-like PCBs. 28–29 June 2004. Brussels.
35. WHO-ECEH-IPCS. Consultation on assessments of the health risk of dioxins; re-evaluation of the tolerable daily intake (TDI). Food Addit Contam 17, 223–240. 2000.
36. Scientific Committee on Food (SCF). Opinion on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food. SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 Final. 2000.
37. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans, and coplanar polychlorinated biphenyls. WHO Food Additives Series 48. 2002. Geneva, Switzerland, World Health Organization.
38. Cohen JT, Bellinger DC, Connor WE, Kris-Etherton PM, Lawrence RS, Savitz DA, Shaywitz BA, Teutsch SM, Gray GM. A quantitative risk-benefit analysis of changes in population fish consumption. Am. J Prev. Med. 2005; 29: 325–334.
39. Institute of Medicine of the National Academies. Seafood choices: balancing benefits and risks. 2006.