



НАУЧЕН ОБЗОР:

МИНЕРАЛНИ ВЪГЛЕВОДОРОДИ В ХРАНИТЕ

Минералните въглеводороди (МОН) обхващат разнообразна група съединения, чиито произход е предимно свързан с преработката на петрол, но също така включва източници като въглища, природен газ и биомаса. Въз основа на тяхната химическа структура, те се разделят на две основни категории: наситени въглеводороди (MOSH – Mineral Oil Saturated Hydrocarbons) и ароматни въглеводороди (МОАН – Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons).

Интересът към MOSH и МОАН в храните нарасна значително през последните години, поради тяхното присъствие в храните и потенциалните здравни рискове, свързани с тях. Тези вещества могат да попаднат в хранителните продукти чрез различни механизми, включително: миграция от опаковъчни материали, използване на смазочни масла по време на производствения процес, замърсяване от околната среда.

Особено внимание се обръща на МОАН, тъй като някои от тези съединения се считат за генотоксични и потенциално канцерогенни. Европейският орган за безопасност на храните (EFSA) още през 2012 г. публикува научно становище относно риска от тези вещества в храните. (CONTAM, EFSA, 2012)

Напредъкът в аналитичните технологии доведе до утвърждаването на методи като LC-GC-FID, които комбинират течна и газова хроматография с пламъчно-йонизационна детекция. Тези техники позволяват висока чувствителност и специфичност при определяне на MOSH и МОАН в хранителни матрици и са признати като референтен стандарт в оценката на свързания здравен риск.

В отговор на засилените опасения относно присъствието на МОН в храните, Европейската комисия предприема регулаторни действия. През 2024 г. бяха направени предложения за определяне на максимално допустими нива на МОАН в различни категории храни, включително хранителни добавки, сушени билки и подправки. Планира се и период на засилен мониторинг и анализ между 2026 и 2029 г. (ЕРО, 2024)

Тези усилия подчертават значението на продължаващите научни изследвания и наблюдение върху присъствието на MOSH и МОАН в хранителната верига, с цел опазване на общественото здраве и гарантиране на безопасността на храните.

Съдържание

Съдържание

I.	Въведение. Химична структура и свойства на MOSH и МОАН.....	3
1.	НАСИТЕНИ ВЪГЛЕВОДОРОДИ – MOSH (Mineral Oil Saturated Hydrocarbons).....	3
2.	АРОМАТНИ ВЪГЛЕВОДОРОДИ – МОАН (Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons)	3
II.	Аналитични предизвикателства и токсикологична оценка на МОН.....	4
1.	Аналитични предизвикателства	4
2.	Пътища на експозиция чрез храната.....	4
3.	Токсикокинетика и токсичност на MOSH и МОАН	4

Остра токсичност (еднократна експозиция):.....	4
III. Кратка историческа справка – началото на мониторинга за MOSH/МОАН в храни.....	5
IV. Оценка на риска на МОН от 2023 г.	6
Събиране и анализ на данни	6
1. Наситените въглеводороди (MOSH) – оценка на риска от хранителната експозиция	6
2. Оценка на риска от хранителната експозиция на МОАН	7
Токсикологична оценка	7
Таблица 1 показва диапазони на МОЕ (граница на експозиция) при средна и висока експозиция (P95) за различни възрастови групи	7
Оценка на риска при сценарии 1 и 2 за МОАН с три или повече ароматни пръстена.....	7
Неопределеност при МОАН с 1–2 ароматни пръстена.....	8
3. Несигурности:.....	8
При MOSH: Няма основание за безпокойство – с умерено до високо ниво на сигурност (66–95%). За малки деца (toddlers) има 87% сигурност при висока консумация (P95) и 95% сигурност при средна консумация.	9
При МОАН: Изключително вероятно (99–100%) е да има риск за малки деца (toddlers) – и при средна, и при висока консумация. 100% сигурност за P95 потребители и 99% сигурност за средно консумиращи.....	9
4. Заключение относно минералните маслени въглеводороди (МОН)	9
Какво не влиза в дефиницията на МОН?	9
✓ по-точен мониторинг;.....	9
✓ развитие на аналитични методи;	9
✓ и систематични токсикологични изследвания.	9
5. Рискови групи, изложени на минерални въглеводороди (MOSH и МОАН)	10
✓ Физиологична уязвимост: Кърмачетата и малките деца имат незряла чернодробна и ензимна система, което ги прави по-чувствителни към токсични вещества, включително генотоксични съединения като МОАН.....	10
✓ Източници на експозиция: Детски храни в стъклени опаковки и зърнени смеси. Опаковки, произведени от рециклирана хартия и картон, от които МОН мигрират към храната.....	10
✓ Риск: Дори ниски концентрации на МОАН могат да бъдат значими при малки деца, поради високата консумация на единица телесна маса и по-дългия очакван живот, през който може да се развие кумулативен ефект.	10
✓ Продължителна експозиция: С напредване на възрастта се натрупва по-голяма хронична експозиция на MOSH, което повишава кумулативния риск.	10
✓ Физиологични промени: При по-възрастни индивиди се наблюдава отслабена детоксикационна функция, включително чернодробен метаболизъм и елиминация на липофилни съединения.	10
Храни с най-често откривани MOSH и МОАН	10
V. Регулаторни мерки:	11

В отговор на потенциалните рискове, Европейската комисия обмисля установяването на максимални допустими нива на МОАН в определени хранителни продукти. Това е част от по-широките усилия за минимизиране на експозицията на потребителите чрез законодателни и контролни механизми. 11

• Европейски съюз (ЕС)	11
• Германия	11
• Франция.....	11
• Нидерландия.....	11
• Испания и Полша	12
• България	12

VI. Технологични решения за ограничаване на миграцията на MOSH/МОАН 12

Функционални бариерни покрития: Специализирани хартии с покрития (например Gerstar Mo) могат да блокират над 95 % от MOSH и МОАН, подходящи за сухи и нискомаслени храни. *Fenno Guard GO* и други разтворими бариерни вещества защитават също срещу миграция от влакнести опаковки с рециклирани материали и са съвместими с регулациите в ЕС и САЩ. Научни изследвания показват, че полимерни, нишестени или глинести покрития на картони намаляват миграцията над 70–90 % в реални условия. 12

Ползи от тези решения: 12

VII. Интересни аспекти около минералните маслени въглеводороди (МОАН), които заслужават внимание. Ето някои от тях:..... 13

Източници 13

I. Въведение. Химична структура и свойства на MOSH и МОАН

1. НАСИТЕНИ ВЪГЛЕВОДОРОДИ – MOSH (Mineral Oil Saturated Hydrocarbons)

Структура: MOSH са смеси от наситени въглеводороди, които включват: линейни и разклонени алкани (парафини), както и циклоалкани (нафтени съединения).

Свойства: MOSH са химически стабилни и слабо реактивни. Неразтворими са във вода, но се разтварят в органични разтворители. Могат да се натрупват в човешки тъкани, особено в черния дроб, лимфни възли и далака.

2. АРОМАТНИ ВЪГЛЕВОДОРОДИ – МОАН (Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons)

Структура: МОАН включват ароматни въглеводороди с един или повече бензенови пръстена. Те могат да бъдат: моноциклични, дициклични или полициклични ароматни съединения, често с алкилни заместители (алкилирани).

Свойства: МОАН са по-реактивни от MOSH, поради наличието на ароматни пръстени. Някои съединения от групата, особено тези с три или повече ароматни пръстена, се считат за **потенциално генотоксични и канцерогенни**.

Минералните масла, извлечени от суров нефт, съдържат не само въглеводороди, но и хетеро-съединения, основно със сяра, кислород и/или азот. Най-често срещани са тиофени, включително бензотиофени, дибензотиофени и бензонафтовиофени, които са включени в дефиницията на МОАН. При промишлената преработка крайните продукти преминават през процедури за отстраняване или намаляване на тези хетеро-съединения.

Търговските продукти от минерални масла се класифицират не според химическия си състав, а според физични характеристики като:

- ✓ Вискозитет;
- ✓ Температурен интервал на кипене¹;

¹ „Температурен интервал на кипене“ (на англ. *boiling range* или *boiling point interval*) се използва, когато се говори за смес от компоненти с различни температури на кипене, каквато е ситуацията с

- ✓ Плътност;
- ✓ Диелектрична константа;
- ✓ Октаново или цетаново число.

Различни комбинации от източници и процеси могат да доведат до **продукти с еквивалентни свойства**, макар и с различен молекулен състав.

Комплексният и вариabilен състав на МОН значително затруднява токсикологичната оценка, тъй като е трудно да си идентифицират отделните съединения. Аналитичната сепарация е ограничена, а комбинираното влияние на различни процеси (физически и химични) върху крайния състав е трудно предсказуемо.

За разлика от минералните масла, минералните восъци имат по-стабилен и по-малко променлив състав. Съдържат основно п-алкани, както и малки количества моно-метил п-алкани, п-алкил циклогексанови и циклопентанови производни и още по-малко от други въглеводороди. Минералните восъци са източник на MOSH, но могат да съдържат и MOAH, ако не са достатъчно добре рафинирани. Затова те се включват в оценките на риска, особено когато влизат в контакт с храни.

II. Аналитични предизвикателства и токсикологична оценка на МОН

1. Аналитични предизвикателства

Наситените въглеводороди (MOSH) и ароматните въглеводороди (MOAH) представляват **сложни смеси от хиляди въглеводороди**, което прави тяхната химична характеристика изключително трудна. Поради липсата на индивидуални стандарти за повечето съединения в тези фракции, се прилагат индиректни методи за анализ. Най-широко използваният метод е: **LC-GC-FID** (течна хроматография, свързана с газова хроматография и детекция чрез пламъчна йонизация), който позволява разделяне и количествено определяне на MOSH и MOAH фракциите.

2. Пътища на експозиция чрез храната

Минералните въглеводороди (МОН) могат да попаднат в храните чрез различни източници:

- ✓ Замърсяване от околна среда;
- ✓ Използване на смазочни материали в селското стопанство и хранителната индустрия;
- ✓ Технологични помощни вещества в производствения процес;
- ✓ Добавки в храни или фуражи;
- ✓ Миграция от материали, влизащи в контакт с храни (напр. картонени опаковки с рециклирана хартия).

Най-високи концентрации на МОН се откриват в: растителни масла, а най-голяма експозиция е регистрирана при деца, особено кърмачета, консумиращи адаптирани млека.

3. Токсикокинетика и токсичност на MOSH и MOAH

Остра токсичност (еднократна експозиция):

- MOSH и MOAH проявяват **ниска до умерена остра токсичност** при опити с лабораторни животни;

минерални масла, петролни фракции и техните производни. Не се използва при чисти вещества, които имат една фиксирана точка на кипене.

- При GTL² продукти и синтетични восъци **не се наблюдава остра токсичност** до 5000 mg/kg тегло (LD₅₀ > 5000 mg/kg, OECD 420/401).

Хронична токсичност:

MOSH:

- Фракции от парафинови въглеводороди (n-C10 до n-C50)³ се натрупват в черен дроб и мезентериални лимфни възли (MLN);
- Формат на натрупване: дозозависимо, свързано с увеличени тегла на черен дроб и далак, поява на **микрогрануломи, лимфоидни клъстери, вакуолизация**.

Тук се използва NOAEL (No Observed Adverse Effect Level или „доза без наблюдаван неблагоприятен ефект“)⁴.

NOAEL стойности за MOSH: До 236 mg/kg тегло при депарафинирани фракции (L-C25) и до 9 g/kg за някои восъци (в SD плъхове).

МОАН: с ≥3 ароматни пръстена предизвикват:

- Хематологични промени (намаление на еритроцити, хемоглобин);
- Нарушения в костен мозък и тимус;
- Некроза и фиброза в черния дроб.

Част от МОАН-съдържащите продукти не позволяват да се определи NOAEL, поради неизяснен състав

Генотоксичност:

- МОАН с 3 или повече пръстена са много подобни по структура на други добре известни канцерогени, като бензо(а)пирен – представител на PAHs (полициклични ароматни въглеводороди). Те могат да бъдат метаболизирани в организма и да се превърнат в реактивни форми, които атакуват ДНК. Те образуват аддукти – и така се отключва мутагенен ефект (CONTAM, EFSA, 2012);
- MOSH и МОАН с 1–2 пръстена обикновено не показват генотоксични ефекти.

В заключение:

Наситените въглеводороди (MOSH) се акумулират се основно в черния дроб и лимфните възли, особено при чувствителни видове. Част от ефектите са **видово специфични** и може да имат **ограничена приложимост към човека**.

Ароматните въглеводороди (МОАН): съставляват по-висок токсикологичен риск, особено в по-тежките полициклични фракции. Притежават **потенциал за генотоксичност и канцерогенност**.

III. Кратка историческа справка – началото на мониторинга за MOSH/МОАН в храни

Мониторингът на минералните въглеводороди (МОН, включително MOSH и МОАН) в храните започва активно около 2012–2015 г.

През **2012 г.**, германският потребителски център *Stiftung Warentest* открива МОН в шоколадови продукти (особено в тези с опаковка от рециклирана хартия) (Foodwatch, 2024)

Същата година, **EFSA** публикува първото си научно становище за МОН в храните.

² GTL (Gas-to-Liquid) означава „от газ към течност“ и е технология за производство на течни въглеводороди (например масла и восъци) от природен газ, въглища или биомаса чрез процеса на Фишер–Тропш.

³ С-фракциите (или въглеродни фракции) се използват за класифициране на въглеводороди според броя на въглеродните атоми (C) в молекулата.

⁴ NOAEL е най-високата експериментално установена доза, при която **не се наблюдават неблагоприятни ефекти** при животински тестове или други проучвания. Това означава, че при тази доза **няма токсикологично значими промени** в изследваните параметри – напр. органи, кръвни показатели, поведение и др.

През **октомври 2015 г.**, организацията *Food watch*⁵ анализира 120 сухи хранителни продукта в Германия, Франция и Холандия, при което установява МОН в 83% и МОАН в 43% от пробите. Това предизвиква широк обществен резонанс и настоятелни предложения за въвеждане на „бариерни“ слоеве в опаковките (Foodwatch, 2016).

След проверките на *Food watch*, през 2019 г., при анализ, иницииран от правителството в адаптирани млека за кърмачета се открива наличие на МОАН и MOSH, което води до препоръка от ЕС да се въведат горни граници – например 1 mg/kg за адаптирани храни за кърмачета. През 2021 г., *Foodwatch* настоява за въвеждане на **нулева толерантност за МОАН**, като подкрепя това с научни становища за канцерогенност и ендокринни ефекти.

В резултат на всичко това, някои производители (напр. немски производители на зърнени храни за деца) внедряват **функционални бариери**⁶ в опаковките още през 2015, за да намалят миграцията на МОН (Foodwatch, 2021).

IV. Оценка на риска на МОН от 2023 г.

Събиране и анализ на данни

Европейският орган по безопасност на храните анализира 80 632 аналитични резултата за съдържание на MOSH и МОАН, от които използва 73 122 резултата (от 7 840 проби) (след отстраняване на дубликати и неподходящи записи).

Източници на данни:

- ✓ ~56% от **национални органи** на държавите членки;
- ✓ ~44% от **хранителната индустрия и професионални асоциации**.

Анализите са извършени според методологии, съгласувани с ръководството на JRC (Bratinova & Hoekstra, 2023), с отчитане на **С-фракции** (напр. C10–C25 и C25–C35).

1. Наситените въглеводороди (MOSH) – оценка на риска от хранителната експозиция

При оценката на риска от хранителната експозиция на **MOSH**, EFSA не установява конкретен "критичен ефект", а използва **NOAEL** от **236 mg/kg b.w./day**, базирана на проучване при плъхове. Прилага се подход на границата на експозиция **MOE (Margin of Exposure)**, със съответната корекция.

Панелът за замърсители по хранителната верига (CONTAM) приема, че стойности за MOE ≥ 1200 са достатъчни, за да се заключи, че няма опасения за здравни рискове, свързани с текущото хранително излагане на MOSH.

Панелът CONTAM отбелязва, че за цялото население (всички възрастови групи), стойностите на границата на експозиция (MOEs) са равни на или над 1200. С изключение на мастната тъкан, средните нива на MOSH в тъканите и общото телесно натоварване при хората, обикновено са по-ниски в сравнение с тези при лабораторните плъхове от щам F344, използвани като референтни.

При кърмачета, които се хранят изключително с адаптирано мляко, съдържащо високи нива на MOSH, експозицията може да доведе до MOEs в диапазона от около 790 до 1070 при средна експозиция, и от 640 до 870 при висока експозиция (P95). Въпреки това, поради кратката продължителност на този вид хранене, тези стойности не се считат за обезпокояващи.

⁵ Организация с нестопанска цел, която провежда кампании на национално и европейско ниво, в полза на безопасността на храните. Финансира се от потребители и разполага с офиси в Германия, Австрия, Франция и Холандия.

⁶ **Функционална бариера** е слой от материал в опаковката, който е в състояние да предотврати миграцията на вещества, които не са в пряк контакт с храната, към хранителния продукт в количества, които биха могли да застрашат здравето или да доведат до нежелана промяна в състава на храната. (EFSA Journal 2011;9(7):2184)

В заключение, панелът CONTAM счита, че настоящата хранителна експозиция на MOSH при всички възрастови групи не представлява риск за човешкото здраве.

Все пак се отбелязва, че консумацията на определени храни, например млечни продукти, може да доведе до експозиция на MOSH, съдържащи компоненти с висока склонност към натрупване в организма. Дългосрочните ефекти от това натрупване върху здравето на човека не са добре проучени и остават несигурни.

2. Оценка на риска от хранителната експозиция на МОАН

Ароматните въглеводороди (МОАН) с три или повече ароматни пръстена имат потенциална генотоксичност и канцерогенност. Поради липса на достатъчно данни за изготвяне на надеждна оценка на експозицията, панелът CONTAM използва два хипотетични сценария:

Сценарий 1 (консервативен):

- Приема се, че **средно 10%** от всички МОАН в храните са с три или повече ароматни пръстена;
- Дори при „висок потребител“ на замърсен ориз (например от юта), делът на такива МОАН в храната вероятно не надвишава 10%.

Сценарий 2 (оптимистичен):

- При ниска или никаква консумация на храни, замърсени с ниско рафинирани масла, общият дял на МОАН с ≥ 3 пръстена може да е едва 1%.

По този начин, двата сценария очертават границите на реалистичната експозиция към тази по-рискова фракция на МОАН.

Токсикологична оценка

За да оцени канцерогенния риск от МОАН с три или повече пръстена, панелът използва подход, базиран на граница на експозиция (МОЕ).

Избран е **BMDL₁₀** стойност от **0.49 mg/kg телесно тегло/ден**, извлечен от данни за полициклични ароматни въглеводороди (PAHs), като **референтна точка (RP)** в изчисленията.

Таблица 1 показва диапазони на МОЕ (граница на експозиция) при средна и висока експозиция (P95) за различни възрастови групи

Ниво на експозиция	Възрастова група	Сценарий 1 (10% МОАН ≥ 3 пръстена)	Сценарий 2 (1% МОАН ≥ 3 пръстена)
Средна експозиция	Кърмачета и деца	158 – 4 900	1 581 – 49 000
	Възрастни (вкл. възрастни хора)	490 – 12 250	4 900 – 122 500
P95 експозиция	Кърмачета и деца	83 – 1 633	830 – 16 333
	Възрастни (вкл. възрастни хора)	288 – 4 900	2 882 – 49 000

Оценка на риска при сценарии 1 и 2 за МОАН с три или повече ароматни пръстена

Сценарий 1 (10% МОАН с ≥ 3 пръстена):

Изчислените МОЕ стойности са последователно под 10 000:

- ✓ За повечето групи при средна експозиция

✓ За всички групи при висока (P95) експозиция

Според насоките на EFSA за оценка на генотоксични и канцерогенни вещества (EFSA, 2005), МОЕ под 10 000 поражда загриженост за здравето.

Сценарий 2 (1% МОАН с ≥ 3 пръстена):

МОЕ под 10 000 се наблюдават само при горна граница на оценката (UB):

- ✓ При повечето хранителни проучвания за средна експозиция;
- ✓ При всички хранителни проучвания за висока (P95) експозиция.

В същото време:

✓ МОЕ над 10 000 са изчислени за всички стойности при долна граница на средна експозиция (LB);

✓ При повечето P95 LB стойности също са над 10 000, с изключение на някои проучвания при по-младите възрастови групи, където МОЕ варира между 4 000 и 8 000.

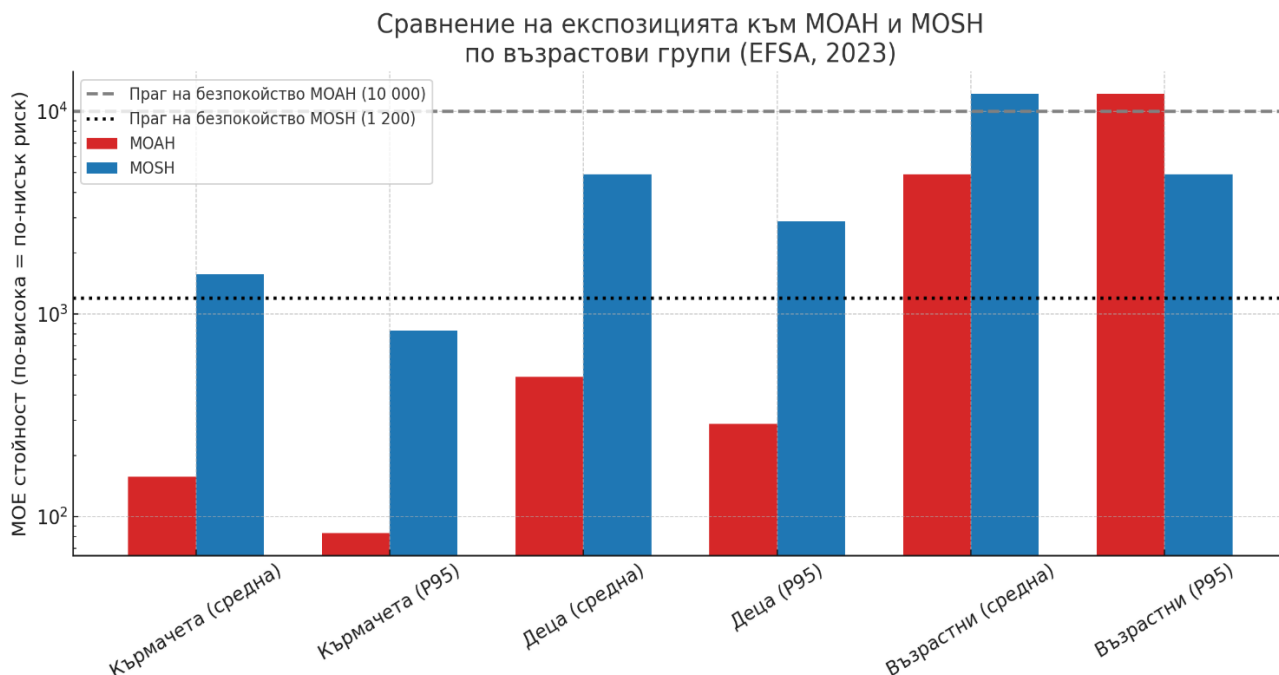
В заключение се посочва, че дори при по-оптимистичния сценарий 2, рисковете остават реални, особено за деца и високи консуматори.

Неопределеност при МОАН с 1–2 ароматни пръстена

Панелът CONTAM подчертава, че пълна оценка на риска за МОАН с ≥ 3 пръстена изисква повече данни за токсичност и експозиция. Поради липса на подходящи токсикологични изследвания, не може да бъде определена референтна точка (RP) за МОАН с 1–2 ароматни пръстена.

Затова оценка на риска за тази фракция не е възможна към момента, а това означава, че в отсъствието на надеждни токсикологични данни, хранителната експозиция на МОАН с 1–2 пръстена може да представлява риск.

Следващата графика е сравнителна между границата на експозициите на двете фракции по възрастови групи, спрямо определения праг.



3. Несигурности:

Определени са източниците на несигурност, с най-голямо въздействие върху крайния резултат, както по отношение на: характеризирането на опасността (т.е. избора на референтна точка – RP), така и по отношение на изчисленията на експозиция.

Чрез симулация на Монте Карло⁷ са комбинирани двата типа несигурности, за да се изчисли разпределението на MOE (марж на експозиция) за:

- Средна (Mean) експозиция на малко дете (toddlers, само консуматори);
- Висока (P95) експозиция на малко дете (само консуматори).

При MOSH: Няма основание за безпокойство – с умерено до високо ниво на сигурност (66–95%). За малки деца (toddlers) има 87% сигурност при висока консумация (P95) и 95% сигурност при средна консумация.

За другите възрастови групи сигурността е по-висока от тази при малките деца (например 85% за кърмачета, които консумират големи количества).

При MOAH: Изключително вероятно (99–100%) е да има риск за малки деца (toddlers) – и при средна, и при висока консумация. 100% сигурност за P95 потребители и 99% сигурност за средно консумиращи.

За другите възрастови групи: Вероятността за риск също е висока (над 66%). Най-ниска вероятност от „риск“ е отчетена при възрастни хора със средна консумация (64%).

След идентифициране на специфичните несигурности за MOSH, е приет допълнителен фактор на сигурност 6, което води до референтен MOE от 1200, под който рискът за здравето не се приема за вероятен.

Този нов праг не променя заключенията от анализа на несигурността или общата оценка на риска.

4. Заключение относно минералните маслени въглеводороди (МОН)

В текущото становище терминът **МОН** включва: **наситени и ароматни въглеводороди**, разделени на:

- ✓ **MOSH** (минерални маслени наситени въглеводороди)
- ✓ **MOAH** (минерални маслени ароматни въглеводороди)

Терминът МОН в становището на EFSA обединява не само традиционните минерални масла от нефт, но и синтетични масла от други източници (GTL), както и съдържащи сяра ароматни съединения (напр. тиофени), които се включват към фракцията MOAH. Минерални масла и восъци, получени чрез: фракциониране и химическа рафинация на суров нефт (напр. крекинг, хидрогениране).

Какво не влиза в дефиницията на МОН?

- ✓ Въглеводороди с естествен произход (напр. в храни);
- ✓ Други въглеводороди от външни източници (напр. от пластмаси) Въпреки че те не са част от дефиницията, тяхното отделяне чрез анализ може да бъде трудно и непълно.

Основната част от използваните токсикологични данни произхождат от **продукти на базата на суров нефт**. Данни от изследвания върху **GTL продукти** също са разгледани **като допълнителна подкрепа**, но с уговорката, че **GTL маслата имат различен състав** от продуктите на базата на суров нефт.

В резултат на направената оценка, EFSA подчертава необходимостта от:

- ✓ **по-точен мониторинг;**
- ✓ **развитие на аналитични методи;**
- ✓ **и систематични токсикологични изследвания.**

⁷ Монте Карло симулация (Monte Carlo simulation) е статистически метод, който използва многократни случайни извадки (симулации), за да моделира и оцени несигурността или вариационността в даден процес, изчисление или система.

5. Рискови групи, изложени на минерални въглеводороди (MOSH и MOAH)

Излагането на MOSH и MOAH чрез храната не засяга всички групи от населението по еднакъв начин. Определени групи са по-уязвими поради физиологични, поведенчески или хранителни особености:

- Кърмачета и малки деца:

✓ **Физиологична уязвимост:** Кърмачетата и малките деца имат незряла чернодробна и ензимна система, което ги прави по-чувствителни към токсични вещества, включително генотоксични съединения като MOAH.

✓ **Източници на експозиция:** Детски храни в стъклени опаковки и зърнени смеси. Опаковки, произведени от рециклирана хартия и картон, от които MOH мигрират към храната.

✓ **Риск:** Дори ниски концентрации на MOAH могат да бъдат значими при малки деца, поради високата консумация на единица телесна маса и по-дългия очакван живот, през който може да се развие кумулативен ефект.

- Възрастни хора:

✓ **Продължителна експозиция:** С напредване на възрастта се натрупва **по-голяма хронична експозиция** на MOSH, което повишава кумулативния риск.

✓ **Физиологични промени:** При по-възрастни индивиди се наблюдава **отслабена детоксикационна функция**, включително чернодробен метаболизъм и елиминация на липофилни съединения.

- Хора с висока консумация на специфични храни:

Уязвими групи по хранителни навици са тези, които редовно консумират шоколад, подправки, зърнени закуски и сухи храни. При тези храни има по-голяма вероятност от замърсяване с MOSH и MOAH, особено при опаковане с материали от рециклирана хартия или използване на печатни мастила.

Допълнителни фактори са употребата на пластмасови и хартиени опаковки с мастила, съдържащи петролни компоненти., както и липса на бариерен слой в опаковъчните материали. Всичко това може да улесни миграцията на замърсителите (CONTAM, EFSA, 2023).

Храни с най-често откривани MOSH и MOAH

Категория храна	Източник на замърсяване	Причини	Допълнителни бележки
Печива	Миграция от рециклирани кашони и печатарски мастила	Високо съдържание на мазнини улеснява усвояването	Риск от екстракция на MOH при директен или продължителен контакт с опаковката
Шоколад и шоколадови изделия	Опаковки с мастилен печат, рециклирана опаковка	Високо съдържание на мазнини увеличава екстракцията	Риск от екстракция при контакт с опаковка
Ядки и семена	Контакт с рискови опаковки при съхранение	Високо съдържание на мазнини и контакт с хартия	Насипно състояние – повишава риска
Суши подправки, билки и чай	Лека и пореста структура, хартия и картон слаба бариера	Пореста структура улеснява поемането на MOSH/MOAH	Нива в проучвания: над 10 mg/kg

Детски храни	Опаковка от хартия или фолио за прахообразни формули	Уязвима група (кърмачета), регулаторен фокус	Стриктен контрол на МОАН
Консервирани храни и мазнини	Използване на смазочни масла по време на обработка	Високо съдържание на мазнини – натрупване на MOSH	Риск

V. Регулаторни мерки:

В отговор на потенциалните рискове, Европейската комисия обмисля установяването на максимални допустими нива на МОАН в определени хранителни продукти. Това е част от по-широките усилия за минимизиране на експозицията на потребителите чрез законодателни и контролни механизми.

Регулации на MOSH и МОАН в Европейския съюз и отделни държави:

🇪🇺 Европейски съюз (ЕС)

Ароматните въглеводороди – През април 2022 г., Постоянният комитет по растения, животни, храни и фуражи (SCoPAFF) прие съвместно изявление, в което препоръчва изтегляне или отзоваване на продукти от пазара, когато съдържанието на МОАН в храните надвишава следните стойности на граница на количествено определяне (LOQ):

- ✓ **0,5 mg/kg** за сухи храни с ниско съдържание на мазнини ($\leq 4\%$);
- ✓ **1 mg/kg** за храни с по-високо съдържание на мазнини ($> 4\%$);
- ✓ **2 mg/kg** за мазнини/масла или храни с $> 50\%$ съдържание на мазнини.

Макар тези стойности да **не са правно обвързващи**, те се използват от държавите членки като **референтни критерии** при официалния контрол на храните.

Наситените въглеводороди – Към момента **няма установени максимално допустими нива** за MOSH в храни на ниво ЕС. През 2017 г. ЕС издава **Препоръка 2017/84**, насърчаваща държавите членки да провеждат мониторинг на минералните въглеводороди в храни и материали, предназначени за контакт с храни (ЕС, 2022) (Eurofins).

🇩🇪 Германия

Федералният институт за оценка на риска (BfR) препоръчва следните максимални стойности за минерални въглеводороди:

- ✓ $\leq 0,5 \text{ mg/kg}$ за МОАН (фракция C16–C35);
- ✓ $\leq 2 \text{ mg/kg}$ за MOSH (фракция C20–C35).

Тези стойности се използват от хранителната индустрия и аналитични лаборатории в Германия като **ориентировъчни стандарти** (Eurofins).

🇫🇷 Франция

Съгласно указ от 13 април 2022 г., Франция въвежда **постепенна забрана** за използване на минерални масла в печатарски мастила, използвани в опаковки за храни:

- ✓ От **1 януари 2023 г.**: забрана за МОАН с концентрация над 1%;
- ✓ От **1 януари 2025 г.**: забрана за МОАН и MOSH с концентрация над 0,1% (SGS, 2020).

🇳🇱 Нидерландия

Националната агенция за безопасност на храните и потребителските продукти (NVWA) и Институтът за безопасност на храните RIKILT извършват **регулярен мониторинг** на MOSH и МОАН в храни.

Макар да няма правно обвързващи лимити, се използват **референтни стойности**, сходни с тези в Германия (Eurofins).

Испания и Полша

Няма специфични **национални регулации** за MOSH и MOAH. Двете страни следват **препоръките на ЕС** и участват в текущи обсъждания относно бъдещо законодателство.

България

У нас няма специфични нормативни стойности за съдържание на MOSH и MOAH в храни. Страната ни прилага европейските препоръки, включително Препоръка 2017/84/ЕС, насърчаваща мониторинга на минералните въглеводороди в храни и опаковъчни материали.

Заклучение:

- ✓ Регулаторната рамка за MOSH и MOAH **все още не е уеднаквена** в рамките на ЕС;
- ✓ Някои държави, като Германия и Франция, вече въвеждат по-строги национални мерки;
- ✓ Важно е производителите и вносителите на храни да бъдат информирани за различията в националните изисквания, когато планират дистрибуция на пазара на ЕС.

VI. Технологични решения за ограничаване на миграцията на MOSH/MOAH

Функционални бариерни покрития: Специализирани хартии с покрития (например Gerstar Mo) могат да блокират над 95 % от MOSH и MOAH, подходящи за сухи и нискомаслени храни. *Fenno Guard GO* и други разтворими бариерни вещества защитават също срещу миграция от влакнести опаковки с рециклирани материали и са съвместими с регулациите в ЕС и САЩ. Научни изследвания показват, че полимерни, нишестени или глинести покрития на картони намаляват миграцията над 70–90 % в реални условия.

Използване на бариерни вътрешни слоеве: Когато опаковката за храни е изработена от картон, тя често съдържа минерални масла (например от печатарски мастила или рециклирани материали), които могат да мигрират (преминават) към храната – особено при продължително съхранение. За да се предотврати това, между картоната и храната се добавят бариерни слоеве, направени от материали като: PET (полиетилентерефталат) или PA (полиамид). Тези материали се използват под формата на перо- или ламинирани фолиа, залепени към вътрешната страна на опаковката.

Замяна/минимизация на MOSH/MOAH в мастилата (Jaén, 2022): Преминаване към без-минерални мастила (vegetable-based inks) значително ограничава замърсяването при рециклирани опаковки.

Усъвършенстване на процесите и контрол на суровините: Оптимизиране на процеса (например MB12, флотация, CO₂ лечение, термична обработка) е доказано в експериментални условия, че намалява миграцията с над 70 %, преди производството на хартия. Технологични анализи (HVTR – скорост на предаване на пара по хексан/хептан) позволяват прогнозиране на ефективността на бариерите (DLG, 2016).

Ползи от тези решения:

- ✓ Значително **намаляване на риска от експозиция** на MOSH/MOAH, особено при „чувствителни“ храни (зърнени, бисквити, детски продукти).
- ✓ Те са съвместими както с **производствени процеси**, така и с **регулаторни изисквания** в ЕС и други региони.
- ✓ Наслагват се като стабилна основа за **устойчиво съхранение и безопасност на храните**.

VII. Интересни аспекти около минералните маслени въглеводороди (МОН), които заслужават внимание. Ето някои от тях:

Химическа сложност: МОН представляват много сложни смеси от стотици до хиляди съединения с различна структура, дължина на веригата, степен на разклоненост и алкилиране. (CONTAM, EFSA, 2023)

Досега няма аналитичен метод, който да ги характеризира напълно – особено ароматната фракция (МОАН). Това поставя предизвикателства пред регулациите и научните изследвания.

Канцерогенен потенциал на част от МОАН

Ароматните въглеводороди (МОАН) с три или повече ароматни пръстена (полициклични ароматни въглеводороди) се считат за потенциално генотоксични и канцерогенни, особено ако са алкилирани.

Тези съединения имитират PAHs (полициклични ароматни въглеводороди), добре известни канцерогени, и могат да се вмъкват в ДНК, нарушавайки клетъчната функция (Castel, 2023).

Бионатрупване и липофилност

Както MOSH, така и МОАН са силно липофилни – т.е. те се натрупват в мастната тъкан на организма.

Изследвания върху хора и животни показват, че MOSH могат да се открият в черен дроб, далак, лимфни възли и мастна тъкан – и при хора, и при лабораторни животни (Carrillo, 2021).

Различна токсичност в зависимост от произхода

Минералните въглеводороди (МОН), произведени чрез синтеза на Фишер–Тропш (GTL масла), имат значително по-ниско съдържание на МОАН с ≥ 3 пръстена и се считат за по-малко токсични.

Това поставя въпроса дали всички МОН трябва да се регулират еднакво, или да се разграничават според произход и състав (Carrillo, 2022).

Аналитични предизвикателства и напредък

Разделянето на МОН фракциите (MOSH/МОАН) по брой пръстени изисква многократна хроматографска сепарация (напр. HPLC-HPLC-GC-FID).

Последните години се използват двумерни техники (напр. GC×GC-MS), които разкриват по-добра резолюция, но все още не позволяват пълно идентифициране (MOSH/МОАН-Analytik).

От научна гледна точка, МОН са пример за „регулаторна сянка“ – вещества, които се срещат повсеместно, с частично познат токсичен потенциал, но без ясни граници за безопасност за всяка отделна фракция.

Източници

Bevan, R. (2020). *Science direct*, Допълнителни изводи и препоръки на EFSA относно МОН (MOSH и МОАН).

Carrillo, J.-C. (2021). *ResearchGate*,
https://www.researchgate.net/publication/356554145_GTL_synthetic_paraffin_oil_shows_lower_liver_and_tissue_retention_compared_to_mineral_oil.

Carrillo, J.-C. (2022). *Science direct*, https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Comparison-of-PAC-and-MOAH.pdf?utm_source

Castel, R. (2023). In Vitro Genotoxicity Evaluation of PAHs in Mixtures Using Experimental Design. https://www.mdpi.com/2305-6304/11/5/470?utm_source

- CONTAM. (2012). EFSA. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2704>.
- CONTAM. (2023). EFSA. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8215>.
- COT. (2023). <https://tinyurl.com/EFSA-MOH-draft>.
- DLG. (2016). https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Expertenwissen/lebensmitteltechnologie/e_2016_10_Expertenwissen_Barrieren.pdf?utm_source
- EC. (2022). https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-07/reg-com_toxic_20220421_sum.pdf?utm_source
- EPO. (2024). EPO, https://www.eposrl.com/en/magazine_pt/mineral-oil-hydrocarbons-moah-and-mosh-in-food-the-european-regulatory-framework/?utm_source
- Eurofins. (н.д.). MOSH en MOAH. https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/qkvcx2f5/whitepaper-mosh-moah-eng.pdf?utm_source
- Foodwatch. (2015). https://www.foodwatch.org/fileadmin/foodwatch_international/reports/2015-Mineral_oils_in_food.pdf?utm_source
- Foodwatch. (2016). https://foodpackagingforum.org/news/mineral-oils-in-chocolate-bars?utm_source
- Foodwatch. (2021). https://www.foodwatch.org/fileadmin/-INT/mineral_oil/documents/Foodwatch_Mineralo__l_Report_2021_ENGLISH_03A.pdf?utm_source
- Foodwatch. (2024). https://www.foodwatch.org/en/mineral-oil-in-foods-timeline-of-a-campaign?utm_source
- Jaén, J. (2022). *Science direct*, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713522002092?utm_source
- Markkinen, N. (2025). *Measurelabs*, https://measurlabs.com/blog/mosh-and-moah-testing/?utm_source
- MOSH/MOAH-Analytik. (н.д.). *Gerstel*, https://www.gerstel.com/en/Publications/News/GERSTEL-Publications/MOSH/MOAH-Analysis?utm_source
- Qality, F. (2023). https://ucfoodquality.ucdavis.edu/chemical-contaminants/mineral-oil-mosh-moah?utm_source
- Safety, F. (2023). Infants Given Formula Most at Risk of Exposure to Petroleum-Derived MOH Chemicals, EFSA Concludes. https://www.food-safety.com/articles/8869-infants-given-formula-most-at-risk-of-exposure-to-petroleum-derived-moh-chemicals-efsa-concludes?utm_source
- SGS. (2020). https://www.sgs.com/en/news/2022/05/safeguards-06822-france-specifies-mineral-oil-requirements-under-anti-waste-and-circular-economy-law?utm_source



Други информации в областта на новите храни, както и оценка на риска по цялата хранителна верига може да намерите на сайта на Центъра за оценка на риска по хранителната верига: <http://corhv.government.bg/>

Изготвил:

Инж. Светлана Савова, главен експерт, дирекция „Оценка на риска по хранителната верига“ при ЦОРХВ

27.06.2025 г.