

How to remove mineral oil from packaged food?

What is the problem? Mineral oil hydrocarbons (MOH) are a large group of organic chemicals found ubiquitously in the environment. They are predominantly produced from crude mineral oils, but can also be generated from coal, natural gas or biomass. MOH can be intentionally added to foods after they have been refined, but they can end up in food as contaminants. Contaminating MOH are transferred to food from the air, ocean environments, food packaging and contact materials, as well as machinery used in food production and preparation [van de Ven et al. 2017].

Rice, pasta, cereals, chocolate, etc.: many everyday foods can be contaminated with harmful MOH. However, despite ubiquitous and frequent exposures little is known about the potential toxicological effects, particularly regarding the aromatic¹ mineral oil fractions. Tarnow et al. [2016] tested mineral oils with various aromatic hydrocarbon contents using a battery of *in vitro* assays to address various hormonal (endocrine) endpoints. In addition, these scientists also applied the comet assay² to test for genotoxicity³. Out of 15 mineral oils tested, 10 were found to potentially act as xenoestrogens⁴. For most of the oils the effects were clearly triggered by constituents of the aromatic hydrocarbon fraction. From 5 oils tested in the comet assay, 2 showed slight genotoxicity. Altogether it appears that mineral oils — e.g. the ones used in printing inks — are potential endocrine disruptors; it must therefore be carefully assessed to what extent they might contribute to the total estrogenic burden in humans.

Currently, MOH are primarily separated into mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH), because their toxicological end points are different [Biedermann et al. 2009; Grob 2018a]. But, even though the problem has been well known since the 1980s, the European Union has still to adopt regulations to prevent mineral oil contamination in food.

So, why is it so difficult to set threshold values that may not be exceeded? Some 30 to 40 years ago “white” or “well-purified” mineral oil was considered as suitable for nutritional use, meaning that it was safely edible. White oils are largely (not completely) free of MOAH.

¹ In organic chemistry, the term aromaticity is used to describe a cyclic or ring-shaped, planar molecule with a ring of resonance bonds that exhibits more stability than other geometric or connective arrangements with the same set of atoms

² The comet assay (single-cell gel electrophoresis) is a simple method for measuring deoxyribonucleic acid (DNA) strand breaks in eukaryotic cells [Collins 2004]

³ Genotoxicity is defined as a destructive effect on a cell's genetic material (DNA, RNA) affecting its integrity [Shah 2012]

⁴ Xenoestrogens are defined as chemicals that mimic some structural parts of the physiological estrogen compounds, therefore may act as estrogens or could interfere with the actions of endogenous estrogens [Słomczyńska 2008]

There is, however, little justification for this. On the contrary, frequent granuloma⁵ formation in human tissues has been ascribed to mineral oil [Dincsoy et al. 1982; Grob 2018b]. Since then, several efforts were undertaken to set acceptable daily intake values. But often the evaluations were questioned [Grob 2018b]. The latest results confirm that a far-reaching revision of the regulations is urgently required [Barp et al. 2017a & 2017b]. Independently of the conflicting scientific evaluations, the public perception changed completely. White mineral oil was no longer perceived as a food-grade component but rather as a contaminant of concern.

Today the finger of blame often points in the direction of food packaging materials, more particularly the recycled paper and board. However, the earliest findings received but little attention [Goeyens 2014]. Hazardous contaminations with MOSH, occurring in powdered baby milk and other dry foods packaged in cardboard boxes for several weeks, were observed: the hydrocarbons contaminated the food at concentration levels between 10 and 150 mg per kg. These observations date as far back as 22 years, when they were published by Swiss scientists of the Official Food Control Authority of the Canton of Zurich [Droz & Grob 1997]. That alone is reason enough for concern; it is quite clear that new protective measures are taking too long.

There are multiple expected and/or unexpected contamination sources. Jute⁶ as well as sisal⁷ bags are made of fibres that must be treated with a batching oil to improve spinning. Related to the fibres, 5 to 7 % batching oil is applied, of which roughly half evaporates during subsequent airing to avoid an off-flavour of the packed food. Typically bags of ~1.5 kg are used for packing 50 kg of food, which corresponds to ~45 g of oil in contact with the food. A hypothetical total transfer would result in concentrations of ~900 mg per kg food. Roughly, one third of the MOH volatilizes to be transferred to dry foods [Grob 2018b]. This can e.g. give rise to MOH contamination of hazelnuts, rice, cocoa as well as coffee.

Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food authorises the use of white mineral oils and waxes specified by an elevated molecular mass without a specific migration limit. In other words, only the overall migration limit of 10 mg per dm² food contact surface applies [Grob 2018b]. Nonetheless, several cases of MOH migration have been reported in the past.

⁵ A granuloma is one of several forms of localized nodular inflammation found in tissues

⁶ The glossy fibre of either of two Asian plants (*Corchorus olitorius* and *C. capsularis*) of the linden family used chiefly for sacking, burlap, and twine [Merriam-Webster]

⁷ A Mexican agave with large fleshy leaves, cultivated for fibre production

Castle et al. [1991] determined migration of MOH from polystyrene cups and beakers into beverages. Jickells et al. [1994] found low migration from cork lubricated with mineral hydrocarbons into wine or from paper jam cover discs. There is but little data on MOSH migration from polyolefins containing white mineral oil as an additive. Migration into powdered formula for baby bottles was found to reach ~5 mg per kg [Biedermann-Brem et al. 2012]; and this demonstrated that the migration of virtually non-volatile substances into dry food may be significant when food particles are small [Eicher et al. 2015].

It is nowadays well recognized that recycled paperboard contains MOH [Biedermann & Grob 2010], largely from the printing inks (on newspaper, for example). EU authorities face a dilemma: the recycling of paper and board is highly recommended for the sustainable use of materials to avoid or stop imminent resource depletion. On the other hand, however, it can never be accepted that the migration from recycled board exceeds the level that is considered safe by the present official toxicological evaluation by a factor of 100. Available MOH migration results [Lorenzini et al. 2010, Vollmer et al. 2010; Biedermann et al. 2013, Lorenzini et al. 2013; Barp et al. 2015] significantly discredit the use of paperboard made from recycled fibres in food packaging.

The largest amounts of recycled fibres are used in transport boxes. They not only contaminate foods in paperboard folding boxes, but also those in paper or plastic bags [Grob 2018b]. It was shown for pasta and rice that migration from transport boxes through plastic films and boxes of virgin fibre board was substantial. There were some particular cases too, such as pralines or chocolate candies, which contained ~30 mg MOH per kg.

Apart from food packaging, several other sources can lead to food contamination. Food additives, processing aids and other uses contribute to MOSH levels, together with release agents for bakery ware and sugar products, as well as oils for surface treatment of foods, such as rice and confectionery [EFSA 2013, Grob 2018b]. Paraffinic waxes are authorised for use in chewing gum, spruce-sap chewing gums were first brought to the US market in the mid-1800s and later replaced by those made with petroleum-derived paraffin wax. They are also used as coatings for fruits and vegetables, as well as in pesticide formulations [Fiorini et al. 2008; Teixeira et al. 2009]. Furthermore, MOH are used as defoamers and anti-dusting agents for cereal grains.

Environmental contamination sources are lubricating oil from engines without a catalyst (mainly diesel), unburned fuel oil, debris from tyres and road bitumen.

Additional sources are machinery used for harvesting (diesel oil, lubricating oil) and food processing, e.g. lubricating oils in pumps, syringe type dosing and other industrial installations. And, solvents consisting of individual alkanes or complex MOH mixtures are used as cleaning agents and may contaminate food products.

MOH can also be used as binders for minor additives added as powder in feed formulas.

Food contamination must be avoided at all times. Meanwhile it became obvious that high numbers of potentially migrating substances may be released in the packaged food. A great deal of the substances we ingest interfere with our hormonal system and can therefore make us sick. How do we keep them out of our food? Ewender et al. [2012] investigated the permeation of mineral oil components from cardboard packagings. Although there are some possibilities to limit the migration, a functional barrier seems to be the best solution to stop it altogether.

Simply replacing recycled fibres for primary food packaging by fresh fibres may appear to be the safest and most elegant solution. However, the production of fresh fibres is restricted by forest growth. The demand for paper and cardboard used for food packaging seems beyond current forest renewal. Additionally, even if all primary food packaging were made of fresh fibres, mineral oil contamination would still be possible through evaporation off secondary packaging. In other words, the substitution of recycled by virgin fibres will reduce the risk of contamination without completely excluding it.

Since printing inks play a predominant role, it is worth trying to replace their mineral oil components by safer chemicals. There are however several technical limitations, and it goes without saying that a sensible and cautious approach would be to thoroughly assess possible substitutes for mineral oil components prior to their use. This would prevent similar problems in the (near) future.

Decontamination during the paper and board recycling processes is a third option. An efficient removal of the mineral oil components would solve the problem. This option would involve increasing the cleaning efficiency so that the recycled materials meet the official migration limits and would require a drastic reorganization of the currently applied processes, which hardly seems feasible in the foreseeable, near future.

Finally, the application of good quality plastic barriers can significantly reduce the contamination of packed food products. Since all other measures require plenty of cooperation up and down the supply chain, the introduction of barriers is now considered the

most promising solution. Functional barriers⁸ have been highly recommended to protect the foods against mineral oil in the packaging materials [German Federation of Food Law and Food Science 2017]. Per definition, behind a functional barrier, non-authorized substances may be used, provided their migration remains below a given detection limit. According to the Commission Regulation (EU) No 10/211, a maximum level of 0,01 mg per kg in food is established for the migration of a non-authorized substance through a functional barrier. Substances that are mutagenic, carcinogenic or toxic to reproduction should not be used in food contact materials or articles without previous authorisation and are, therefore, not covered by the functional barrier concept.

The Belgian Packaging Institute (IBE-BVI) partners the VIS project OptiBarrier. The third part of the OptiBarrier project, in which IBE-BVI takes part, aims at reviewing the role of a functional barrier against migration of, among others, mineral oils and ink components from packaging into food. The project started on October 1, 2015. VIS trajectories are Flemish Innovation Partnerships addressing the challenges of joint companies. Studies such as Optibarrier are financed by the Flemish authorities [<https://www.pack4food.be/project/optibarrier>].

References

Barp et al. [2015]. Migration of selected hydrocarbon contaminants into dry pasta packaged in direct contact with recycled paperboard, *Food Additives and Contaminants: Part A* 32, 2, 271 - 283

Barp et al. [2017a]. Accumulation of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats: Comparison with human data and consequences for risk assessment, *Science of The Total Environment* 575, 1263 - 1278

Barp et al. [2017b]. Mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats; accumulation of wax components; implications for risk assessment, *Science of The Total Environment* 583, 319 – 333

Biedermann & Grob [2010]. Is recycled newspaper suitable for food contact materials? Technical grade mineral oils from printing inks, *European Food Research and Technology* 230, 5, 785 - 796

Biedermann et al. [2009]. Aromatic Hydrocarbons of Mineral Oil Origin in Foods: Method for Determining the Total Concentration and First Results, *Journal of agricultural and food chemistry* 57, 19, 8711 – 8721

⁸ Functional barriers are multilayer structures deemed to prevent migration of some chemicals released by food contact materials into food [Feigenbaum et al. 2005]

- Biedermann et al. [2013]. Migration of mineral oil, photoinitiators and plasticisers from recycled paperboard into dry foods: a study under controlled conditions, *Food Additives and Contaminants: Part A* 30, 5, 885 - 898
- Biedermann-Brem et al. [2012]. Migration of polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons (POSH) into food, *Food Additives and Contaminants: Part A* 29, 3, 449 – 460
- Castle et al. [1991]. Migration of mineral hydrocarbons into food. 1. Polystyrene container for hot and cold beverages, *Food Additives and Contaminants* 8, 6, 693 – 700
- Collins [2004]. The comet assay for DNA damage and repair: principles, applications, and limitations, *Molecular Biotechnology* 26, 3, 249 – 261
- Dincsoy et al. [1982]. Lipogranulomas in non-fatty human livers. A mineral oil induced environmental disease, *American Journal of Clinical Pathology* 78, 35 – 41
- Droz & Grob [1997]. Determination of food contamination by mineral oil material from printed cardboard using on-line coupled LC-GC-FID, *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A* 205, 239 – 241
- EFSA [2013]. Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food, *EFSA Journal* 10, 6, pp. 185
- Eicher et al. [2015]. Migration by “direct” or “indirect” food contact? Dry or wetting foods? Some experimental data for paper and board. *Food Additives and Contaminants: Part A* 32, 1, 110 – 119
- Ewender et al. [2012]. Permeation of Mineral Oil Components from Cardboard Packaging Materials through Polymer Films, *Packaging Technology and Science* 26, 7, 423 – 434
- Feigenbaum et al. [2005]. Functional Barriers: properties and evaluation, *Food Additives and Contaminants* 22, 10, 956 – 967
- Fiorini et al. [2008]. Contamination of grape seed oil with mineral oil paraffins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 11245 - 11250
- German Federation of Food Law and Food Science [2017]. *Toolbox for Preventing the Transfer of Undesired Mineral Oil Hydrocarbons into Food*, Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V., pp. 35
- Goeyens [2014]. *Food and Packaging: a chemical spark*, ACCO, Leuven, pp. 147
- Grob [2018a]. Toxicological Assessment of Mineral Hydrocarbons in Foods: State of Present Discussions, *Journal of agricultural and food chemistry* 66, 27, 6968 – 6974
- Grob [2018b]. Mineral oil hydrocarbons in food: a review, *Food Additives and Contaminants: Part A* 35, 9, 1845 – 1860
- Jickells et al. [1994]. Migration of mineral hydrocarbons into foods. 5. Miscellaneous applications of mineral hydrocarbons in food contact materials, *Food Additives & Contaminants* 11, 3, 333 - 341
- Lorenzini et al. [2010]. Saturated and aromatic mineral oil hydrocarbons from paperboard food packaging: estimation of long-term migration from contents in the paperboard and data on boxes from the market, *Food Additives and Contaminants: Part A* 27, 12, 1765 – 1774

Lorenzini et al. 2013. Migration kinetics of mineral oil hydrocarbons from recycled paperboard to dry food: monitoring of two real cases, *Food Additives and Contaminants: Part A* 30, 4, 760 - 770

Shah [2012]. Importance of Genotoxicity & S2A guidelines for genotoxicity testing for pharmaceuticals, *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 1, 2, 43 – 54

Słomczyńska [2008]. Xenoestrogens: mechanisms of action and some detection studies, *Polish Journal of Veterinary Sciences* 11, 3, 263 - 269

Tarnow et al. [2016]. Estrogenic Activity of Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons Used in Printing Inks, *PLoS ONE* 11, 1, pp. 15

Teixeira et al. [2009]. Paraffin wax emulsion for increased rainfastness of insecticidal bait to control *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae), *Journal of Economic Entomology* 102, 3, 1108 - 1115

van de Ven et al. [2017]. *Mineral oils in food; a review of toxicological data and an assessment of the dietary exposure in the Netherlands*, RIVM Letter report 2017-0182, pp. 62

Vollmer et al. [2010]. Migration of mineral oil from printed paperboard into dry foods: survey of the German market, *European Food Research and Technology* 232, 1, 175 – 182

Hoe verwijderen we minerale olie uit verpakte voeding?

Wat is het probleem? Koolwaterstoffen uit minerale olie (mineral oil hydrocarbons, MOH) vormen een grote groep organische chemische stoffen die overal in het milieu zitten. Ze worden hoofdzakelijk geproduceerd uit ruwe olie, maar kunnen ook ontstaan uit steenkool, aardgas en biomassa. Indien opgezuiverd kunnen MOH aan de voeding worden toegevoegd, maar er kan ook sprake zijn van contaminatie. De verontreiniging door MOH komt uit de lucht, de oceaan, de verpakkings- en contactmaterialen voor voeding en ook uit de apparaten voor voedselproductie en verwerking [van de Ven et al. 2017].

Rijst, pasta, granen, chocolade, enz. en nog heel wat meer van onze dagdagelijkse voedingproducten kunnen verontreinigd zijn met schadelijke MOH. Maar ondanks zeer verspreide en veelvuldige blootstellingen is er weinig geweten over mogelijke toxicologische effecten, en dit vooral wat de aromatische⁹ fractie van de minerale olie betreft. Tarnow et al. [2016] hebben een hele reeks *in vitro* testen uitgevoerd op minerale olies met variabele hoeveelheden aromatische koolwaterstoffen om de hormonale (endocriene) eigenschappen ervan te bepalen. Ze maakten ook gebruik van de komeetttest¹⁰ om de genotoxiciteit¹¹ van de monsters te bepalen. Tien van de vijftien monsters waren potentiële xenoestrogenen¹² en dat was meestal te wijten aan de aromatische fractie. Twee van de vijf monsters die werden getest met de komeetttest vertoonden lichte genotoxiciteit. Samengevat blijkt de minerale olie — b.v. deze gebruikt in de drukinkt — een hormoonverstoorder te zijn. En daarom is het belangrijk nauwkeurig na te gaan in hoeverre MOH bijdragen tot de gehele hormonale verstoring in de mens.

Momenteel worden MOH opgesplitst in verzadigde koolwaterstoffen van minerale olie (mineral oil saturated hydrocarbons, MOSH) en aromatische koolwaterstoffen van minerale olie (mineral oil aromatic hydrocarbons, MOAH), omdat de toxicologische effecten van beide erg verschillen [Biedermann et al. 2009; Grob 2018a]. Het probleem is al sedert de jaren 80

⁹ Aromatische scheikundige stoffen zijn cyclische, ringvormige en vlakke moleculen; door de geconjugeerde bindingen vertonen degrelijke moleculen meer stabiliteit dan andere geometrische schikkingen met hetzelfde aantal atomen

¹⁰ De komeetttest is een eenvoudige methode voor het meten van desoxyribonucleïnezuur (DNA) strengbreuken in eukaryote cellen [Collins 2004]

¹¹ Genotoxiciteit wordt gedefinieerd als een destructief effect op het genetisch materiaal van een cel (DNA, RNA) dat de integriteit ervan aantast [Shah 2012]

¹² Xenoestrogenen worden gedefinieerd als chemische stoffen, die sommige structurele delen van de fysiologische estrogeenverbindingen nabootsen en zo kunnen ageren als estrogenen of kunnen interfereren met de werking van endogene estrogenen [Słomczyńska 2008]

goed gekend, en toch heeft de Europese Unie nog steeds geen regelgeving om de verontreiniging van voeding met minerale olie te voorkomen.

Waarom is het dan zo moeilijk om drempelwaarden, die niet mogen overschreden worden, vast te leggen? Zo'n 30 tot 40 jaar geleden werd "witte" of "goed opgezuiverde" minerale olie gezien als geschikt voor gebruik in de voeding, m.a.w. ze was perfect eetbaar. Witte olie is grotendeels (maar niet helemaal) vrij van MOAH. Die voedingsgeschiktheid is evenwel niet bewezen. Integendeel, de granuloomvorming¹³ in menselijk weefsel wordt vaak toegeschreven aan minerale olie [Dincsoy et al. 1982; Grob 2018b]. Er werden reeds geruime tijd pogingen ondernomen om aanvaardbare dagelijkse innames te definiëren, maar die werden steeds in vraag gesteld [Grob 2018b]. De laatste resultaten bevestigen nochtans dat een grondige herziening van de wetgeving wel degelijk nodig is [Barp et al. 2017a & 2017b]. En onafgezien van de tegenstrijdige wetenschappelijke evaluaties is de publieke opinie helemaal veranderd: witte minerale olie wordt niet meer gezien als een voedingsgeschikt product, maar wel als een zorgwekkende voedingscontaminant.

De verpakkingsmaterialen worden vandaag met de vinger gewezen, en vooral het gerecycleerd papier en karton. De allereerste vaststellingen kregen nochtans maar weinig aandacht [Goeyens 2014]. Er waren schadelijke verontreinigingen van MOSH in babymelk in poedervorm en in andere droge voedingsproducten die wekenlang waren verpakt in kartonnen dozen. De concentraties in de voeding liepen op tot 10 à 150 mg per kg. Het betreft hier vaststellingen, die werden gepubliceerd door Zwitserse wetenschappers van het officieel bureau voor voedingscontrole van het kanton Zurich, van zo'n 22 jaar geleden [Droz & Grob 1997]. Dat alleen al is reden genoeg voor bezorgdheid; maar de nieuwe beschermingsmaatregelen laten te lang op zich wachten, zoveel is duidelijk.

Er zijn heel wat verwachte en/of onverwachte bronnen van verontreiniging. Jute¹⁴ en sisal¹⁵ zakken worden gemaakt van vezels die moeten behandeld worden met een doseerolie om ze beter te kunnen spinnen. Met betrekking tot de vezels wordt er 5 à 7 % olie gebruikt; daarvan verdampt ongeveer de helft bij het luchten, wat vermijdt dat er een bijmaak zou ontstaan. Meestal worden er zakken van ~1.5 kg gebruikt voor het verpakken van 50 kg voeding, wat overeenkomt met ~45 g olie in contact met de voeding. Een hypothetische, volledige transfer

¹³ Onder een granuloom wordt verstaan een ophoping van witte bloedcellen en huidcellen meestal ten gevolge van de hardnekkige aanwezigheid van giftige of lichaamsvreemde stoffen op een bepaalde plaats

¹⁴ De glanzende vezel van een van de twee Aziatische planten (*Corchorus olitorius* en *C. capsularis*) van de lindenfamilie hoofdzakelijk gebruikt voor plundering, jute en bindgaren [Merriam-Webster]

¹⁵ Een Mexicaanse agave met grote vlezige bladeren, die geteeld wordt voor vezelproductie

zou resulteren in ~900 mg per kg voeding. Ongeveer een derde van de MOH vervluchtigt en wordt getransfereerd naar de droge voeding [Grob 2018b]. Dit kan aanleiding geven tot een verontreiniging van hazelnoten, rijst, cacao en ook koffie.

Verordening (EU) Nr. 10/2011 van de Commissie betreffende materialen en voorwerpen van kunststof, bestemd om met levensmiddelen in contact te komen staat toe dat witte minerale oliën en wassen met een hoge moleculaire massa gebruikt worden zonder specifieke migratielimit. Dit betekent dat enkel de globale migratie van 10 mg per dm² voedingscontact van toepassing is [Grob 2018b]. Toch werden in het verleden meerdere gevallen van MOH-migratie gemeld. Castle et al. [1991] bepaalden de migratie van MOH naar dranken tassen en bekertjes van polystyreen. Jickells et al. [1994] vonden een lage migratie uit ingesmeerde kurk in wijn en ook uit papieren confituurdeksels. Er zijn slechts weinig gegevens betreffende MOSH-migratie uit olefinen waaraan witte minerale olie als additief is toegevoegd. Migratie uit zuigflesjes naar babyvoeding in poedervorm kan oplopen tot ~5 mg per kg [Biedermann-Brem et al. 2012]. Hieruit blijkt dat de migratie van vrijwel niet vluchtige verbindingen naar droge voeding belangrijk kan zijn wanneer de deeltjes klein zijn [Eicher et al. 2015].

Nu wordt er wel degelijk aangenomen dat gerecycleerd karton MOH bevatten die grotendeels afkomstig zijn van de drukinkt op kranten, bij voorbeeld [Biedermann & Grob 2010]. De EG overheid wordt geconfronteerd met een dilemma: het recyclen van papier en karton wordt sterk aanbevolen voor een duurzaam gebruik van materialen met de bedoeling de dreigende uitputting van de bronnen tegen te gaan of zelfs helemaal te stoppen. Maar anderzijds kan men nooit aanvaarden dat de migratie uit gerecycleerd karton de veilig geachte grenswaarde overschrijdt met een factor 100. De beschikbare MOH-migratiewaarden [Lorenzini et al. 2010, Vollmer et al. 2010; Biedermann et al. 2013, Lorenzini et al. 2013; Barp et al. 2015] plaatsen het gebruik van gerecycleerd papier en karton voor voedingsverpakkingen in een slecht daglicht.

De grootste hoeveelheden gerecycleerde vezels worden gebruikt in transportdozen. Ze contamineren niet enkel de voeding in kartonnen vouwdozen, maar ook deze in papieren en plastic zakken [Grob 2018b]. Er werd aangetoond dat de migratie uit transportdozen doorheen de plastic folie en doorheen de dozen van virgin materiaal aanzienlijk is. Bovendien waren er ook uitzonderlijke gevallen, zoals pralines en suikergoed met ~30 mg MOH per kg.

Bovenop de voedingsverpakkingen zijn er nog heel wat andere bronnen van verontreiniging. Voedingsadditieven, verwerkingshulpmiddelen en andere toepassingen dragen bij tot de MOSH-gehalten. Daar komen nog bij de smeermiddelen voor bakkerijproducten en

suikergoed, en ook de oliën voor oppervlaktebehandeling van voedingsproducten zoals rijst en gebak [EFSA 2013, Grob 2018b]. Paraffinewassen zijn toegelaten in kauwgom, die werd in de jaren 1800 eerst op de markt gebracht met het sap van sparren, maar dat werd later vervangen door paraffinewas die is afgeleid uit petroleum. Dergelijke wassen worden ook gebruikt voor fruit en groenten evenals in samenstellingen van pesticiden [Fiorini et al. 2008; Teixeira et al. 2009]. En MOH worden vaak gebruikt als ontschuimers en anti-stuifmiddelen voor granen.

Contaminatiebronnen van het milieu zijn smeerolie van motoren zonder catalysator (meestal dieselmotoren), onverbrande brandstof, afval van banden en asfalt van wegen. Ook de landbouwmachines voor de oogst (met diesel en met smeerolie) en de machines voor de voedselbewerking (de smeerolie in pompen, doseerinstallaties en andere industriële toepassingen) kunnen verontreinigen. En tenslotte kunnen de solventen, die bestaan uit individuele alkanen of uit MOH-mengsels en die men gebruikt als reinigingsmiddel, de voedingsproducten ook verontreinigen.

Daarenboven kunnen MOH gebruikt worden als bindmiddel voor de toevoeging van kleinere hoeveelheden poeders aan de veevoerders.

Wat er ook van zij, verontreiniging van de voeding moet ten allen tijde vermeden worden.

Het is ondertussen goed geweten dat er veel mogelijk migrerende stoffen in de verpakte voeding kunnen terechtkomen. En een belangrijk deel van de stoffen die wij opnemen interfereren met ons hormonaal systeem, m.a.w. die maken ons ziek. Hoe houden we ze uit onze voeding? Ewender et al. [2012] onderzochten de permeatie van minerale oliecomponenten uit kartonnen verpakkingen. Ofschoon er wel degelijke mogelijkheden bestaan om migratie te beperken, lijkt een functionele barrière de beste oplossing.

Gewoonweg de gerecycleerde vezels voor primaire voedselverpakkingen vervangen door virgin materiaal lijkt de veiligste en meest elegante oplossing. Nochtans is de productie van nieuwe vezels beperkt door bosgroei. De vraag naar papier en karton voor voedselverpakkingen lijkt groter dan de huidige vernieuwing van de bossen. En zelfs mocht alle primaire voedselverpakking bestaan uit virgin vezels, dan zou er nog MOH-verontreiniging optreden door vervluchtiging vanuit de secundaire verpakkingen. Gerecycleerde vezels vervangen door nieuwe zal enkel het risico op contaminatie verminderen, maar zal de contaminatie nooit helemaal uitsluiten.

Vermits drukinkten zo'n belangrijke rol spelen, is het de moeite waard te zoeken naar een veilig vervangproduct voor de minerale olie.

Maar er zijn wel een aantal technische beperkingen. En de mogelijke vervangers voor minerale olie op voorhand testen is ongetwijfeld de meest verstandige en voorzichtige aanpak. Dat zou gelijkaardige problemen in de (nabije) toekomst vermijden.

Een derde optie bestaat erin het papier en karton te decontamineren tijdens het recyclageproces. Op efficiënte manier de minerale oliecomponenten verwijderen zou het probleem verhelpen. Deze optie houdt in dat de efficiëntie van opzuivering aanzienlijk verbetert wat tevens een drastische reorganisatie van de huidige processen met zich meebrengt. Het lijkt er evenwel op dat zulks nauwelijks haalbaar en doenbaar wordt in de nabije toekomst.

De toepassing van kunststoffen barrières van goede kwaliteit kan de verontreiniging van verpakte voedingsproducten aanzienlijk verminderen. Aangezien alle andere maatregelen zowel boven- als benedenstreams in de toeleveringsketen veel samenwerking vereisen zou men de invoering van barrières als de meest beloftevolle oplossing kunnen beschouwen. Functionele barrières zijn sterk aanbevolen om de voeding te beschermen tegen MOH [German Federation of Food Law and Food Science 2017]. Per definitie mogen niet-toegelaten substanties gebruikt worden achter een functionele barrière op voorwaarde dat hun migratie een bepaalde grenswaarde niet overstijgt. Volgens de Verordening (EG) Nr. 10/211, mag de migratie doorheen een functionele barrière nooit meer bedragen dan 0.01 mg per kg voeding. Mutagene, kankerverwekkende en reprotoxische stoffen mogen in voedingscontactmaterialen niet gebruikt worden zonder toestemming vooraf; zij vallen niet onder het concept functionele barrière.

Het Belgisch Verpakkingsinstituut (IBE-BVI) is een partner van het VIS-project OptiBarrier (Vlaams Innovatiesamenwerkingsverband). Het derde luik van dit OptiBarrier-project, waar IBE-BVI aan deelneemt, beoogt een review van de rol van functionele barrières bij het verhinderen van de migratie van minerale oliën en inktcomponenten uit de verpakking. Dit project liep van stapel op 1 oktober 2015. VIS-trajecten zijn Vlaamse innovatienetwerken die de uitdagingen van gezamenlijke bedrijven aanpakken. Studies zoals Optiebarrier worden gefinancierd door de vlaamse overheid [<https://www.pack4food.be/project/optibarrier>].

Referenties

Barp et al. [2015]. Migration of selected hydrocarbon contaminants into dry pasta packaged in direct contact with recycled paperboard, *Food Additives and Contaminants: Part A* 32, 2, 271 - 283

Barp et al. [2017a]. Accumulation of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats: Comparison with human data and consequences for risk assessment, *Science of The Total Environment* 575, 1263 - 1278

Barp et al. [2017b]. Mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats; accumulation of wax components; implications for risk assessment, *Science of The Total Environment* 583, 319 – 333

Biedermann & Grob [2010]. Is recycled newspaper suitable for food contact materials? Technical grade mineral oils from printing inks, *European Food Research and Technology* 230, 5, 785 - 796

Biedermann et al. [2009]. Aromatic Hydrocarbons of Mineral Oil Origin in Foods: Method for Determining the Total Concentration and First Results, *Journal of agricultural and food chemistry* 57, 19, 8711 – 8721

Biedermann et al. [2013]. Migration of mineral oil, photoinitiators and plasticisers from recycled paperboard into dry foods: a study under controlled conditions, *Food Additives and Contaminants: Part A* 30, 5, 885 - 898

Biedermann-Brem et al. [2012]. Migration of polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons (POSH) into food, *Food Additives and Contaminants: Part A* 29, 3, 449 – 460

Castle et al. [1991]. Migration of mineral hydrocarbons into food. 1. Polystyrene container for hot and cold beverages, *Food Additives and Contaminants* 8, 6, 693 – 700

Collins [2004]. The comet assay for DNA damage and repair: principles, applications, and limitations, *Molecular Biotechnology* 26, 3, 249 – 261

Dincsoy et al. [1982]. Lipogranulomas in non-fatty human livers. A mineral oil induced environmental disease, *American Journal of Clinical Pathology* 78, 35 – 41

Droz & Grob [1997]. Determination of food contamination by mineral oil material from printed cardboard using on-line coupled LC-GC-FID, *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A* 205, 239 – 241

EFSA [2013]. Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food, *EFSA Journal* 10, 6, pp. 185

Eicher et al. [2015]. Migration by “direct” or “indirect” food contact? Dry or wetting foods? Some experimental data for paper and board. *Food Additives and Contaminants: Part A* 32, 1, 110 – 119

Feigenbaum et al. [2005]. Functional Barriers: properties and evaluation, *Food Additives and Contaminants* 22, 10, 956 – 967

Fiorini et al. [2008]. Contamination of grape seed oil with mineral oil paraffins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 11245 - 11250

- German Federation of Food Law and Food Science [2017]. *Toolbox for Preventing the Transfer of Undesired Mineral Oil Hydrocarbons into Food*, Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V., pp. 35
- Goeyens [2014]. *Food and Packaging: a chemical spark*, ACCO, Leuven, pp. 147
- Grob [2018a]. Toxicological Assessment of Mineral Hydrocarbons in Foods: State of Present Discussions, *Journal of agricultural and food chemistry* 66, 27, 6968 – 6974
- Grob [2018b]. Mineral oil hydrocarbons in food: a review, *Food Additives and Contaminants: Part A* 35, 9, 1845 – 1860
- Jickells et al. [1994]. Migration of mineral hydrocarbons into foods. 5. Miscellaneous applications of mineral hydrocarbons in food contact materials, *Food Additives & Contaminants* 11, 3, 333 - 341
- Lorenzini et al. [2010]. Saturated and aromatic mineral oil hydrocarbons from paperboard food packaging: estimation of long-term migration from contents in the paperboard and data on boxes from the market, *Food Additives and Contaminants: Part A* 27, 12, 1765 – 1774
- Lorenzini et al. 2013. Migration kinetics of mineral oil hydrocarbons from recycled paperboard to dry food: monitoring of two real cases, *Food Additives and Contaminants: Part A* 30, 4, 760 - 770
- Shah [2012]. Importance of Genotoxicity & S2A guidelines for genotoxicity testing for pharmaceuticals, *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 1, 2, 43 – 54
- Słomczyńska [2008]. Xenoestrogens: mechanisms of action and some detection studies, *Polish Journal of Veterinary Sciences* 11, 3, 263 - 269
- Tarnow et al. [2016]. Estrogenic Activity of Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons Used in Printing Inks, *PLoS ONE* 11, 1, pp. 15
- Teixeira et al. [2009]. Paraffin wax emulsion for increased rainfastness of insecticidal bait to control *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae), *Journal of Economic Entomology* 102, 3, 1108 - 1115
- van de Ven et al. [2017]. *Mineral oils in food; a review of toxicological data and an assessment of the dietary exposure in the Netherlands*, RIVM Letter report 2017-0182, pp. 62
- Vollmer et al. [2010]. Migration of mineral oil from printed paperboard into dry foods: survey of the German market, *European Food Research and Technology* 232, 1, 175 - 182

Comment éliminer l'huile minérale des aliments emballés ?

Quel est le problème ? Les hydrocarbures d'huile minérale (mineral oil hydrocarbons, MOH) constituent un grand groupe de substances chimiques organiques que l'on trouve partout dans l'environnement. Ils sont principalement produits à partir d'huiles minérales brutes, mais peuvent également être générés à partir de charbon, de gaz naturel ou de biomasse. Après raffinage les MOH peuvent être ajoutés intentionnellement aux aliments, mais ils peuvent également contaminer les aliments. Ils sont alors transférés de l'air, des environnements océaniques, des matériaux de contact et d'emballage, ainsi que des appareils utilisés dans la production et la transformation des aliments à la nourriture [van de Ven et al. 2017].

Riz, pâtes, céréales, chocolat, etc : de nombreux aliments de la vie courante peuvent être contaminés par des MOH nocifs. Cependant, malgré les expositions omniprésentes et fréquentes, les effets toxicologiques potentiels sont mal connus, et surtout les effets de la fraction d'huile minérale aromatique¹⁶. Tarnow et al. [2016] ont testé des huiles minérales avec différentes teneurs en hydrocarbures aromatiques avec une batterie de tests *in vitro* pour évaluer les effets hormonaux (endocriniens). En outre, ces scientifiques ont également utilisé le test des comètes¹⁷ pour évaluer la génotoxicité¹⁸. Sur les 15 huiles minérales testées, 10 se sont révélées être des xénoestrogènes¹⁹ potentiels. Pour la plupart des huiles, les effets étaient clairement déclenchés par les constituants de la fraction aromatique des MOH. Parmi les 5 huiles testées dans le test des comètes, 2 présentaient une légère génotoxicité. En conclusion, il semble que les huiles minérales — p.ex. celles utilisées dans les encres d'impression — sont des perturbateurs endocriniens potentiels ; il faut donc absolument évaluer dans quelle mesure ils pourraient contribuer à la charge estrogénique totale chez l'homme.

Actuellement, on distingue principalement les hydrocarbures saturés d'huile minérale (mineral oil saturated hydrocarbons, MOSH) et les hydrocarbures aromatiques d'huile minérale (mineral oil aromatic hydrocarbons, MOAH), car leurs effets toxicologiques sont différents [Biedermann et al. 2009 ; Grob 2018a]. Cependant, même si le problème est bien

¹⁶ Les molécules aromatiques sont planaires et cycliques ; leurs liens de résonance créent une plus grande stabilité que les autres arrangements géométriques avec le même ensemble d'atomes

¹⁷ Le test des comètes (électrophorèse sur gel monocellulaire) est une méthode simple pour mesurer les ruptures de brins d'acide désoxyribonucléique (ADN) dans des cellules eucaryotes [Collins 2004]

¹⁸ La génotoxicité est définie comme un effet destructeur sur le matériel génétique d'une cellule (ADN, ARN) qui affecte son intégrité [Shah 2012]

¹⁹ Les xénoestrogènes sont définis comme des produits chimiques imitant certaines parties structurales des composés œstrogéniques physiologiques ; ils peuvent donc agir en tant qu'œstrogènes ou interférer avec les actions des œstrogènes endogènes [Słomczyńska 2008]

connu depuis les années 1980, l'Union européenne n'a toujours pas adopté une réglementation visant à éviter toute contamination des aliments par les huiles minérales.

Alors, pourquoi est-il tellement difficile de définir des valeurs seuil à ne pas dépasser ? Il y a 30 ou 40 ans, une huile minérale « blanche » ou « bien purifiée » était considérée comme appropriée pour un usage nutritionnel, ce qui signifie que la consommation de cette huile ne présente aucun danger. Les huiles blanches sont en grande partie (pas complètement) exemptes de MOAH. Il y a cependant peu de justification à cette alimentarité. Au contraire, la formation fréquente de granulomes²⁰ dans les tissus humains a été attribuée à l'huile minérale [Dincsoy et al. 1982; Grob 2018b]. Depuis lors, plusieurs efforts ont été déployés pour définir des valeurs d'absorption journalière acceptables. Mais souvent ces évaluations étaient remises en cause [Grob 2018b]. Or, les derniers résultats confirment qu'une révision en profondeur de la réglementation est nécessaire de toute urgence [Barp et al. 2017a & 2017b]. En outre, indépendamment des évaluations scientifiques contradictoires, la perception du public a complètement changé. L'huile minérale blanche n'est plus perçue comme un composant de qualité alimentaire, mais plutôt comme un contaminant préoccupant.

Aujourd'hui, les matériaux d'emballage sont souvent pointés du doigt, et plus particulièrement le papier et carton recyclés. Cependant, les toutes premières observations n'ont reçu que peu d'attention [Goeyens 2014]. Des contaminations dangereuses avec MOSH, survenant dans le lait en poudre pour bébés et d'autres aliments secs emballés dans des cartons pendant plusieurs semaines, ont été observées. Les hydrocarbures ont contaminé les aliments à des concentrations comprises entre 10 et 150 mg par kg. Ces observations remontent à il y a 22 ans ; elles ont été publiées par des fonctionnaires suisses de l'autorité officielle du contrôle des aliments du canton de Zurich [Droz & Grob 1997]. C'est déjà une raison suffisante pour s'inquiéter ; il saute à l'œil que les nouvelles mesures de protection prennent trop de temps.

Il existe plusieurs sources de contamination, tant attendues que inattendues. Les sacs en jute²¹ et en sisal²² sont fabriqués à partir de fibres qui doivent être traitées avec une huile de dosage afin d'améliorer la filature. En ce qui concerne ces fibres, on y applique 5 à 7 % d'huile de dosage, dont plus ou moins la moitié s'évapore lors de l'aération ultérieure, appliquée pour éviter un mauvais goût de l'aliment emballé. Des sacs d'environ 1,5 kg sont utilisés pour

²⁰ Un granulome est l'une des formes d'inflammation nodulaire localisée que l'on trouve dans les tissus

²¹ La fibre brillante de l'une ou l'autre des deux plantes asiatiques (*Corchorus olitorius* et *C. capsularis*) de la famille des tilleuls utilisées principalement pour le saccage, le jute et la ficelle [Merriam-Webster]

²² Agave mexicain à grandes feuilles charnues, cultivé pour la production de fibres

l'emballage de 50 kg de nourriture, ce qui correspond à environ 45 g d'huile en contact avec la nourriture. Un transfert total hypothétique mènerait à des concentrations d'environ 900 mg par kg d'aliments. Environ un tiers des MOH se volatilise pour être transféré dans des aliments secs [Grob 2018b]. Cela peut p.ex. provoquer la contamination par les MOH des noix, du riz, du cacao et du café.

Le règlement (UE) N° 10/2011 de la Commission concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires autorise l'utilisation d'huiles minérales et de cires blanches de masse moléculaire élevée sans limite de migration spécifique. En d'autres termes, seule la limite de migration globale de 10 mg par dm² de surface en contact avec les aliments s'applique [Grob 2018b]. Or, plusieurs cas de migration des MOH ont été signalés dans le passé. Castle et al. [1991] ont déterminé la migration dans les boissons de MOH des gobelets et des béciers en polystyrène. Jickells et al. [1994] ont constaté une faible migration du liège lubrifié avec des hydrocarbures minéraux dans le vin et des couvercles de confiture en papier. Il existe peu de données sur la migration de MOSH à partir de polyoléfines, contenant de l'huile minérale blanche en tant qu'additif. Il a été constaté que la migration dans les préparations en poudre pour biberons atteignait environ 5 mg par kg [Biedermann-Brem et al. 2012] ; cela a en plus démontré que la migration de substances pratiquement non volatiles dans des aliments secs peut être importante lorsque les particules d'aliments sont petites [Eicher et al. 2015].

De nos jours, il est bien connu que le carton recyclé contient des MOH [Biedermann & Grob 2010], provenant en grande partie des encres d'impression (sur des journaux, p.ex.). Les autorités de l'UE sont confrontées à un dilemme : le recyclage du papier et du carton est vivement recommandé pour une utilisation durable des matériaux afin d'éviter ou de mettre un terme à l'épuisement imminent des ressources. Par contre, on ne peut jamais accepter que la migration à partir de carton recyclé dépasse d'un facteur 100 le niveau considéré comme sûr par l'évaluation actuelle de la toxicologie officielle. Les résultats disponibles pour la migration des MOH [Lorenzini et al. 2010, Vollmer et al. 2010 ; Biedermann et al. 2013, Lorenzini et al. 2013 ; Barp et al. 2015] discréditent considérablement l'utilisation de carton à base de fibres recyclées dans les emballages alimentaires.

Les plus grandes quantités de fibres recyclées sont utilisées dans les boîtes de transport. Ils ne contaminent pas seulement les aliments dans des boîtes en carton, mais également ceux dans des sacs en papier ou en plastique [Grob 2018b]. Il a été démontré pour les pâtes et le riz que la migration des cartons de transport à travers des films plastiques et des cartons de fibres

vierges était importante. En plus, il y avait quelques cas particuliers, p.ex. les pralines ou les bonbons au chocolat, qui contiennent environ 30 mg de MOH par kg.

Outre l'emballage alimentaire, plusieurs autres sources peuvent entraîner une contamination des denrées. Les additifs alimentaires, les auxiliaires technologiques et d'autres utilisations contribuent aux niveaux de MOSH, ainsi que les agents de démoulage pour la boulangerie et les produits à base de sucre et les huiles pour le traitement de surface d'aliments, tels que le riz et les confiseries [EFSA 2013, Grob 2018b]. Les cires paraffiniques sont autorisées dans les gommes à mâcher. Les cires à base de jus d'épicéa ont été introduites sur le marché américain au milieu des années 1800 et ont ensuite été remplacées par d'autres, fabriquées avec de la cire de paraffine dérivée du pétrole. Ils sont également utilisés comme enrobages pour les fruits et les légumes, ainsi que dans les formulations de pesticides [Fiorini et al. 2008 ; Teixeira et al. 2009]. De plus, les MOH sont utilisés comme agents antimousse et anti-poussière pour les céréales.

Les sources de contamination de l'environnement sont l'huile de lubrification provenant des moteurs sans catalyseur (principalement les diesels), le mazout non brûlé, les débris de pneus et le bitume routier. Des sources additionnelles sont les machines utilisées pour la récolte (gazole, huile de graissage) et pour la transformation des aliments, p.ex. les huiles lubrifiantes dans les pompes, les dosages de type seringue et autres installations industrielles. En plus, les solvants composés d'alcane individuels ou de mélanges complexes de MOH sont utilisés comme agents de nettoyage et peuvent contaminer les produits alimentaires.

Les MOH peuvent également être utilisés comme liants pour des additifs mineurs, ajoutés sous forme de poudre dans les formules alimentaires pour bétail.

La contamination des aliments doit être évitée à tout moment. Entre-temps, il est devenu évident qu'un grand nombre de substances potentiellement migrantes peuvent être libérées dans la nourriture emballée. Or, une grande partie des substances ingérées interfère avec notre système hormonal et peut donc nous rendre malades. Comment pouvons-nous les garder hors de notre nourriture ? Ewender et al. [2012] ont étudié la perméation d'éléments d'huile minérale à partir d'emballages en carton. Bien qu'il existe certaines possibilités de limiter la migration, une barrière fonctionnelle semble être la meilleure solution pour l'arrêter complètement.

Le simple remplacement des fibres recyclées pour les emballages alimentaires primaires par des fibres fraîches peut sembler être la solution la plus sûre et la plus élégante. Cependant, la production de fibres fraîches est limitée par la croissance de la forêt. La demande de papier

et de carton utilisés pour l'emballage alimentaire semble aller au-delà du renouvellement actuel de la forêt. En outre, même si tous les emballages primaires de denrées alimentaires étaient fabriqués à partir de fibres fraîches, la contamination par les huiles minérales serait toujours possible par évaporation des emballages secondaires. En d'autres termes, la substitution de fibres recyclées par des fibres vierges réduira le risque de contamination sans l'exclure complètement.

Étant donné que les encres d'impression jouent un rôle prédominant, il convient d'essayer de remplacer leurs composants à base d'huile minérale par des produits chimiques plus sûrs. Cependant, il existe plusieurs limitations techniques, et il va sans dire qu'une approche sensée et prudente consisterait à évaluer de manière approfondie les produits de substitution possibles pour les composants d'huile minérale avant leur utilisation. Cela éviterait des problèmes similaires dans l'avenir (proche).

La décontamination au cours des processus de recyclage du papier et du carton est une troisième option. Une élimination efficace des composants de l'huile minérale résoudrait le problème. Cette option impliquerait cependant une augmentation de l'efficacité de nettoyage afin que les matériaux recyclés respectent les limites de migration officielles. Elle nécessiterait une réorganisation radicale des processus actuellement appliqués, ce qui semble difficilement réalisable dans un avenir proche et prévisible.

Enfin, l'application de barrières en plastique de bonne qualité peut réduire considérablement la contamination des produits alimentaires emballés. Étant donné que toutes les autres mesures nécessitent beaucoup de coopération tout au long de la chaîne d'approvisionnement, la mise en place de barrières est désormais considérée comme la solution la plus prometteuse. Les barrières fonctionnelles ont été fortement recommandées pour protéger les aliments contre l'huile minérale contenue dans les matériaux d'emballage [Fédération allemande de législation et de science alimentaires 2017]. Par définition, derrière une barrière fonctionnelle, des substances non autorisées peuvent être utilisées, à condition que leur migration reste inférieure à une limite de détection donnée. Selon le règlement (UE) N° 10/211 de la Commission, une limite maximale de 0.01 mg par kg dans les aliments est établie pour la migration d'une substance non autorisée à travers une barrière fonctionnelle. Les substances mutagènes, cancérigènes ou toxiques pour la reproduction ne doivent pas être utilisées dans les matériaux ou objets en contact avec les aliments sans autorisation préalable et ne sont donc pas couvertes par le concept de barrière fonctionnelle.

L'Institut belge de l'emballage (IBE-BVI) est partenaire du projet VIS OptiBarrier (Vlaams Innovatiesamenwerkingsverband). Le troisième volet du projet OptiBarrier, auquel participe IBE-BVI, vise à examiner le rôle d'une barrière fonctionnelle contre la migration, entre autres, des huiles minérales et des composants d'encre des emballages dans les aliments. Le projet a débuté le 1^{er} octobre 2015. Les trajectoires du VIS sont des partenariats d'innovation flamands répondant aux défis des sociétés mixtes. Les études telles qu'Optibarrier sont financées par les autorités flamandes [<https://www.pack4food.be/project/optibarrier>].

Références

Barp et al. [2015]. Migration of selected hydrocarbon contaminants into dry pasta packaged in direct contact with recycled paperboard, *Food Additives and Contaminants: Part A* 32, 2, 271 - 283

Barp et al. [2017a]. Accumulation of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats: Comparison with human data and consequences for risk assessment, *Science of The Total Environment* 575, 1263 - 1278

Barp et al. [2017b]. Mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats; accumulation of wax components; implications for risk assessment, *Science of The Total Environment* 583, 319 – 333

Biedermann & Grob [2010]. Is recycled newspaper suitable for food contact materials? Technical grade mineral oils from printing inks, *European Food Research and Technology* 230, 5, 785 - 796

Biedermann et al. [2009]. Aromatic Hydrocarbons of Mineral Oil Origin in Foods: Method for Determining the Total Concentration and First Results, *Journal of agricultural and food chemistry* 57, 19, 8711 – 8721

Biedermann et al. [2013]. Migration of mineral oil, photoinitiators and plasticisers from recycled paperboard into dry foods: a study under controlled conditions, *Food Additives and Contaminants: Part A* 30, 5, 885 - 898

Biedermann-Brem et al. [2012]. Migration of polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons (POSH) into food, *Food Additives and Contaminants: Part A* 29, 3, 449 – 460

Castle et al. [1991]. Migration of mineral hydrocarbons into food. 1. Polystyrene container for hot and cold beverages, *Food Additives and Contaminants* 8, 6, 693 – 700

Collins [2004]. The comet assay for DNA damage and repair: principles, applications, and limitations, *Molecular Biotechnology* 26, 3, 249 – 261

Dincsoy et al. [1982]. Lipogranulomas in non-fatty human livers. A mineral oil induced environmental disease, *American Journal of Clinical Pathology* 78, 35 – 41

Droz & Grob [1997]. Determination of food contamination by mineral oil material from printed cardboard using on-line coupled LC-GC-FID, *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A* 205, 239 – 241

EFSA [2013]. Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food, *EFSA Journal* 10, 6, pp. 185

- Eicher et al. [2015]. Migration by “direct” or “indirect” food contact? Dry or wetting foods? Some experimental data for paper and board. *Food Additives and Contaminants: Part A* 32, 1, 110 – 119
- Ewender et al. [2012]. Permeation of Mineral Oil Components from Cardboard Packaging Materials through Polymer Films, *Packaging Technology and Science* 26, 7, 423 – 434
- Feigenbaum et al. [2005]. Functional Barriers: properties and evaluation, *Food Additives and Contaminants* 22, 10, 956 – 967
- Fiorini et al. [2008]. Contamination of grape seed oil with mineral oil paraffins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 11245 - 11250
- German Federation of Food Law and Food Science [2017]. *Toolbox for Preventing the Transfer of Undesired Mineral Oil Hydrocarbons into Food*, Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V., pp. 35
- Goeyens [2014]. *Food and Packaging: a chemical spark*, ACCO, Leuven, pp. 147
- Grob [2018a]. Toxicological Assessment of Mineral Hydrocarbons in Foods: State of Present Discussions, *Journal of agricultural and food chemistry* 66, 27, 6968 – 6974
- Grob [2018b]. Mineral oil hydrocarbons in food: a review, *Food Additives and Contaminants: Part A* 35, 9, 1845 – 1860
- Jickells et al. [1994]. Migration of mineral hydrocarbons into foods. 5. Miscellaneous applications of mineral hydrocarbons in food contact materials, *Food Additives & Contaminants* 11, 3, 333 - 341
- Lorenzini et al. [2010]. Saturated and aromatic mineral oil hydrocarbons from paperboard food packaging: estimation of long-term migration from contents in the paperboard and data on boxes from the market, *Food Additives and Contaminants: Part A* 27, 12, 1765 – 1774
- Lorenzini et al. 2013. Migration kinetics of mineral oil hydrocarbons from recycled paperboard to dry food: monitoring of two real cases, *Food Additives and Contaminants: Part A* 30, 4, 760 - 770
- Shah [2012]. Importance of Genotoxicity & S2A guidelines for genotoxicity testing for pharmaceuticals, *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 1, 2, 43 – 54
- Słomczyńska [2008]. Xenoestrogens: mechanisms of action and some detection studies, *Polish Journal of Veterinary Sciences* 11, 3, 263 - 269
- Tarnow et al. [2016]. Estrogenic Activity of Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons Used in Printing Inks, *PLoS ONE* 11, 1, pp. 15
- Teixeira et al. [2009]. Paraffin wax emulsion for increased rainfastness of insecticidal bait to control *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae), *Journal of Economic Entomology* 102, 3, 1108 - 1115
- van de Ven et al. [2017]. *Mineral oils in food; a review of toxicological data and an assessment of the dietary exposure in the Netherlands*, RIVM Letter report 2017-0182, pp. 62
- Vollmer et al. [2010]. Migration of mineral oil from printed paperboard into dry foods: survey of the German market, *European Food Research and Technology* 232, 1, 175 - 182